



Alifia Salsabila Zain¹
 Rizka Novembrianto²
 Dian Fitri Harmoko³

DAMPAK EMISI GAS RUMAH KACA DARI PENGANGKUTAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN PADA PERUSAHAAN TRANSMISI LISTRIK MENGGUNAKAN METODE INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC)

Abstrak

Badan Usaha Milik Negara memiliki Perusahaan Transmisi Listrik, yang memiliki peran penting untuk menyediakan listrik bagi seluruh wilayah Indonesia, memiliki potensi besar dalam menghasilkan limbah berbahaya dan beracun. Sesuai dengan (Permen LHK No. 6, 2021), Badan usaha harus melakukan pengelolaan limbah B3 agar tidak membahayakan lingkungan. Pada Perusahaan Transmisi Listrik mengelola limbah B3 salah satunya dengan proses pengangkutan. Proses pengangkutan dapat mengeluarkan emisi gas rumah kaca disebabkan oleh proses pembakaran bahan bakar, Menurut IPCC, 2006 sektor Transportasi berkontribusi sebesar 13,1% terhadap emisi GRK. Hal tersebut menjadikan sektor tersebut sebagai salah satu dari tiga sektor utama yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui efek samping gas yang merangkap panas di atmosfer yang di timbulkan dalam proses pengangkutan limbah B3. Metode perhitungan emisi yang dikeluarkan oleh IPCC dapat digunakan untuk mengetahui Jumlah emisi GRK pada proses pengangkutan LB3. Diharapkan penelitian ini akan meningkatkan pemahaman terkait limbah berbahaya dan beracun (B3) serta polusi udara yang dihasilkan oleh emisi dari aktivitas pengangkutan, yang dapat mengancam kesehatan manusia dan merusak lingkungan. Berdasarkan penelitian ini kegiatan pengelolaan sampah Perusahaan Transmisi Listrik dapat mengeluarkan emisi Gas Rumah Kaca pada atmosfer bumi dengan kandungan CO₂ CH₄ dan N₂O. Hal tersebut dikarenakan jumlah konsumsi energi yang digunakan berbanding lurus dengan emisi yang dikeluarkan. Agar dapat mengurangi emisi yang dikeluarkan bisa melakukan kebijakan perubah rute pengangkutan sampah.

Kata kunci: Pengelolaan B3, IPCC, Transportasi, Transmisi Listrik, Regulasi Lingkungan.

Abstract

The State-Owned Enterprise owns the Electricity Transmission Company, which has an important role in providing electricity for all regions of Indonesia, and has great potential to produce hazardous and toxic waste. In accordance with (Permen LHK No. 6, 2021), business entities must manage B3 waste so that it does not harm the environment. The Transmission Unit Company manages B3 waste, one of which is through the transportation process. The transportation process can emit greenhouse gases caused by the fuel combustion process. According to the IPCC, 2006 the transportation sector contributed 13.1% to GHG emissions. This makes this sector one of the three main sectors that contribute to increasing emissions. The aim of this research is to determine the side effects of heat-inducing gases in the atmosphere that are generated in the process of transporting B3 waste. The emission calculation method issued by the IPCC can be used to determine the amount of GHG emissions in the LB3 transportation process. It is hoped that this research will increase understanding regarding hazardous and toxic waste (B3) as well as air pollution produced by emissions from transportation activities, which

^{1,2,3} Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
 email: 21034010005@student.upnjaim.ac.id, rizka.tl@upnjatim.ac.id, dede.pln25@gmail.com

can threaten human health and damage the environment. Based on this research, the Transmission Unit Company's waste management activities can emit greenhouse gas emissions into the earth's atmosphere containing CO₂, CH₄, and N₂O. This is because the amount of energy consumed is directly proportional to the emissions released. In order to reduce emissions, you can implement policies to change waste transportation routes.

Keywords: B3 Management, IPCC, Transportation, Electricity Transmission, Environmental Regulation.

PENDAHULUAN

Aspek penting dalam kehidupan Masyarakat salah satunya Listrik, dikarenakan hampir setiap perangkat elektronik yang digunakan memerlukan pasokan listrik. Permintaan listrik terus meningkat seiring dengan besarnya konsumsi energi listrik yang diperlukan (Nurazarina, 2018). BUMN memiliki Perusahaan Transmisi Listrik, yang memiliki peran penting untuk menyediakan listrik bagi seluruh wilayah Indonesia, memiliki potensi besar dalam menghasilkan limbah berbahaya dan beracun (Assidiqi, 2022). Limbah B3 disebabkan karena adanya pemeliharaan rutin yang terjadi karena beberapa kasus kerusakan atau perbaikan dalam infrastruktur yang mengakibatkan pembentukan B3 (Dinas Kominfo Provinsi Jawa Timur, 2023).

Sesuai dengan (Permen LHK No. 6, 2021), Badan usaha harus menerapkan pengelolaan limbah B3. Perusahaan Transmisi Listrik menerapkan pengelolaan limbah dengan cara Pemilahan Limbah B3, penyimpanan, penimbunan, dan pengangkutan. Pada proses pengangkutan ketersediaan faktor yang penting untuk mendukung keberhasilan proses pengangkutan terdapat dari alat pengangkutnya. Dalam proses pengangkutan terdapat 2 pola pengangkutan yaitu metode

Stationery Container System (SCS) dan Hauled Container System (HCS) (Widodo & Hadid, 2023). Perusahaan Transmisi saat ini menggunakan pola pengangkutan Hauled Container System (HCS). Selain itu dalam proses Pengangkutan juga melibatkan sektor transportasi, sektor transportasi merupakan sumber emisi gas rumah kaca itu terjadi (KLHK, 2012). Sektor transportasi melibatkan pembakaran bahan bakar dilepaskan ke lingkungan selama penggunaan selama perjalanan. (LAIL Arifin, 2023). Proses saat bahan bakar dioksidasi secara sengaja dalam suatu perangkat untuk menghasilkan panas atau tenaga mekanik yang digunakan dalam suatu proses disebut proses dari pembakaran bahan bakar (KLHK, 2012). Perubahan iklim oleh manusia salah satunya dipengaruhi oleh pembakaran bahan bakar.

Perubahan iklim terkait erat dengan tindakan manusia, terutama dalam hal menggunakan bahan bakar fosil untuk keperluan industri, yang menghasilkan emisi GRK secara signifikan, seperti dinitrogen oksida, metana, dan karbon dioksida, serta menyebabkan fenomena *global warming* (Hashim et al., 2020). Menurut IPCC, 2006 sektor Transportasi berkontribusi sebesar 13,1% terhadap emisi GRK. Hal tersebut menjadikan sektor tersebut sebagai salah satu dari tiga sektor utama yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi. Aktivitas manusia secara global menghasilkan lebih dari 80% total GRK disebabkan dari sektor energi, yang meliputi emisi dari produksi, transformasi, penanganan, dan penggunaan segala jenis energi (Quadrelli & Peterson, 2007). Meningkatnya gas-gas di atmosfer, seperti CO₂, CH₄, NO_x, CFC, dan gas-gas yang lain, menjadi penyebab terjadinya pemanasan global (Purnomoasri & Handayani, 2022). Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional 2006 memiliki petunjuk tentang cara menghitung emisi GRK sektor energi (Plocoste & Jacoby Koaly, 2016).

Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan, penelitian ini memiliki tujuan agar mengetahui efek GRK yang di timbulkan dalam proses pengangkutan limbah B3 di Kawasan Jawa Timur dan Bali. Proses pengangkutan menghasilkan emisi GRK yang dapat di analisis menggunakan Metode penghitungan emisi yang dikeluarkan oleh *International Panel on Climate Change*. Diharapkan penelitian ini akan meningkatkan pemahaman terkait limbah berbahaya dan beracun (B3) serta polusi udara yang dihasilkan oleh emisi dari aktivitas pengangkutan, yang dapat mengancam kesehatan manusia dan merusak lingkungan.

METODOLOGI

Metode Pengumpulan data

Metode kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini, pendekatan kuantitatif berfungsi untuk mengevaluasi emisi yang dihasilkan dari kegiatan limbah B3 yang diangkut dan dilakukan oleh badan pengangkutan. Metode metode kuantitatif dalam penelitian untuk menghasilkan data yang lebih mudah dipahami, dapat diandalkan , dan dapat dilaporkan (Iqbal, 2020).

Informasi yang diperlukan untuk penelitian didapatkan dari data yang telah dikumpulkan secara langsung (primer) dan sumber-sumber yang ada sebelumnya (sekunder). Data primer yang dilakukan yaitu berupa pengamatan dan dokumentasi yang dilakukan dalam unit Transmisi, wawancara dan diskusi dengan penanggung jawab pengelolaan limbah B3. Adapun data sekunder pada penelitian ini berupa Rincian Teknis Penyimpanan limbah B3, neraca limbah bahan B3, Dokumen perjanjian Kerjasama pengangkutan limbah, Manifest limbah yang bersumber dari data yang dimiliki Unit Transmisi serta Nilai Faktor fuel emision yang bersumber dari Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional dari KLHK,2012 untuk menghitung IPCC. Menghitung emisi gas rumah kaca dari setiap TPS unit transmisi membutuhkan beberapa data seperti data jumlah bahan bakar, rute dan jarak pengangkutan.

Metode Analisis Dan Pengolahan Data

a. Model IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)

Menurut Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, Dalam proses inventarisasi emisi GRK, tingkat keakuratan perhitungan dikenal sebagai "Tier". Tingkat keakuratan ini berkaitan dengan penggunaan data dan metode hitungan yang digunakan, seperti yang dijelaskan berikut:

1. Tier 1: Sesuai dengan kegiatan dan faktor emisi (EF) standar IPCC.
2. Tier 2: Sesuai dengan kegiatan yang lebih rinci dan menggunakan EF standar IPCC, atau faktor emisi khusus negara atau pabrik tertentu.
3. Tier 3: Sesuai dengan kaidah khusus negara dengan kegiatan yang sangat rinci (pengujian langsung telah dilakukan) dan ketentuan khusus negara atau pabrik dalam menentukan EF.

Tier yang ditetapkan dalam pencatatan gas rumah kaca sangat bergantung pada Tingkat adanya informasi dan keberlanjutan salah satu negara atau pabrik dalam mengembangkan metode atau memastikan EF yang spesifik dan dapat diterapkan pada negara atau pabrik tersebut. Setelah data lapangan itu diperoleh, Selain itu, perkiraan emisi gas rumah kaca dihitung menggunakan metode Tier 1 dan Tier 2. Parameter yang akan berpengaruh dalam sektor transportasi yaitu emisi CO₂, CH₄, N₂O.

b. Perhitungan Emisi GRK dari sumber bergerak (*Analisis Emisi CO₂*)

Analisis Emisi CO₂ dibidang Transportasi, untuk parameter CO₂ sudah terdapat faktor emisi spesifik ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHK). Berikut merupakan tabel faktor emisi bahan bakar yang telah ditetapkan :

Tabel 1. Faktor Emisi CO₂ Deafult Transportasi Jalan Raya

Jenis Bahan Bakar	Deafult (kg/TJ)	Lower	Upper
Bensin Motor	69,300	67,500	73,000
Gas/ Minyak Solar	74,100	72,600	74,800
Gas Petroleum Cair	63,100	61,600	65,600
Minyak Tanah	71,900	70,800	73,700
Gas alam terkompresi	56,100	54,300	58,300
Gas Alam Cair	56,100	54,300	58,300

Sumber: IPCC Guidance 2006

Ssesuai dengan yang telah ditetapkannya faktor emisi, rumus yang digunakan untuk memperkirakan emisi karbon dioksida dari kendaraan bermotor (sumber bergerak) berdasarkan (IPCC, 2006) adalah persamaan 1 sebagai berikut:

Emission

= Emisi CO₂ (Kg)

$$Emission = \sum_a [Fuel_a \cdot EF_a]$$

- $Fuel_a$ = Jumlah Bahan Bakar yang digunakan (TJ)
- EF_a = Faktor emisi Karbon dioksida sesuai dengan jenis bahan bakar (kg gas/TJ), Ini sama dengan karbon bahan bakar dikali 44/22
- a = Penggunaan jenis bahan bakar (premium, solar)

Faktor emisi menurut standar default IPCC dinyatakan sebagai emisi per unit energi yang digunakan (kg GRK/TJ). Namun, data konsumsi energi biasanya dinyatakan dalam satuan fisik, seperti ton batu bara atau kiloliter solar. Oleh karena itu, sebelum menerapkan persamaan di atas, data konsumsi energi perlu diubah menjadi satuan energi TJ (Terra Joule) dengan menggunakan persamaan 2 berikut:

$$\text{Konsumsi Energi (TJ)} = \text{Konsumsi Energi (sat. fisik)} \times \text{Nilai Kalor} \left(\frac{\text{TJ}}{\text{sat.fisik}} \right)$$

Sumber: *Kementrian Lingkungan Hidup, 2012*

Perbedaan jenis bahan bakar yang digunakan di Indonesia dan nilai kalor masing-masing bahan bakar disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. Nilai Kalor Bahan Bakar Indonesia (Konversi Energi)

Jenis Bahan Bakar	Nilai Kalor	Penggunaan
Premium	33x10 ⁻⁶ TJ/ Liter	Kendaraan bermotor
Solar (HSD, ADO)	36x10 ⁻⁶ TJ/ Liter	Kendaraan bermotor, Pembangkit listrik
Minyak Diesel	38x10 ⁻⁶ TJ/ Liter	Boiler Industri, pembangkit Listrik
MFO	40x10 ⁻⁶ TJ/ Liter	Pembangkit Listrik
	4.04x10 ⁻² TJ/ Ton	
Gas Bumi	1.055x10 ⁻⁶ TJ/ SCF	Industri, Rumah tangga, Restoran
	38.5x10 ⁻⁶ TJ/Nm ³	
LPG	47.3x10 ⁻⁶ TJ/ Kg	Rumah tangga, Restoran
Batu Bara	18.9x10 ⁻³ TJ/Ton	Pembangkit listrik Industri

Sumber : *Kementerian Lingkungan Hidup, 2012*

c. Perhitungan Emisi GRK dari sumber bergerak (Analisis Emisi CH₄ dan N₂O)

Perhitungan Tier 1 digunakan untuk menganalisis emisi CH₄ dan N₂O, karena belum ada emisi yang dikembangkan untuk gas-gas tersebut di Indonesia. Dengan demikian, estimasi emisi CH₄ dan N₂O didasarkan pada faktor emisi standar IPCC sebagai berikut:

Tabel 3. Faktor Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar/ Kategori kendaraan representatif	CH ₄			N ₂ O		
	(kg/ TJ)			(kg/ TJ)		
	Default	Lower	Upper	Default	Lower	Upper
Premium Uncontrolled (b)	33	9,6	110	3,2	0,96	11
Premium–dgn Catalyst	25	7,5	86	8	2,6	24
Solar /ADO	3,9	1,6	9,5	3,9	1,3	12
Gas Bumi (CNG)	92	50	1540	3	1	77
LPG	62	Na	Na	0,2	na	na
Ethanol, truk, USA	260	77	880	41	13	123
Ethanol, sedan, Brazil	18	13	84	na	na	Na

Sumber: *IPCC Guidance 2006*

Persamaan 3 tingkat Tier-1 untuk emisi CH₄ dan N₂O yang berasal dari pembakaran bahan bakar pada kendaraan bermotor menurut IPCC, 2016 adalah sebagai berikut:

$$Emission = \sum_a [Fuel_a \cdot EF_a]$$

- Emission* = Emisi CH₄ dan N₂O (Kg)
- Fuel_a* = Bahan bakar dikonsumsi (TJ/Tahun)
- EF_a* = Faktor emisi CO₂ Tier-1, menurut jenis bahan bakar (Kg gas/TJ)
- a* = Jenis bahan bakar (premium, solar)

d. Nilai *Global Warming Potencial* (GWP)

Nilai Potensi Pemanasan Global (GWP) dapat digunakan untuk mengkonversi data emisi non CO₂ menjadi data emisi setara CO₂. Untuk menghitungnya cukup mengendalikan jumlah total setiap GRK dengan tiap GWP untuk mendapatkan nilai total emisi yang sesuai. Nilai masing-masing GWP adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai *Global Warming Potencial*

Nilai <i>Global Warming Potencial</i> (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), 2022

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan emisi GRK berasal dari kegiatan pengangkutan limbah

Dalam Proses pengelolaan limbah B3 oleh Perusahaan Transmisi melakukan Kerja sama dengan Perusahaan Pengangkut limbah. Proses pengangkutan LB3, Perusahaan Transmisi Berkerja sama dengan Perusahaan pengelola limbah B3 sebagai transporter dan pengolahannya. Metode pola pengangkutan yang digunakan adalah metode Hauled Container System (HCS). Proses pengangkutan dilakukan 1 tahun 1 kali, karena masa simpan limbah B3 maksimum 365 Hari tertera P.12/menlhk/setjen/plb.3/5/2020 mengenai Penyimpanan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Perusahaan Transmisi Listrik memiliki TPS LB3 yang tersebar luas, Perusahaan Pengelola limbah B3 melakukan proses pengangkutan pada semua TPS LB3. Pada perhitungan emisi gas rumah kaca dari kegiatan pengangkutan membutuhkan data sebagai berikut:

Tabel 5. Data kegiatan pengangkutan LB3 ke Perusahaan Pengelola limbah B3

Tempat	Jumlah Pengangkutan 1 Tahun	Jarak Tempuh (Km)	Jarak Tempuh dalam 1 Tahun (Km)	Rata rata konsumsi Bahan bahakr (km/L)	Konsumsi BBM (Liter)
TPS LB3 1	1	48,6	48,6	8	6,075
TPS LB3 2	1	123	123	8	15,375
TPS LB3 3	1	133	133	8	16,625
TPS LB3 4	1	55	55	8	6,875
TPS LB3 5	1	451	451	8	56,375
TPS LB3 6	1	21,3	21,3	8	2,6625
TPS LB3 7	1	149	149	8	18,625

Sumber: *Analisis pribadi*, 2024

Perhitungan yang digunakan untuk menentukan nilai emisi didasarkan pada bahan bakar diesel (Energi surya) faktor emisi default IPCC digunakan untuk pembakaran BBM di sumber bergerak sesuai pada Tabel 1. Faktor Emisi CO₂ Default Transportasi Jalan Raya. BBM yang digunakan untuk mengangkut limbah yaitu solar. Dari tabel 1 terlihat bahwa faktor emisi solar untuk CO₂ adalah 74,433 kg CO₂, CH₄ adalah 3,9 kg CH₄ dan N₂O adalah 3,9 kg N₂O. Menurut KLHK, nilai kalor solar sama dengan 36 x 10⁻⁶ TJ/liter. Berikut merupakan contoh perhitungan TPS 1.

Perhitungan Emisi CO₂

Setelah mendapatkan nilai Konsumsi BBM (Energi) nilai tersebut perlu dilakukan konversi ke Terajoule Karna pada faktor emisinya menggunakan satuan Terajoule (TJ) dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBM (TJ/ Thn)} &= \text{Konsumsi BBM (Liter)} \times \text{Nilai Kalor} \\ &= 6,075 \text{ L} \times 36 \times 10^{-6} \text{ TJ/L} \\ &= 218,7 \text{ TJ/L} \end{aligned}$$

Nilai Kalor Bahan Bakar Indonesia untuk Konversi Energi sesuai dengan Kementerian Lingkungan Hidup, 2012 pada Tabel 2. Kemudian melakukan perhitungan Emisi CO₂ sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= \text{Konsumsi BBM (TJ/L)} \times \text{Faktor Emisi Solar (kgCO}_2\text{/TJ)} \\ &= 218,7 \text{ TJ/L} \times 74,433 \text{ kg/ TJ} \\ &= 16205,67 \text{ kg CO}_2\text{/ TJ} \\ &= 16,20567 \text{ ton CO}_2\text{/ TJ} \\ &= 16205,67 \text{ CO}_2\text{eq/ TJ} \end{aligned}$$

Perhitungan Emisi CH₄

Perhitungan dalam mencari nilai emisi CH₄ (Metana) berbahan bahan bakar solar dengan digunakan metode tier 1 persamaan 3 menggunakan nilai faktor emisi bahan bakar solar (Diesel Oil) sesuai dengan tabel 1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 &= \text{Konsumsi BBM (TJ/L)} \times \text{Faktor Emisi Solar (kgCH}_4\text{/TJ)} \\ &= 218,7 \text{ TJ/Tahun} \times 3,9 \text{ kg/ TJ} \times 10^6 \\ &= 0,00085293 \text{ kg CO}_2\text{/ TJ} \\ &= 0,0000000853 \text{ ton CO}_2\text{/ TJ} \end{aligned}$$

Selanjutnya Hitung Nilai Global Warming Potencial. Konversi Emisi CH₄ menjadi Emisi CH₄ eq CO₂ sesuai dengan tabel 4 hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 \text{ eq CO}_2 &= 218,7 \text{ TJ/L} \times 29,8 \\ &= 0,02541731 \text{ CH}_4 \text{ eq/ TJ} \end{aligned}$$

Perhitungan Emisi N₂O

Perhitungan yang digunakan dalam mencari nilai emisi N₂O (Nitrogen) berdasarkan penggunaan solar dapat dihitung sesuai Persamaan 3 metode tier 1 menggunakan nilai faktor emisi solar (Diesel Oil) sesuai dengan tabel 1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{Konsumsi BBM (TJ/L)} \times \text{Faktor Emisi Solar (kg N}_2\text{O /TJ)} \\ &= 218,7 \text{ TJ/Tahun} \times 3,9 \text{ kg/ TJ} \times 10^6 \\ &= 0,00085293 \text{ kg CO}_2\text{/ TJ} \\ &= 0,0000000853 \text{ ton CO}_2\text{/ TJ} \end{aligned}$$

Selanjutnya Hitung Nilai Global Warming Potencial. Konversi Emisi N₂O menjadi Emisi N₂O eq CO₂ sesuai dengan tabel 4 hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O eq CO}_2 &= 218,7 \text{ TJ/L} \times 273 \\ &= 0,0002328 \text{ N}_2\text{O eq/ TJ} \end{aligned}$$

Analisis Nilai Emisi Gas Rumah kaca pengangkutan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Pada Perusahaan Transmisi Listrik

Perhitungan nilai emisi rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) pada kegiatan pengangkutan limbah medis padat B3 memiliki nilai masing-masing pada tiap parameternya. Berikut merupakan tabel perhitungan Emisi GRK dari kegiatan pengangkutan limbah dengan rute dari TPS LB3 Unit Transmisi ke Perusahaan Pengelola limbah B3:

Tabel 6. Perhitungan analisis Konsumsi energi

Tempat	Jumlah Pengangkutan 1 Tahun	Jarak Tempuh (Km)	Jarak Tempuh dalam 1 Tahun (Km)	Rata rata konsumsi Bahan bakar (km/L)	Konsumsi BBM (Liter)	Konsumsi Energi/BBM (TJ)
TPS LB3 1	1	48,6	48,6	8	6,075	218,7
TPS LB3 2	1	123	123	8	15,375	553,5
TPS LB3 3	1	133	133	8	16,625	598,5
TPS LB3 4	1	55	55	8	6,875	247,5
TPS LB3 5	1	451	451	8	56,375	2029,5
TPS LB3 6	1	21,3	21,3	8	2,6625	95,85
TPS LB3 7	1	149	149	8	18,625	670,5

Sumber: Hasil perhitungan, 2024

Tabel 7. Perhitungan Emisi GRK dan konversi Energi

Konsumsi Energi/BBM (TJ)	Emisi Gas Rumah Kaca (kg)			Emisi Gas Rumah Kaca (Satuan eq)		
	CO ₂ (kg CO ₂ /TJ)	CH ₄ (kg CH ₄ /TJ)	N ₂ O (kg N ₂ O/TJ)	CO ₂ (CO ₂ eq/TJ)	CH ₄ (CH ₄ eq/TJ)	N ₂ O (N ₂ O eq/TJ)
218,7	16205,67	0,00085293	0,00085293	16205,67	0,025417314	0,00023285
553,5	41014,35	0,00215865	0,00215865	41014,35	0,06432777	0,00058931
598,5	44348,85	0,00233415	0,00233415	44348,85	0,06955767	0,00063722
247,5	18339,75	0,00096525	0,00096525	18339,75	0,02876445	0,00026351
2029,5	150385,95	0,00791505	0,00791505	150385,95	0,23586849	0,00216081
95,85	7102,485	0,000373815	0,00037382	7102,485	0,011139687	0,00010205
670,5	49684,05	0,00261495	0,00261495	49684,05	0,07792551	0,00071388

Sumber: Hasil perhitungan, 2024

Fuel Consumption Data Fuel Combustion Emissions Fuel Consumption - Validation

Worksheet

Sector: Energy 2006

Category: Fuel Combustion Activities

Subcategory: 1.A.3.b.1 - Cars

Sheet: Fuel Combustion Emissions

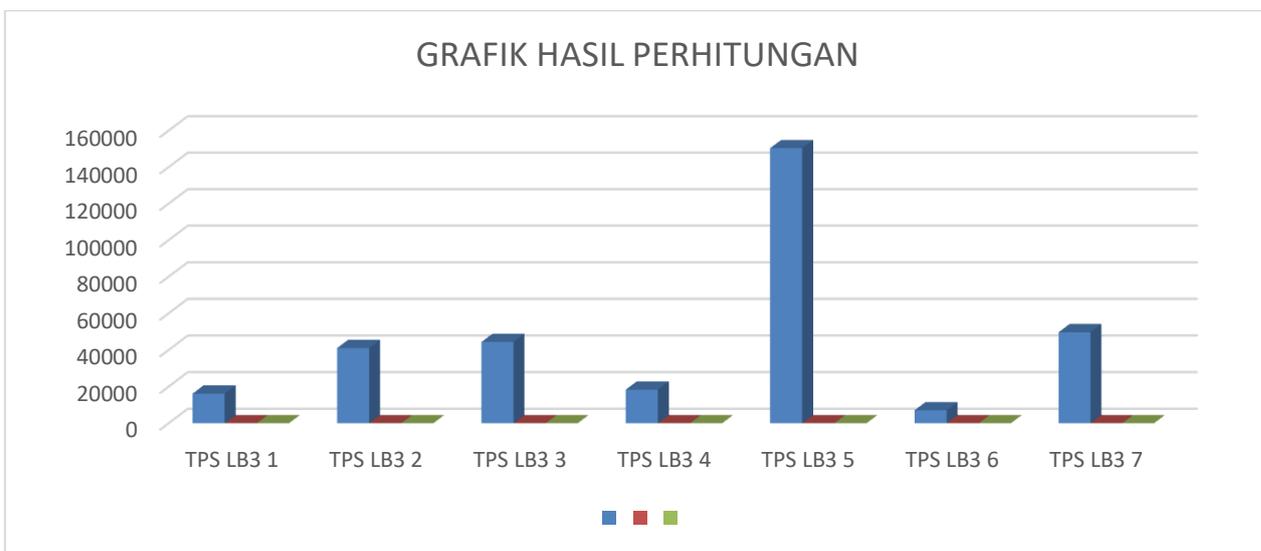
Data

Fuel Type Liquid Fuels Uncertainties for Liquid Fuels

Equation 3.2.1, 3.2.3, 3.2.4

Subdivision	Fuel	Vehicle type	Emission control technology	Total fuel consumption (TJ)	CO ₂		CH ₄		N ₂ O		
					CO ₂ Emission Factor (kg CO ₂ /TJ)	Amount Captured (Gg CO ₂)	CO ₂ Emissions (Gg CO ₂)	CH ₄ Emission Factor (kg CH ₄ /TJ)	CH ₄ Emissions (Gg CH ₄)	N ₂ O Emission Factor (kg N ₂ O/TJ)	N ₂ O Emissions (Gg N ₂ O)
S	F	VT	ECT	C	EF(CO ₂)	Z	CO ₂ =C*EF (CO ₂)/10 ⁶ -Z	EF(CH ₄)	CH ₄ =C*EF (CH ₄)/10 ⁶	EF(N ₂ O)	N ₂ O=C*EF (N ₂ O)/10 ⁶
TPS-TPA	Gas/Diesel Oil	1	Unspecified	218.7	74100		16.20567	3.9	0.00085	3.9	0.00085
TPS-TPA	Gas/Diesel Oil	2	Unspecified	553.5	74100		41.01435	3.9	0.00216	3.9	0.00216
TPS-TPA	Gas/Diesel Oil	3	Unspecified	598.5	74100		44.34885	3.9	0.00233	3.9	0.00233
TPS-TPA	Gas/Diesel Oil	4	Unspecified	247.5	74100		18.33975	3.9	0.00097	3.9	0.00097
TPS-TPA	Gas/Diesel Oil	5	Unspecified	2029.5	74100		150.38595	3.9	0.00792	3.9	0.00792
TPS-TPA	Gas/Diesel Oil	6	Unspecified	95.85	74100		7.10249	3.9	0.00037	3.9	0.00037
TPS-TPA	Gas/Diesel Oil	7	Unspecified	670.5	74100		49.68405	3.9	0.00261	3.9	0.00261
Total				4414.05			327.08111	0.01721	0.01721		

Gambar 1. Hasil perhitungan menggunakan aplikasi IPCC
 Sumber: Hasil analisis, 2024



Gambar 2. Grafik hasil perhitungan
 Sumber : Hasil analisis, 2024

Berdasarkan tabel diatas, perhitungan emisi gas rumah kaca pada seluruh TPS LB3 di Perusahaan Transmisi Listrik didapatkan hasil yang menghasilkan banyak CO₂ yaitu TPS LB3 5 sebesar 150385,95 kg CO₂ /TJ, CH₄ yang dihasilkan sebesar 0,00791505 kg CH₄/ TJ, dan N₂O yang dihasilkan sebesar 0,00791505 kg N₂O/ TJ. Sedangkan untuk TPS LB3 yang menghasilkan emisi gas rumah kaca terkecil adalah TPS 6 dengan CO₂ sebesar 7102,485 kg CO₂ /TJ, CH₄ yang dihasilkan sebesar 0,000373815 kg CH₄/ TJ, dan N₂O yang dihasilkan sebesar 0,00037382 kg N₂O/ TJ. Untuk parameter CH₄ dan N₂O memiliki hasil emisi yang sama dikarenakan memiliki nilai Faktor Emisi yang sama. Nilai emisi CO₂, CH₄ dan N₂O dapat digabungkan sehingga membentuk ekuivalen CO₂ (CO₂ e). Sebelum menggabungkan emisi CH₄ dan N₂O dengan emisi CO₂, kedua emisi tersebut terlebih dahulu harus diubah menjadi CO₂ relatif dengan mengalikannya dengan GWP (Potensi Pemanasan Global) untuk mengkonversinya. Nilai CO₂ relatif sama dengan nilai GWP. Potensi pemanasan global (GWP) digunakan sebagai cara mengubah data emisi non- CO₂ menjadi data emisi CO₂ e. Perbedaan hasil emisi efek rumah kaca disebabkan oleh perbedaan konsumsi energi yang dibutuhkan, semakin tinggi konsumsi energi maka emisi yang dihasilkan juga semakin tinggi.

Dampak Emisi Gas Rumah Kaca dari Pengangkutan TPS LB3

Truk pembawa limbah B3 merupakan sarana yang diperlukan untuk mengangkut LB3. Pengangkutan LB3 adalah perpindahan LB3 dari TPS ke tempat pembuangan limbah. Pengangkutan limbah B3 dapat menimbulkan emisi GRK. Gas rumah kaca antara lain karbon dioksida, metana, nitrogen. Meningkatnya GRK sangat mempengaruhi rata rata suhu yang ada

di atmosfer bumi, laut dan daratan yang ditimbulkan akibat aktivitas manusia terutama bahan bakar fosil yang dibakar dan mengeluarkan karbon dioksida (CO₂) dan lain-lain (Pratama dan Kunci, 2019). Kenaikan permukaan air laut salah satunya disebabkan oleh dampak pemanasan global, intensitas cuaca ekstrim, kepunahan hewan, perubahan kehidupan dan permasalahan lingkungan lainnya (Utina, 2019) Menurut Public Health England, dampak gas metana dapat mempengaruhi kesehatan manusia, termasuk gangguan pernafasan, penglihatan. masalah, muntah, sakit kepala dan paparan metana dalam waktu lama dapat menyebabkan kematian. Untuk mengurangi dampak perubahan iklim, perlu dilakukan peningkatan penyerapan karbon dan/atau pengurangan emisi karbon dioksida. Emisi karbon dioksida dapat dikurangi dengan melestarikan stok karbon yang ada melalui perlindungan hutan, memperlambat deforestasi, praktik kehutanan yang baik, mencegah degradasi rawa dan meningkatkan pengelolaan bahan organik tanah. Selain itu, cadangan karbon dapat ditingkatkan dengan menanam tanaman berkayu. Pilihan lainnya yang dapat digunakan. Alternatif yang dapat digunakan dengan pergantian dari bahan bakar fosil menjadi sumber energi terbarukan (Iwan et al., 2022). Di bidang transportasi, gas rumah kaca dapat dikurangi dengan mengurangi konsumsi energi.

SIMPULAN

Pengelolaan sampah Perusahaan Transmisi Listrik menghasilkan emisi GRK ke atmosfer bumi dengan konsentrasi CO₂ CH₄ dan N₂O. Berdasarkan perhitungan yang diperoleh perusahaan dari unit pemindahan pada saat pengangkutan menuju TPA B3, total emisi CO₂ sebesar 327,08111 kg CO₂ dan total emisi CH₄ dan N₂O sebesar 0,01721 kg. Perbedaan hasil emisi efek rumah kaca disebabkan oleh perbedaan konsumsi energi yang dibutuhkan, semakin tinggi konsumsi energi maka emisi yang dihasilkan juga semakin tinggi. Dari hasil analisis komputer diketahui bahwa semakin tinggi konsumsi energi maka emisinya pun semakin tinggi. Maka apa yang dapat dilakukan untuk menjaga lingkungan, penulis menyarankan untuk mengubah model transportasi yang digunakan sebelumnya dari HCS (Hulled Container System) menjadi Stationery Container System (SCS). Tujuannya adalah untuk menghemat konsumsi energi yang diperlukan. Selain itu, truk sampah harus dilakukan pemeliharaan secara rutin untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan menghemat biaya bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- Assidiqi, H. M. (2022). ANALISIS TIMBULAN DAN PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN DI PT PLN PUSAT PEMELIHARAAN KETENAGALISTRIKAN UNIT III DAN IV KOTA BANDUNG. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/39180>
- Hashim, B. M., Sultan, M. A., Al Maliki, A., & Al-Ansari, N. (2020). Estimation of greenhouse gases emitted from energy industry (oil refining and electricity generation) in Iraq using IPCC methodology. *Atmosphere*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/atmos11060662>
- Institute for Essential Services Reform (IESR). (2022, November 21). Informasi Seputar Emisi pada CO₂, NO₂, CH₄. IESR. <https://www.jejakkarbonku.id/pustaka/56>
- IPCC. (2006). MOBILE COMBUSTION. www.ipcc-nggip.iges.or.jp
- Iqbal, M. (2020). Pengaruh Kemampuan Literasi Digital terhadap Kompetensi Profesional Guru PAI di SMK Negeri se-Kota Parepare. <https://repository.iainpare.ac.id/id/eprint/2198>
- Iwan, G., Wisyanto, & Yuanita, L. Y. (2022). MITIGASI BENCANA. *JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI*, 16 No. 2. <https://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JSTMB/issue/view/437>
- LAIL ARIFIN, A. (2023). ANALISIS KESESUAIAN TEMPAT PENYIMPANAN SEMENTARA DAN DAMPAK PENGANGKUTAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN TERHADAP LINGKUNGAN DI RSUD BAGAS WARAS KLATEN. dspace.uui.ac.id/123456789/47364
- Nurazarina. (2018). ANALISIS PERKIRAAN BEBAN PUNCAK ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN MODEL GJR-GARCH. ANALISIS PERKIRAAN BEBAN PUNCAK ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN MODEL GJR-GARCH, 01, 1–9. <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/id/eprint/12003>
- Permen LHK. (2021). TATA CARA DAN PERSYARATAN PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN. PERATURAN MENTERI

- LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 6 TAHUN 2021. <https://jdih.menlhk.go.id>
- Plocoste, T., & Jacoby Koaly, S. (2016). Estimation of Methane Emission from a Waste Dome in a Tropical Insular Area. *International Journal of Waste Resources*, 6(2). <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000211>
- Pratama, R., & Kunci, K.-K. (2019). EFEK RUMAH KACA TERHADAP BUMI. In Cetak) *Buletin Utama Teknik* (Vol. 14, Issue 2). Online. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but>
- Purnomoasri, R. D., & Handayani, D. (2022). Analisis dan Mitigasi Emisi Gas Buang Akibat Transportasi (Studi Kasus Kabupaten Magetan). *ENVIRO: Journal of Tropical Environmental Research*, 24(1), 29. <https://doi.org/10.20961/enviro.v24i1.65043>
- Quadrelli, R., & Peterson, S. (2007). The energy-climate challenge: Recent trends in CO₂ emissions from fuel combustion. *Energy Policy*, 35(11), 5938–5952. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.07.001>
- Utina, R. (2019). PEMANASAN GLOBAL: Dampak dan Upaya Meminimalisasinya.
- Widodo, D. E., & Hadid, M. (2023). Analisis Transportasi Pengangkutan Sampah di Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda (Vol. 21, Issue 2). <http://iptek.its.ac.id/index.php/jats>
- KLHK. (2012). PEDOMAN PENYELENGGARAAN INVENTARISASI GAS RUMAH KACA NASIONAL BUKU II VOLUME 1 METODOLOGI PENGHITUNGAN TINGKAT EMISI GAS RUMAH KACA. <https://signsmart.menlhk.go.id>