



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Analisis Carbon Footprint dari Penggunaan Bahan Bakar Minyak di Terminal Tidar Magelang

Muhammad Arif Wicaksono

20513126

Dosen Pembimbing:

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T

Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

2025



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

Carbon Footprint Analysis of Fuel Oil Usage at Tidar Terminal Magelang

Muhammad Arif Wicaksono

20513126

Supervisor:

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T

Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Civil Engineering and Planning

Universitas Islam Indonesia

2025

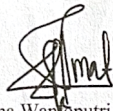
**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**Analisis Carbon Footprint dari Penggunaan Bahan Bakar Minyak di
Terminal Tidar Magelang**

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

**Muhammad Arif Wicaksono
20513126**

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 13 Maret 2025 dan disetujui oleh:



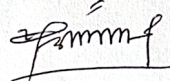
Noviani Ima Wanto Putri, S.T., M.T.

(Pembimbing)



Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T.

(Pembimbing)



Azham Umar Abidin, S.K.M., M.P.H., Ph.D.

(Penguji)

Mengetahui
Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana



Aliy Juliani, S.T., M.Sc. (Res. Eng.), Ph.D.

PERNYATAAN

Melalui pernyataan ini, saya dengan penuh kesadaran menyampaikan bahwasannya:

1. Tugas akhir saya sepenuhnya asli serta belum pernah sama sekali diajukan ke Universitas Islam Indonesia atau lembaga pendidikan lainnya untuk dipertimbangkan mendapatkan gelar.
2. Hasil penelitian ini merupakan karya atau tugas akhir, perumusan, dan proses pemikiran saya sendiri, serta bimbingan dari Dosen Pembimbing.
3. Penulisan ini tidak memakai karya maupun pendapat pihak lain, kecuali jika telah dinyatakan secara tertulis dengan jelas sebagai rujukan dalam naskah, disertai nama penulis serta dicantumkan dalam daftar referensi.
4. Saya sendiri yang bertanggung jawab atas penggunaan perangkat lunak komputer dalam penelitian ini, bukan Universitas Islam Indonesia, terutama ketika perangkat lunak khusus digunakan.
5. Pernyataan ini saya susun dengan sebenar-benarnya, dan sesuai ketentuan yang berlaku di lingkungan institusi pendidikan, saya bersedia menerima sanksi akademik, termasuk penarikan kembali gelar yang telah diberikan, apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran atau ketidaksesuaian dalam pernyataan ini.

Yogyakarta, Februari 2025

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Arif Wicaksono

NIM: 20513126

PRAKATA

Penulis mengungkapkan rasa syukur yang tulus kepada Allah SWT atas segala nikmat dan karunia yang telah diberikan, yang telah mempermudah serta memperlancar proses hingga penulis dapat menuntaskan pelaksanaan penelitian ini dalam bentuk Tugas Akhir dengan judul yang diangkat adalah “Analisis *Carbon Footprint* dari Penggunaan Bahan Bakar Minyak di Termina Tidar”.

Pembuatan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan ketentuan kurikulum yang diterapkan pada Program Studi Teknik Lingkungan, sebagai wujud kontribusi dalam menjawab berbagai isu terkini yang dihadapi oleh profesi di bidang teknik lingkungan. Di samping itu, penyelesaian Tugas Akhir ini juga menjadi salah satu persyaratan akademik yang wajib dipenuhi oleh mahasiswa untuk memperoleh gelar Sarjana (S1) pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama menjalani proses penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, dorongan semangat, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengungkapkan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya yang selalu menyertai penulis, sehingga tugas akhir ini dapat dirampungkan dengan baik hingga tahap akhir.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Mirza Indianto dan Ibu Wahjuni Julianti, yang telah memberikan kepercayaan penuh, dukungan moral yang tak pernah goyah, doa yang senantiasa dipanjatkan tanpa henti, serta kasih sayang yang terus mengalir tanpa syarat sepanjang perjalanan penyusunan tugas akhir ini.
3. Kakak kandung penulis, Rananda Wahyudianti, S.Psi, yang selalu menyertai langkah penulis melalui doa dan dukungan yang diberikan selama menjalani proses penulisan tugas akhir.
4. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I, atas bimbingan, pengarahan, serta berbagai masukan yang senantiasa diberikan secara konsisten selama proses penulisan hingga penyelesaian tugas akhir ini.

5. Selaku Dosen Pembimbing II, Ibu Ana Uswatun Hasanah, S.Si., M.T., yang telah berperan dalam membantu penyusunan laporan tugas akhir ini melalui saran, arahan, dan arahan yang sangat berharga bagi penulis.
6. Bapak Azham Umar Abidin, S.K.M., M.P.H., Ph.D., selaku Dosen Penguji, atas kontribusi berupa tanggapan, kritik membangun, dan pemikiran yang sangat bernilai dalam proses penyusunan serta perbaikan isi laporan tugas akhir ini.
7. Penulis telah mendapatkan banyak manfaat dari pengetahuan, wawasan, dan sumber daya pendukung pembelajaran yang diberikan oleh seluruh jajaran dosen, pengajar, serta staf akademik di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
8. Penulis mengucapkan terima kasih kepada sahabat-sahabat dekatnya Hafizh Tri Kusniardi, Muhammad Faiq Purnama, Alfian Rayhan Putra, Giska Dwi Amelya, dan Amayda Reza Hernanda atas bantuan, keceriaan, dan kebersamaannya yang tak ternilai harganya selama menempuh proses perkuliahan dan saat penyusunan tugas akhir berlangsung.
9. Rasa terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada teman seperjalanan "Astro" atas kebersamaan dan dukungan sepanjang masa perkuliahan.
10. Kepada seluruh teman angkatan 2020 Program Studi Teknik Lingkungan, atas semangat serta dukungan yang diberikan selama menjalani perkuliahan dan dalam menyelesaikan berbagai tugas kelompok.
11. Seluruh pihak yang turut berkontribusi dan memberikan dukungan selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini berlangsung.
12. Bapak Heriyanto, A. Md. yang selalu membantu penulis sepanjang masa perkuliahan dan mendukung Seminar Hasil di akhir perkuliahan.

Untuk menyempurnakan penelitian ini, Penulis memberikan mengapresiasi atas setiap masukan dan kritik yang membangun. Harapannya, laporan Tugas Akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi seluruh pihak yang terkait.

Yogyakarta, Februari 2025


Muhammad Arif Wicaksono

ABSTRAK

Muhammad Arif Wicaksono. Analisis *Carbon Footprint* dari Penggunaan Bahan Bakar Minyak di Terminal Tidar. Dibimbing oleh Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T dan Ana Uswatun Hasanah S.Si., M.T.

Terminal Tidar Magelang adalah terminal bus tipe A dengan area seluas 2. 200 m². Aktivitas yang terjadi di terminal ini mengakibatkan pelepasan emisi gas rumah kaca CO₂-eq dalam kadar yang relatif tinggi, terutama akibat pembakaran bahan bakar minyak oleh kendaraan. Emisi tersebut berdampak negatif terhadap lingkungan serta kesehatan masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis Emisi Gas Rumah Kaca CO₂-eq dan temuan ini diharapkan dapat mendukung perumusan kebijakan berkelanjutan untuk mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca dalam operasional transportasi umum. Rekomendasi dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) tahun 2019, beserta faktor emisi yang dirilis oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) serta IPCC, digunakan sebagai acuan dalam perhitungan pada studi ini. Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh terdapat fluktuasi setiap tahunnya pada tahun 2022 total emisi CO₂-eq yang dihasilkan sebesar 4.151,3 ton/CO₂-eq. Pada tahun 2023 hasil emisi CO₂-eq mengalami penurunan menjadi 4.063,7 ton/CO₂-eq. Dan 4.254,2 ton/CO₂-eq di tahun 2024. Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan dari tujuan penelitian saat ini adalah total kontribusi dari sektor transportasi dan menghasilkan Gas Rumah Kaca di Terminal Tidar dengan presentase sebesar Bus AKAP 53%, Bus AKDP 45%, Mobil 1%, dan Motor sebesar 1%

Kata kunci: Emisi Gas Rumah Kaca, Terminal Tidar, Transportasi Umum

ABSTRACT

Muhammad Arif Wicaksono. Carbon Footprint Analysis of Fuel Oil Use at Tidar Terminal. Supervised by Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T and Ana Uswatun Hasanah S.Si., M.T.

Terminal Tidar Magelang is a type A bus terminal with an area of 2,200 m². Activities that occur in this terminal result in the release of relatively high levels of CO₂-eq greenhouse gas emissions, mainly due to the combustion of fuel oil by vehicles. These emissions have a negative impact on the environment and public health. The purpose of this study is to analyze CO₂-eq Greenhouse Gas Emissions and the findings are expected to support the formulation of sustainable policies to reduce Greenhouse Gas Emissions in public transport operations. Recommendations from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in 2019, along with emission factors released by the Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM) and the IPCC, are used as a reference in the calculations in this study. Based on the calculation results obtained, there are fluctuations every year in 2022 the total CO₂-eq emissions generated were 4,151.3 tons/CO₂-eq. In 2023 the results of CO₂-eq emissions decreased to 4,063.7 tons/CO₂-eq. And 4,254.2 tons/CO₂-eq in 2024. The conclusion obtained based on the current research objectives is the total contribution of the transportation sector and greenhouse gas generation at Tidar Terminal with a percentage of 53% AKAP buses, 45% AKDP buses, 1% cars, and 1% motorcycles.

Keywords: Greenhouse Gas Emissions, Public Transportation, Tidar Terminal

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	2
DAFTAR ISI.....	2
DAFTAR TABEL.....	5
DAFTAR GAMBAR.....	6
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Terminal Tidar.....	5
2.2 Pencemaran Udara.....	6
2.2.1 Gas Rumah Kaca.....	8
2.2.2 Sumber Gas Rumah Kaca.....	8
2.2.3 Dampak Kenaikan Gas Rumah Kaca.....	11
2.3 Jejak Karbon (<i>Carbon Footprint</i>).....	12
2.3.1 Metode IPCC dan ESDM.....	12
2.3.2 <i>Scope</i> Perhitungan Gas Rumah Kaca.....	14
2.4 Regulasi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.....	15
2.4.1 Internasional.....	15
2.5 Strategi Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca.....	20
2.5.1 Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim.....	20
2.6 Sumber Emisi Karbon.....	21
2.6.1 Pengertian Emisi Karbon.....	21
2.6.2 Jenis-Jenis Emisi Karbon.....	22
2.7 Dampak Emisi Karbon.....	23
2.8 Penelitian Terkait <i>Carbon Footprint</i>	25

BAB III METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Waktu dan Lokasi	33
3.1.1 Tempat Penelitian.....	33
3.1.2 Waktu Penelitian	35
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	35
3.3 Metode Pengumpulan Data	37
3.3.1 Data Primer	37
3.3.2 Data Sekunder.....	38
3.4 Metode Analisis Data	39
3.4.1 Metode Perhitungan Gas Rumah Kaca Dari Kegiatan Transportasi.....	40
3.4.2 Skenario Meminimalisir Jejak Karbon	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA	43
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	43
4.2 Hasil Perhitungan Pemakaian Bahan Bakar Transportasi	43
4.2.1 Total Transportasi di Terminal Tidar.....	44
4.2.2 Total Transportasi Bus di Terminal Tidar	44
4.2.3 Total Pemakaian Bahan Bakar Transportasi Umum	45
4.2.4 Total Konsumsi Energi Transportasi Umum.....	46
4.3 Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Transportasi Umum.....	49
4.3.1 Hasil Emisi Gas Rumah Kaca Metode IPCC.....	49
4.3.1.1 Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKDP Metode IPCC.....	49
4.3.1.2 Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKAP Metode IPCC.....	51
4.3.1.3 Emisi Gas Rumah Kaca Mobil Pribadi Metode IPCC	53
4.3.1.4 Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Kendaraan Umum Metode IPCC	55
4.3.1.5 Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Kendaraan Pribadi Metode IPCC	56
4.3.2 Hasil Emisi Gas Rumah Kaca Metode ESDM	58
4.3.2.1 Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKDP.....	58
4.3.2.2 Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKAP.....	60
4.3.2.2 Emisi Gas Rumah Kaca Motor	62

4.3.2.4 Emisi Gas Rumah Kaca Mobil.....	64
4.3.2.5 Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Kendaraan Umum Metode ESDM.....	66
4.3.2.6 Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Kendaraan Pribadi Metode ESDM.....	68
4.3.3 Perbandingan Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Transportasi	69
4.3.4 Emisi Gas Rumah Kaca Saat <i>Idle</i>	72
4.3.4.1 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Saat <i>Idle</i>	73
4.3.4.2 Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Transportasi Saat <i>Idle</i>	74
4.4 Kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca di area Terminal Tidar	75
4.4.1 Kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca Berdasarkan Jenis Transportasi ...	76
4.4.2 Kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca Berdasarkan Bahan Bakar	77
4.5 Skenario Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca.....	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	80
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Karakteristik Terminal Penumpang.....	6
Table 3.1 Sumber Data Primer	38
Table 3.2 Sumber Data Sekunder.....	39
Table 3.3 Faktor Emisi Bahan Bakar	40
Table 3.4 Nilai GWP	41
Table 4.1 Pemakaian BBM dan Konsumsi Energi 2022	47
Table 4.2 Pemakaian BBM dan Konsumsi Energi 2023	47
Table 4.3 Pemakaian BBM dan Konsumsi Energi 2024	48
Table 4.4 Faktor Emisi CO ₂ (g/L)	72
Table 4.5 Kapasitas Mesin Transportasi.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Scope GHG Protocol</i>	15
Gambar 2.2 Emisi Gas Rumah Kaca Menurut Sektor	22
Gambar 3.1 Peta Area Terminal Tidar Magelang.....	34
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 4.1 Grafik Jumlah Transportasi 2024	44
Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Transportasi Umum 3 Tahun	45
Gambar 4.3 Konsumsi BBM 3 Tahun.....	46
Gambar 4.4 Diagram Konsumsi Energi	48
Gambar 4.5 Emisi Gas Rumah Kaca Bulanan Bus AKDP 2022-2024 IPCC	51
Gambar 4.6 Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKAP 2022-2024 IPCC.....	53
Gambar 4.7 Grafik Emisi Gas Rumah Kaca mobil pribadi 2024 IPCC.....	55
Gambar 4.8 Grafik Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Transportasi Umum IPCC 2022-2024	56
Gambar 4.9 Grafik Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Kendaraan Pribadi 2024 IPCC	57
Gambar 4.10 Grafik Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKDP 2022-2024 ESDM.....	59
Gambar 4.11 Grafik Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKAP 2022-2024 ESDM	62
Gambar 4.12 Grafik Emisi Gas Rumah Kaca motor pribadi 2024 ESDM	64
Gambar 4.13 Grafik Emisi Gas Rumah Kaca kendaraan mobil 2024 ESDM	66
Gambar 4.14 Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Transportasi Umum ESDM ...	67
Gambar 4.15 Grafik Emisi Gas Rumah Kaca Kendaraan Pribadi 2024 ESDM ...	69
Gambar 4.16 Perbandingan Jumlah Emisi IPCC dan ESDM	70
Gambar 4.17 Perbandingan Emisi GRK Bus AKDP di Terminal Giwangan, Jombor, dan Tidar.....	71
Gambar 4.18 Perbandingan Emisi GRK Bus AKDP di Terminal Giwangan, Jombor, dan Tidar.....	72
Gambar 4.19 Diagram Emisi Gas Rumah Kaca CO ₂ <i>Idle</i> Bus AKDP dan AKAP Tahunan	74
Gambar 4.20 Diagram Emisi Gas Rumah Kaca Transportasi saat <i>Idle</i>	75
Gambar 4.21 Presentase Kontribusi BBM Tahun 2024	76
Gambar 4.22 Presentase Kontribusi Jenis Transportasi Tahun 2024	77
Gambar 4.23 Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca <i>Idle</i> Bus AKDP dan AKAP Tahunan	80

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komponen penting dalam kehidupan adalah udara. Namun, seiring dengan pertumbuhan kota, pusat industri, dan transportasi secara fisik di era modern, polusi udara juga mengubah kualitas udara. Masuknya zat pencemar berupa gas serta partikel halus (aerosol) ke atmosfer dalam jumlah tertentu dan dalam kurun waktu yang cukup lama dapat mengakibatkan perubahan terhadap komposisi udara dari keadaan semula yang normal. Perubahan ini berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kelangsungan hidup tumbuhan, hewan, maupun manusia (BPLH DKI Jakarta, 2013). Konsentrasi gas ini dapat diukur melalui metode pengukuran emisi jejak karbon yang dirancang untuk memahami dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan. Kenaikan suhu permukaan bumi telah berubah menjadi masalah lingkungan yang besar.

Menurut proyeksi IPCC, suhu global rata-rata akan meningkat $0,3^{\circ}\text{C}$ setiap sepuluh tahun. Akumulasi Gas Rumah Kaca di atmosfer umumnya disebabkan oleh sikap egosentris manusia, yang juga berperan dalam mempercepat terjadinya pemanasan global. Sejumlah penelitian mengungkapkan bahwa kendaraan berbahan bakar minyak merupakan kontributor terbesar dalam pencemaran udara. Kontribusi terbesar terhadap total emisi polusi udara, yakni sekitar 70%, berasal dari sektor transportasi. Penilaian WHO dari tahun 1992 menyatakan bahwa emisi kendaraan bermotor, termasuk yang berasal dari mobil dan sepeda motor, bertanggung jawab atas setidaknya 90% karbon monoksida (CO) di udara metropolitan. Transportasi berkontribusi lebih besar terhadap polusi udara daripada sektor lainnya. Di kawasan perkotaan, emisi gas buang dari sektor transportasi menyumbang sekitar 60–70% terhadap pencemaran udara, sementara emisi dari cerobong industri hanya menyumbang sekitar 10–15%. Sumber polusi lainnya berasal dari berbagai aktivitas, seperti kegiatan rumah tangga, kebakaran hutan, serta pembakaran sampah (BPLH DKI Jakarta, 2013).

Peningkatan polusi udara berasal dari sektor transportasi membuat masyarakat umum terpapar kontaminasi udara dalam berbagai skenario, terlepas dari status

mereka sebagai pengguna transportasi atau bukan pengguna. Individu yang menggunakan transportasi mungkin mengalami polusi baik di dalam ruangan (seperti di dalam mobil, di halte bus, dan stasiun kereta) maupun di luar ruangan (termasuk pengendara sepeda motor, pejalan kaki, dan pesepeda). Meskipun paparan terutama terjadi selama perjalanan, pengguna transportasi menghadapi paparan langsung ke sumber polusi, terutama dalam situasi kemacetan lalu lintas dan lalu lintas padat. Ini menimbulkan risiko yang signifikan karena konsentrasi polutan udara yang terhirup meningkat. Selain itu, bahkan selama periode tidak bepergian, masyarakat tetap rentan terhadap efek merugikan dari paparan berkepanjangan terhadap polusi udara kendaraan (Jeanly Syahputri, 2023)

Penelitian ini dilaksanakan di Terminal Tidar Magelang, yakni sebuah terminal bus tipe A yang berlokasi di bagian selatan wilayah Kota Magelang dan dikenal memiliki tingkat lalu lintas kendaraan yang cukup tinggi. Kepadatan intensitas pergerakan kendaraan bermotor yang terjadi di kawasan terminal ini secara tidak langsung menyebabkan peningkatan signifikan dalam jumlah emisi gas CO₂-eq yang dilepaskan ke atmosfer. Penggunaan bahan bakar minyak (BBM) berperan dalam melepaskan polutan ke atmosfer dalam jumlah yang signifikan. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah pengendalian pencemaran udara guna mencegah peningkatan emisi yang dapat meningkatkan risiko penyakit serta akumulasi Gas Rumah Kaca (GRK) akibat emisi dari kendaraan bermotor. Kenaikan suhu permukaan bumi secara signifikan dipengaruhi oleh peningkatan polusi udara yang disebabkan oleh aktivitas manusia (Huang et al., 2016). Pembakaran bahan bakar pada kendaraan dengan mesin pembakaran internal merupakan penyebab utama terbentuknya emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Emisi ini digunakan sebagai ukuran untuk menentukan total jumlah karbon dioksida yang dihasilkan dari suatu kegiatan, baik secara langsung maupun tidak langsung (Wiedman dan Minx, 2008).

Agar dapat mengetahui total emisi yang dihasilkan dari operasional transportasi di terminal merupakan tujuan utama dari penelitian ini. Diperlukan langkah-langkah lebih lanjut guna memahami dampak penggunaan bahan bakar minyak (BBM) serta mengelola emisi karbon di sektor transportasi. Untuk memberikan pemahaman menyeluruh tentang dampak lingkungan dari konsumsi

bahan bakar di area terminal, analisis menyeluruh tentang *Carboon Footprint* penggunaan bahan bakar di Terminal Tidar Magelang dilaksanakan. Analisis Jejak Karbon (*Carbon Footprint*) CO₂-eq menjadi fokus utama dalam studi ini, dengan kesimpulan yang diharapkan dapat mendukung penyusunan kebijakan berkelanjutan guna menekan emisi Gas Rumah Kaca dari operasional transportasi umum.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini dan sebagaimana tercantum di bawah ini merupakan beberapa rumusan masalah yang menjadi fokus utama:

1. Berapa nilai beban emisi CO₂-eq yang dihasilkan dari setiap aktivitas kendaraan dengan metode IPCC dan ESDM di Terminal Tidar?
2. Bagaimana tingkat kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca CO₂-eq pada sektor transportasi dengan metode IPCC dan ESDM di Terminal Tidar?
3. Bagaimana strategi untuk meminimalisir Emisi Gas Rumah Kaca di Terminal Tidar?

1.3 Tujuan Penelitian

Sebagaimana tercantum di bawah ini adalah deskripsi penelitian ini diarahkan untuk mencapai tujuan tertentu, yakni:

1. Menganalisis Emisi Gas Rumah Kaca CO₂-eq yang dihasilkan dari sektor transportasi dengan metode IPCC dan ESDM di Terminal Tidar.
2. Menganalisis tingkat kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca CO₂-eq dengan metode IPCC dan ESDM dari aktivitas sektor transportasi dengan jenis bahan bakar dan bus yang berbeda.
3. Membuat skenario efektif untuk meminimalisir tingkat emisi CO₂-eq pada Terminal Tidar Magelang.

1.4 Manfaat Penelitian

Sebagaimana tercantum di bawah ini adalah manfaat yang diharapkan dari penerapan penelitian ini:

1. Mengidentifikasi besaran emisi CO₂-eq yang ditimbulkan oleh sektor transportasi di Terminal Tidar.
2. Menganalisis sejauh mana kontribusi emisi Gas Rumah Kaca CO₂-eq yang berasal dari aktivitas di area terminal.
3. Menemukan skenario efektif dalam mengurangi emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan dari kegiatan di Terminal Tidar.

1.5 Ruang Lingkup

Penjabaran ruang lingkup dalam penelitian ini bertujuan untuk memperlihatkan cakupan utama kajian yang dilakukan, sebagai upaya dalam menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan serta mencapai tujuan yang ingin dicapai:

1. Penelitian berlokasi di Terminal Tidar Magelang
2. Penelitian ini berfokus pada sumber emisi CO₂-eq yakni transportasi umum seperti bus (Antar Kota Dalam Provinsi) AKDP, (Antar Kota Antar Provinsi) AKAP, Mobil, dan juga Motor.
3. Dalam studi ini, emisi karbon didefinisikan sebagai emisi gas karbon dioksida (CO₂-eq) yang dihasilkan dari kegiatan transportasi yang menggunakan bahan bakar minyak (BBM).
4. Data dan klasifikasi kendaraan yang menggunakan data sekunder dari Dinas Perhubungan Kota Magelang Contoh : bus besar, bus sedang, motor, mobil.
5. Mewawancarai kernet, supir bus, serta petugas parkir untuk memperoleh data jumlah kendaraan, penggunaan bahan bakar dan lamanya waktu tunggu bus di Terminal Tidar.
6. Metode perhitungan emisi CO₂-eq berdasarkan Metode IPCC (2019)
7. Metode perhitungan emisi CO₂-eq berdasarkan Metode KLH (2012)
8. Jenis bahan bakar yang dianalisis dalam penelitian ini antara lain ; Petamax, Pertalite, Solar.
9. Data dan klasifikasi kendaraan pribadi hanya 2024 karena ketersediaan data yang terbatas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Terminal Tidar

Berada di Jalan Soekarno-Hatta, Kelurahan Tidar Utara, Kecamatan Magelang Selatan, Kota Magelang, Provinsi Jawa Tengah, Terminal Tidar, yang sering disebut juga Terminal Soekarno-Hatta, adalah sebuah terminal bus Tipe A. Terminal ini merupakan pusat transit yang selalu dipadati oleh bus-bus yang melayani rute dari berbagai daerah, seperti Semarang, Yogyakarta, Salatiga, dan kota-kota lainnya, karena letaknya yang berada di jalan utama nasional. Selain bus antarkota, terminal ini juga dipadati oleh angkutan kota yang turut berkontribusi dalam meningkatkan aktivitas transportasi di area tersebut.

Terminal ini berfungsi sebagai pusat pelayanan transportasi yang mencakup trayek Angkutan Kota Dalam Provinsi (AKDP) serta Angkutan Antar Kota Antar Provinsi (AKAP). Gubernur Jawa Tengah secara resmi membuka Terminal Tipe A Tidar Magelang pada tahun 1990, yang menandai dimulainya operasional Terminal Tidar Magelang. Pengelolaan terminal ini berada di bawah kewenangan Pemerintah Kota Magelang serta Dinas Perhubungan Kota Magelang, yang bertanggung jawab atas operasional dan pengelolaannya guna memastikan kelancaran aktivitas transportasi di wilayah tersebut. Pada tahun 2017, pengelolaan Terminal Tipe A Tidar Magelang diserahkan oleh Dinas Perhubungan Kota Magelang kepada Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Kementerian Perhubungan.

Terminal Bus adalah satu dari fasilitas umum yang memiliki aktivitas transportasi yang cukup tinggi. Pada masa sekarang, Kebanyakan orang masih memilih untuk menggunakan transportasi bus umum ketika melakukan perjalanan, baik itu perjalanan ke kota lain atau hanya dalam kota. Semakin bertambahnya aktivitas transportasi menyebabkan terjadinya pencemaran serta polusi udara yang disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor yang mengandung CO_{2-cq}.

Emisi gas buang transportasi yang dikeluarkan dan akan terakumulasi pada udara ambien. Peningkatan suhu permukaan bumi juga turut disebabkan oleh

pertumbuhan polusi lingkungan yang berasal dari kegiatan manusia (Huang dkk, 2016). Berdasarkan Departemen Perhubungan, dapat dijelaskan lebih merinci pada Table 2.1 yang telah tertera berikut ini.

Table 2.1 Karakteristik Terminal Penumpang

NO	KRITERIA	JENIS TERMINAL		
		Tipe A	Tipe B	Tipe C
1	Jaringan Trayek	AKAP + Tipe B	AKDP + Tipe C	Angkot atau angkat desa
2	Lokasi	Jl. Nasional	Jl. Arteri/Kolektor Primer	Jl. Sekunder
3	Kelas Jalan	Minimal III A	Minimal III B	III B
4	Jarak antar terminal	20 Km	15 Km	Disesuaikan
5	Luas lokasi	5 ha	3 ha	Disesuaikan
6	Akses	100 m	50 m	Disesuaikan

2.2 Pencemaran Udara

Masuknya berbagai senyawa berbahaya ke atmosfer dikenal sebagai proses terjadinya pencemaran udara. Kejadian ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem alami serta menurunkan kualitas udara, yang pada gilirannya dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia. Sumber antropogenik serta sumber alami adalah dua kelompok utama yang menjadi penyebab utama polusi udara yang dapat dibagi secara luas. Berbagai aktivitas manusia, seperti emisi dari kegiatan industri dan pembakaran bahan bakar fosil untuk transportasi, merupakan penyebab utama munculnya sumber antropogenik. Sedangkan, fenomena alam seperti letusan gunung berapi yang menghembuskan gas dan partikel ke atmosfer termasuk ke dalam kategori sumber alami.

Polusi udara dapat terjadi di berbagai lokasi. Dalam lingkungan bangunan tertutup seperti hunian, institusi pendidikan, serta gedung perkantoran, pencemaran udara di dalam ruang (indoor pollution) merupakan istilah yang umum digunakan untuk menyebut fenomena ini. Sementara itu, polusi udara luar ruang (outdoor pollution) bersumber dari beragam aktivitas dan faktor penyebab, di antaranya emisi kendaraan bermotor, aktivitas industri, operasional kapal laut, serta proses

biologis yang terjadi secara alami. Sumber polutan udara dapat dibagi menjadi dua kelompok utama berdasarkan karakteristiknya: sumber yang tidak bergerak dan sumber yang bergerak. Sumber stasioner mencakup berbagai fasilitas seperti pembangkit tenaga listrik, sektor industri, serta aktivitas rumah tangga yang menghasilkan emisi. Sementara itu, sumber bergerak terdiri dari berbagai moda transportasi, termasuk lalu lintas kendaraan darat serta kegiatan transportasi maritim yang turut berkontribusi terhadap peningkatan pencemaran udara (Simanjuntak, 2007).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Pelaksanaan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran udara didefinisikan sebagai keadaan ketika zat, energi, atau elemen tertentu masuk ke atmosfer akibat aktivitas manusia dalam jumlah yang lebih tinggi daripada standar kualitas udara yang ditetapkan sesuai dengan undang-undang yang relevan.

Menurut Anna dkk. (2011), kondisi lalu lintas, fitur kendaraan, dan jumlah kendaraan secara keseluruhan berdampak pada emisi kendaraan bermotor. Menurut Soedomo dkk. (1990), aktivitas transportasi di jalan raya menjadi penyumbang utama terhadap sekitar 50% total emisi SPM₁₀, dan juga merupakan sumber terbesar timbal, karbon monoksida, hidrokarbon, serta nitrogen oksida di area metropolitan. Area dengan volume lalu lintas yang signifikan, ketika peraturan kualitas udara ambien sudah atau hampir terlampaui, memiliki jumlah kontaminan tertinggi.

Pertumbuhan di sektor transportasi, yang pada awalnya diperkirakan berada dalam kisaran 6 hingga 8 persen per tahun, pada realitasnya justru mengalami lonjakan hingga mendekati angka 15 persen per tahun di berbagai kota besar pada tahun 1999. Dengan proyeksi pertumbuhan antara 6 hingga 8 persen, konsumsi bahan bakar di Indonesia diperkirakan akan meningkat 2,1 kali lipat pada periode 1990 hingga 1998, selanjutnya menjadi 4,6 kali lipat pada tahun 2008, dan mencapai 9 kali lipat pada tahun 2018 (Bank Dunia, 1993, dikutip dalam KLH, 1997). Selain itu, diprediksi bahwa pada tahun 2020, sekitar separuh populasi Indonesia akan terpengaruh oleh pencemaran udara di kawasan perkotaan, yang mana ini disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor menjadi hal yang utama.

2.2.1 Gas Rumah Kaca

Di atmosfer bumi, terdapat berbagai gas yang dikenal sebagai gas rumah kaca (GRK), yang memiliki potensi untuk memicu terjadinya efek rumah kaca. Fungsi gas-gas ini adalah untuk mempertahankan kestabilan suhu atmosfer dengan menyerap radiasi inframerah. Berdasarkan penuturan Kepala Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri pada tahun 2014, gas rumah kaca (GRK) memiliki peran penting dalam perubahan iklim, baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan memicu terjadinya efek rumah kaca. Gas rumah kaca (GRK) yang terdapat di udara atmosfer terbentuk sebagai hasil dari berbagai aktivitas manusia serta proses alamiah. Ketika energi matahari dalam bentuk gelombang pendek sampai di permukaan bumi, gas-gas rumah kaca akan menyerap energi tersebut dan memancarkannya kembali dalam bentuk gelombang panjang berupa radiasi inframerah. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2012), efek rumah kaca adalah fenomena pemanasan yang terjadi akibat radiasi panas dari gas rumah kaca (GRK) di atmosfer, yang kemudian diserap oleh permukaan bumi. Para ilmuwan menggunakan istilah Gas Rumah Kaca (GRK) untuk menggambarkan peran atmosfer bumi dalam mengatur suhu di permukaan bumi. Lapisan atmosfer memiliki kemiripan dengan kaca pada rumah kaca yang sering digunakan dalam bidang pertanian, di mana kaca tersebut memungkinkan sinar matahari masuk dan membantu menjaga kehangatan di dalamnya. Atmosfer bumi berfungsi dengan cara yang serupa, yakni membiarkan sinar matahari menembusnya, sehingga dapat menghangatkan permukaan bumi dan menciptakan kondisi yang memungkinkan makhluk hidup untuk bertahan. Tanpa adanya atmosfer, bumi akan mengalami penurunan suhu yang ekstrem sehingga tidak memungkinkan bagi kehidupan untuk bertahan. Atmosfer berperan penting dalam menjaga keseimbangan suhu karena kandungan berbagai jenis gas di dalamnya mampu menyerap serta memantulkan kembali radiasi inframerah (Yuliana, 2017)

2.2.2 Sumber Gas Rumah Kaca

Sejak awal berlangsungnya Revolusi Industri, kadar konsentrasi karbon dioksida ekuivalen ($\text{CO}_2\text{-eq}$) serta gas metana di atmosfer telah mengalami

peningkatan secara signifikan, masing-masing naik sebesar 36% dan 148% jika dibandingkan dengan kadar yang tercatat pada tahun 1750 (US EPA, 2007). Dalam kurun waktu dua dekade terakhir, pembakaran bahan bakar fosil merupakan salah satu faktor utama yang berperan dalam peningkatan emisi karbon dioksida ekuivalen (CO₂-eq) sebagai dampak dari aktivitas manusia, dengan persentase mencapai sekitar tiga perempat dari total peningkatan tersebut. Tindakan lain seperti deforestasi yang luas dan perubahan penggunaan lahan bertanggung jawab atas persentase yang tersisa. Berbagai aktivitas yang dilakukan oleh manusia menghasilkan beberapa jenis gas rumah kaca seperti yang telah tertera dibawah ini:

- Metana (CH₄)

Gas metana dihasilkan melalui berbagai aktivitas yang berkaitan dengan eksplorasi, produksi, serta distribusi sumber daya energi seperti batubara, gas alam, dan minyak bumi. Beragam sumber lain yang turut berkontribusi terhadap emisi metana mencakup sektor peternakan, berbagai praktik dalam bidang pertanian, serta proses pembusukan limbah organik yang terjadi secara alami di lokasi tempat pembuangan akhir sampah perkotaan maupun domestik.

- Karbondioksida (CO₂-eq)

Karbon dioksida tidak hanya dihasilkan dari reaksi kimia tertentu, tetapi juga terbentuk melalui berbagai proses pembakaran, contohnya pembakaran bahan bakar fosil, limbah padat, kayu, serta produk-produk yang terbuat dari bahan dasar kayu. Konsentrasi karbon dioksida di atmosfer dapat mengalami penurunan karena sebagian dari gas ini diserap oleh tanaman melalui mekanisme alami yang dikenal sebagai siklus karbon. Sistem dianggap seimbang apabila jumlah karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer dan pergerakannya dalam siklus karbon hampir setara.

- Gas Terflorinasi

Gas rumah kaca sintetis yang kuat, seperti hidrofluorokarbon, perfluorokarbon, dan sulfur heksafluorida, dilepaskan ke atmosfer melalui berbagai aktivitas yang terjadi di sektor industri. Meskipun jumlahnya relatif kecil, gas-gas ini memiliki potensi untuk merusak lapisan ozon.

- Nitrous Oksida

Zat kimia yang terbentuk dari kombinasi dua atom nitrogen dengan satu atom oksigen. Senyawa ini sering disebut sebagai gas tawa karena efek anestesi ringan yang ditimbulkannya pada kadar tertentu. Selain itu, nitrous oxide juga digunakan dalam bidang industri, pertanian, dan sebagai gas pendorong dalam kalangan penggemar motorsport. Sementara itu, nitrous oxide (N_2O) yang merupakan salah satu gas rumah kaca, juga berperan dalam kontribusi terhadap pemanasan global serta bisa menjadi dampak terhadap perubahan iklim.

Di antara berbagai jenis gas polutan yang telah diklasifikasikan sebagai gas rumah kaca, beragam studi yang telah dilakukan secara luas menunjukkan bahwa karbon dioksida menjadi salah satu penyumbang utama emisi gas rumah kaca dan juga merupakan faktor utama yang menyebabkan terjadinya pemanasan global di seluruh dunia. Tingginya pelepasan emisi karbon dioksida ke atmosfer menjadi penyebab utama dari permasalahan ini. Mayoritas emisi tersebut berasal dari aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil yang meliputi gas alam, batu bara, dan minyak bumi, serta kegiatan deforestasi dan berbagai proses industri lainnya. Sejak dimulainya era Revolusi Industri, kadar karbon dioksida di atmosfer telah menunjukkan lonjakan yang signifikan dalam beberapa waktu terakhir, dan gas ini memiliki sifat yang memungkinkan untuk menjebak serta menahan panas di dalam atmosfer dalam kurun waktu yang panjang.

Walaupun jenis Gas Rumah Kaca lainnya, layaknya metana (CH_4) dan nitrogen dioksida (N_2O), memiliki nilai Potensi Pemanasan Global (*Global Warming Potential/GWP*) yang lebih besar jika ditinjau per molekulnya, namun jumlah emisi karbon dioksida (CO_2) yang jauh lebih besar secara keseluruhan menjadikannya sebagai faktor utama yang berkontribusi paling dominan dalam proses pemanasan global. Oleh karena itu, upaya mitigasi perubahan iklim global seringkali difokuskan pada pengurangan emisi CO_2 , seperti transisi ke energi terbarukan, peningkatan efisiensi energi, dan penanaman kembali hutan (*reforestasi*).

2.2.3 Dampak Kenaikan Gas Rumah Kaca

Beragam aktivitas manusia di permukaan bumi berkontribusi terhadap pelepasan sejumlah gas ke atmosfer yang memicu terjadinya efek rumah kaca. Gas-gas tersebut antara lain karbon dioksida (CO₂), belerang dioksida (SO₂), nitrogen monoksida (NO), nitrogen dioksida (NO₂), metana (CH₄), serta klorofluorokarbon (CFC). Di antara semua polutan, karbon dioksida menjadi yang utama yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar minyak, batu bara, dan berbagai jenis bahan bakar organik lainnya. Penumpukan gas ini di udara terus mengalami peningkatan seiring dengan menurunnya kapasitas penyerapan karbon oleh berbagai ekosistem alami, seperti tumbuhan, hutan, serta ekosistem laut, termasuk padang lamun dan hamparan rumput laut, yang semakin berkurang akibat menyusutnya luas area tersebut. Lapisan gas rumah kaca yang semakin tebal menghalangi sinar inframerah dari matahari yang seharusnya dipantulkan kembali ke luar atmosfer, yang pada akhirnya memicu kenaikan suhu bumi secara berkelanjutan.

Laporan yang dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyebutkan bahwa sejak pertengahan abad ke-20, kenaikan suhu rata-rata global secara signifikan dipengaruhi oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca yang berasal dari berbagai aktivitas manusia. Berdasarkan proyeksi model iklim yang disusun oleh IPCC, suhu permukaan bumi diperkirakan akan naik antara 1,1 hingga 6,4°C dari tahun 1990 hingga 2100. Hasil temuan ini diperkuat oleh berbagai studi yang dilakukan oleh sejumlah lembaga ilmiah terkemuka di dunia, salah satunya adalah *Scripps Institution of Oceanography* yang berlokasi di Amerika Serikat. Selama kurun waktu antara Juli 1958 hingga Juli 2017, lembaga tersebut telah mendokumentasikan konsentrasi emisi karbon dioksida (CO₂) yang terukur di *Observatorium Mauna Loa*. Berlandaskan data yang telah dikumpulkan, konsentrasi karbon dioksida di atmosfer pada tahun 1958 tercatat sebesar 315 ppm (*part per million*), yang kemudian konsentrasi tersebut meningkat hingga melampaui 350 ppm pada tahun 1990, dan terus mengalami kenaikan sampai menyentuh angka 407,25 ppm pada Juli 2017. Simulasi iklim yang dikembangkan oleh IPCC juga memproyeksikan bahwa keberadaan efek rumah kaca memiliki

potensi untuk meningkatkan suhu rata-rata bumi dalam kisaran 1 hingga 5°C. Apabila emisi gas rumah kaca tidak dikendalikan secara efektif, maka pemanasan global diperkirakan dapat mencapai peningkatan suhu antara 1,5 hingga 4,5°C di 2030.

Kenaikan suhu rata-rata global yang berlangsung secara terus-menerus telah memberikan pengaruh besar terhadap kondisi lingkungan, di antaranya memicu perubahan pada pola cuaca dan mengganggu kestabilan sistem iklim secara menyeluruh. Dalam upaya untuk menekan dampak negatif dari fenomena ini, berbagai negara di dunia telah mengambil langkah dengan meratifikasi Kesepakatan Paris, yang menetapkan komitmen global agar dapat mempertahankan peningkatan suhu rata-rata bumi agar tidak melebihi ambang batas 2°C. Sebagai bagian dari komunitas global, Indonesia telah membuat komitmen yang kuat untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 29% melalui berbagai upaya yang dilakukan secara domestik, dengan kemungkinan besar untuk meningkatkan target tersebut hingga mencapai 41% apabila mendapatkan dukungan penuh dari komunitas internasional pada tahun 2030. Dalam rangka mewujudkan target ambisius hingga 41% tersebut, melalui penerapan mekanisme perdagangan karbon, pemerintah Indonesia berusaha menjalin kemitraan dengan negara yang maju, yang mana negara ini mempunyai tingkat emisi karbon tinggi, sebagai bagian dari strategi mitigasi yang efektif untuk menghadapi tantangan perubahan iklim (KLHK, 2018).

2.3 Jejak Karbon (*Carbon Footprint*)

2.3.1 Metode IPCC dan ESDM

Pedoman yang dikenal sebagai IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) *Guideline for National Greenhouse Gas Inventories* dirancang secara khusus sebagai acuan dalam melakukan estimasi terhadap peningkatan maupun penurunan emisi yang dihasilkan oleh GRK. Berlandaskan laporan yang dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* pada tahun 2019, semakin tinggi tingkat metode yang diterapkan, maka semakin besar pula ketelitian

dalam perhitungan emisi gas rumah kaca pada kegiatan inventarisasi. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 73 Tahun 2017, metode perhitungan emisi maupun serapan gas rumah kaca dalam proses inventarisasi dibagi ke dalam tiga tingkatan (Tier) yang mengacu pada tingkat akurasi yang dihasilkan, oleh karenanya semakin rinci serta semakin akurat hasil perhitungan yang diperoleh dalam menentukan jumlah emisi atau serapan gas rumah kaca.

Tingkat akurasi (Tier) dalam penghitungan emisi dibedakan ke dalam beberapa level seperti yang telah tertera dibawah :

- a) Tier 1: Perhitungan emisi serta penyerapan gas rumah kaca pada tingkat ini dilakukan dengan menggunakan rumus dasar yang sederhana (basic equation). Sebagian besar data terkait aktivitas yang digunakan dalam perhitungan tersebut bersumber dari berbagai data global yang telah tersedia, tanpa adanya penyesuaian terhadap kondisi lokal. Selain itu, metode ini juga menerapkan faktor emisi bawaan atau default emission factor, yakni nilai faktor emisi yang telah disediakan dalam pedoman resmi yang dikeluarkan oleh IPCC *Guideline*)
- b) Tier 2: Pada tingkat ini, Pendekatan yang digunakan dalam perhitungan emisi serta penyerapan gas rumah kaca dilakukan dengan memanfaatkan rumus yang lebih rinci dan terperinci untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan komprehensif. Data aktivitas yang digunakan berasal dari sumber nasional atau lokal yang lebih menggambarkan kondisi nyata suatu wilayah, alih-alih hanya mengandalkan data global. Selain itu, nilai faktor emisi yang diterapkan juga telah disesuaikan, bukan hanya menggunakan nilai default, melainkan faktor emisi lokal yang diperoleh melalui pengukuran empiris di lapangan, sehingga menghasilkan estimasi yang lebih tepat.
- c) Tier 3: Pendekatan perhitungan emisi dan serapan pada level ini merupakan yang paling mendalam, di mana proses analisisnya mengandalkan teknik pemodelan (modeling) serta metode pengambilan sampel (sampling) untuk menghasilkan data yang sangat terperinci. Dalam pendekatan berbasis pemodelan ini, Beragam kondisi lapangan menjadi dasar dalam penyesuaian

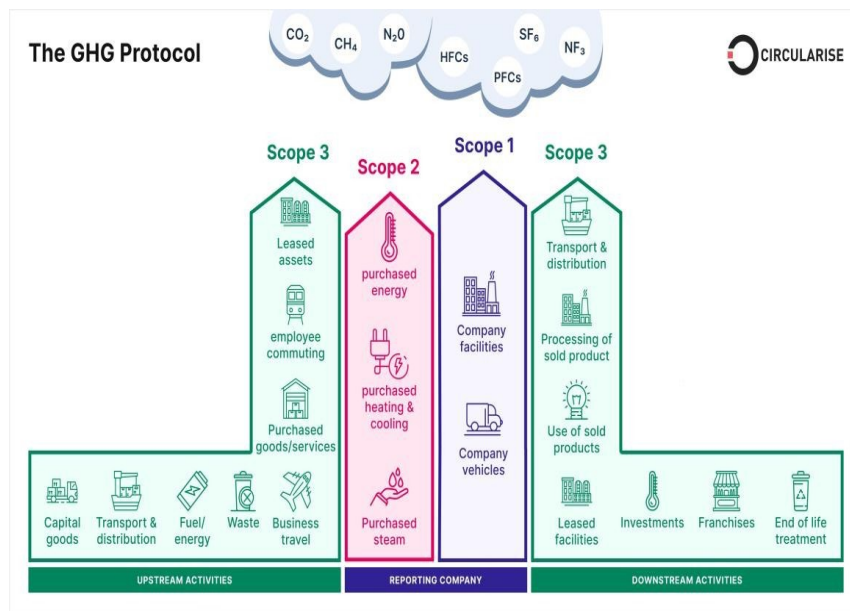
faktor emisi lokal, oleh karena itu mampu mencerminkan keberagaman karakteristik di suatu wilayah dengan lebih baik. Oleh karena itu, dibandingkan dengan metode lainnya, Tier 3 memiliki tingkat presisi tertinggi dalam menghitung emisi dan serapan gas rumah kaca, dengan margin kesalahan yang lebih kecil dalam proses perhitungannya.

2.3.2 Scope Perhitungan Gas Rumah Kaca

Berlandaskan pedoman yang dikeluarkan oleh *Greenhouse Gas Protocol* pada tahun 2011, standar klasifikasi emisi gas rumah kaca di suatu perusahaan dibagi menjadi tiga kategori atau lingkup utama. Lingkup 1 merujuk pada emisi gas rumah kaca yang berasal langsung dari aktivitas operasional perusahaan yang terkait dengan penggunaan karbon. Emisi dalam lingkup ini berasal dari sumber yang secara langsung dimiliki atau berada di bawah kendali perusahaan, seperti pemakaian bahan bakar untuk energi dan kebutuhan listrik.

Sementara itu, lingkup 2 meliputi emisi gas rumah kaca tidak langsung yang muncul akibat konsumsi energi oleh perusahaan, di mana sumber energi tersebut tidak berasal dari aset yang secara langsung dimiliki atau dikuasai oleh perusahaan. Sebagai contoh, penggunaan listrik yang dipasok dari pihak ketiga atau penyedia energi eksternal masuk ke dalam kategori ini.

Selanjutnya, lingkup 3 mencakup emisi gas rumah kaca yang berasal dari kegiatan yang mana ini di luar kendali langsung perusahaan, termasuk emisi tidak langsung dan yang tidak memiliki hubungan komersial langsung dengan operasional utama perusahaan. Dapat dikatakan bahwa segala bentuk emisi yang tidak termasuk dalam Lingkup 1 dan Lingkup 2 dikategorikan dalam Lingkup 3. Contoh emisi dalam kategori ini meliputi emisi yang dihasilkan dari penggunaan kendaraan yang tidak dimiliki oleh perusahaan tetapi berkontribusi terhadap operasional bisnisnya.



Sumber: *The Greenhouse Gas Protocol (2011)*

Gambar 2.1 *Scope GHG Protocol*

2.4 Regulasi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca

2.4.1 Internasional

Indonesia menempati peringkat sepuluh besar negara dengan tingkat emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang sangat tinggi di dunia, dengan total emisi yang tercatat mencapai 965,3 juta ton yang setara dengan karbon dioksida (CO₂) dalam bentuk satuan metrik ton CO₂ setara (MTCO₂-eq), yang memberikan kontribusi yang signifikan sekitar 2% terhadap total emisi gas rumah kaca di tingkat global. Sebagian besar dari total emisi tersebut berasal dari sektor energi, yang memang merupakan sektor penyumbang utama emisi gas rumah kaca di Indonesia (Pusparisa, 2021). Isu mengenai emisi gas rumah kaca menjadi salah satu faktor utama yang mendorong Indonesia untuk segera mengambil langkah-langkah nyata, salah satunya dengan meratifikasi berbagai perjanjian internasional yang telah disepakati, seperti Konvensi Kerangka Kerja Perubahan Iklim, Protokol Kyoto, dan Perjanjian Paris, sebagai wujud komitmen yang kuat dalam upaya menanggulangi serta mengendalikan dampak-dampak buruk dari perubahan iklim yang semakin

meningkat dan menjadi semakin parah. Upaya ini yang kemudian diintegrasikan ke dalam undang-undang nasional.

Pada tahun 2020, Indonesia berhasil mencapai penurunan yang signifikan dalam emisi Gas Rumah Kaca, dengan total pengurangan emisi yang tercatat mencapai 64,4 juta ton karbon dioksida (CO₂), melebihi target yang sebelumnya ditetapkan, yaitu sebesar 58 juta ton CO₂, serta mencatatkan angka pengurangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan capaian pada tahun sebelumnya yang tercatat sebesar 54,8 juta ton CO₂. Pencapaian dalam menurunkan emisi gas rumah kaca ini tidak lepas dari sejumlah strategi yang diterapkan, antara lain dengan memaksimalkan penggunaan energi terbarukan dan energi baru (EBT) yang menyumbang sekitar 53 persen, serta pelaksanaan berbagai inisiatif efisiensi energi yang memberikan kontribusi sebesar 20 persen, pemanfaatan bahan bakar fosil yang memiliki kadar karbon lebih rendah dengan kontribusi sebesar 13 persen, penerapan teknologi pembangkit listrik yang lebih ramah lingkungan sebesar 9 persen, serta pelaksanaan kegiatan reklamasi pada lahan pasca-penambangan yang berkontribusi sebesar 4 persen dalam upaya pengurangan emisi (Lidwina, 2021).

Dalam ajang Konferensi Para Pihak ke-15 (COP 15) tahun 2009, Indonesia mengemukakan secara resmi tekadnya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Dalam komitmennya, Indonesia menetapkan target pengurangan emisi sebesar 26% yang dilakukan melalui upaya mandiri, serta penetapan sasaran pengurangan emisi hingga 41 persen dapat tercapai apabila memperoleh bantuan dari komunitas global pada tahun 2020. Penerbitan dokumen *Nationally Determined Contribution* (NDC) yang pertama kali dilakukan pada bulan November 2016 menjadi sebuah bukti yang sangat nyata dan jelas akan komitmen Indonesia yang kuat dalam menghadapi tantangan besar yang disebabkan oleh perubahan iklim. Dalam dokumen tersebut, target penurunan emisi yang telah ditetapkan mencakup pengurangan sebesar 29 persen tanpa syarat (*unconditional*) yang dapat dicapai dengan upaya domestik, serta pengurangan hingga 41 persen dengan adanya dukungan internasional (*conditional*), yang semuanya dibandingkan dengan skenario Business as Usual (BAU) yang diperkirakan pada tahun 2030. Berdasarkan proyeksi, jumlah emisi yang harus ditekan sampai tahun 2030 mencapai 834 juta ton setara karbon dioksida

(CO₂-eq) untuk kategori *unconditional* (CM1) dan 1.081 juta ton CO₂-eq untuk kategori *conditional* (CM2). Sebagai negara yang telah secara resmi meratifikasi Protokol Kyoto, Indonesia kini memiliki peluang yang sangat besar untuk mengimplementasikan skema Clean Development Mechanism (CDM) atau Mekanisme Pembangunan Bersih, yang merupakan salah satu elemen penting dalam rangkaian strategi yang dirancang untuk mengurangi emisi karbon, baik pada tingkat nasional maupun pada tingkat global secara lebih efektif.

Skema ini memungkinkan pelaku industri di Indonesia yang dapat menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca untuk memperoleh unit CER (*Certified Emission Reduction*), yang dapat diperdagangkan dengan nilai antara 5–30 USD/ton CO₂-eq.

Mekanisme ini tidak hanya memberikan peluang pendanaan luar negeri, tetapi juga mendukung proyek ramah lingkungan, pengalihan teknologi dari negara-negara maju, mengimplementasikan berbagai program untuk menurunkan Emisi GRK, seperti:

- Pengurangan pelepasan emisi akibat aktivitas penebangan serta penurunan kualitas hutan.
- Peningkatan pengelolaan ekosistem lahan gambut secara lebih berkelanjutan.
- Upaya mitigasi untuk mencegah terjadinya kebakaran hutan.
- Implementasi program pencampuran bahan bakar biodiesel dengan minyak nabati, seperti B30 dan B60.

Dengan mengimplementasikan Program REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*), Indonesia menjadikan kawasan hutan sebagai salah satu komponen strategis dalam rangka mitigasi dan penyesuaian terhadap dinamika perubahan iklim yang terus berkembang. REDD+ berfokus untuk pengurangan emisi, peningkatan stok karbon, dan pengelolaan sumber daya hutan secara berkelanjutan. Sebagai salah satu negara aktif dalam negosiasi terkait REDD+, Indonesia terus berkontribusi dalam aksi mitigasi perubahan iklim yang dapat diukur dan dilaporkan (*Knowledge Center Perubahan Iklim*, 2017).

2.4.1 Indonesia (NDC)

Partisipasi aktif Indonesia dalam mengatasi permasalahan perubahan iklim di tingkat global tercermin melalui keterlibatannya dalam Perjanjian Paris, yang telah disahkan menjadi UU No. 16 Tahun 2016. Setiap negara yang telah secara resmi meratifikasi Perjanjian Paris memiliki kewajiban yang penting untuk menyerahkan dokumen Nationally Determined Contributions (NDC), yang memuat berbagai komitmen serta target pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang harus dicapai dan direalisasikan sampai dengan tahun 2030.

Pada sesi Media Briefing yang dilakukan secara daring pada 19 Maret 2021, Ruandha Agung Sugardiman, yang menjabat sebagai Direktur Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim (PPI) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK), menyampaikan bahwa target pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang tercantum dalam NDC Indonesia adalah sebesar 29% melalui upaya sendiri, dan dapat meningkat hingga 41% jika memperoleh dukungan dari pihak internasional. Pada dokumen *Nationally Determined Contributions* (NDC), ada lima sektor kunci yang memiliki andil besar dalam menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca, yaitu sektor energi, pengelolaan sampah, proses dan penggunaan produk industri (IPPU), sektor pertanian, serta sektor kehutanan. Selain itu, Ruandha juga mengungkapkan bahwa Indonesia telah menyelesaikan proses pembaruan terhadap dokumen NDC sebagai langkah lanjutan dalam mencapai target yang telah ditetapkan.

Ada empat poin utama yang dicakup dalam pembaruan ini. Pertama, target pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca dalam kisaran 29% sampai dengan 41% yang ditetapkan hingga tahun 2030 masih terus dijaga dengan hati-hati dan dipertahankan, sesuai dengan hasil analisis yang telah dilakukan secara mendalam dan komprehensif dalam dokumen Road Map NDC Mitigasi yang telah disusun. Kedua, terdapat pembaruan informasi yang relevan dan sesuai dengan kondisi terkini, termasuk penyesuaian dengan visi serta misi yang diusung oleh Kabinet Indonesia Maju periode tahun 2019. Ketiga, tambahan penjelasan terkait elemen yang memerlukan informasi rinci, seperti adaptasi, sarana implementasi, dan kerangka transparansi.

Terakhir, komitmen baru yang mencakup pengelolaan sumber daya laut, ekosistem pesisir seperti mangrove dan terumbu karang (dikenal sebagai karbon biru), serta adaptasi untuk pemukiman masyarakat. Selain itu, Indonesia telah menyusun strategi jangka panjang hingga 2070, yang berfokus pada pengembangan beremisi rendah serta peningkatan daya tahan terhadap perubahan iklim. Berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam Pasal 4.19 pada Perjanjian Paris, setiap negara yang menjadi pihak dalam perjanjian tersebut diwajibkan untuk menyusun, merancang, serta menyampaikan strategi pembangunan jangka panjang yang bertujuan untuk menurunkan Emisi GRK secara substansial. Strategi tersebut, yang semestinya dilaporkan sebelum tahun 2020, ditunda akibat pandemi Covid-19 dan akan disampaikan sebelum COP26 pada 2021. Rencana strategis jangka panjang yang telah disusun oleh Indonesia mencakup berbagai aspek krusial, antara lain sasaran dalam upaya adaptasi serta mitigasi, garis besar kebijakan terkait mitigasi dan adaptasi, kebijakan yang mencakup berbagai sektor secara terpadu, kerja sama dengan komunitas internasional, serta sistem pemantauan dan mekanisme pembaruan yang berkelanjutan.

Pendekatan strategis ini juga memiliki tujuan utama agar dapat meraih kondisi *net zero emission* di 2050 dengan menyesuaikan sasaran iklim yang telah ditetapkan dengan arah pembangunan di tingkat nasional, regional, hingga global, yang mencakup berbagai aspek dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs). Pemerintah turut mengajak partisipasi pemangku kepentingan non-pemerintah, mendorong terobosan inovatif, dan memperkuat kontribusi komunitas dalam menghadapi dampak perubahan iklim. Menjelang tahun 2045, yang bertepatan dengan peringatan satu abad kemerdekaan, Indonesia menargetkan pencapaian signifikan sebagai bagian dari visi menjadi negara maju dan makmur. Pada akhirnya, Indonesia telah menunjukkan komitmennya untuk mencapai kondisi emisi nol bersih (*net zero emission*) secara penuh dan total pada tahun 2070, sebagai bagian dari upaya jangka panjang dalam mengurangi dampak perubahan iklim.

2.5 Strategi Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca

2.5.1 Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim

Perumusan strategi pembangunan yang efektif dan terencana dengan baik, yang memiliki kemampuan untuk mengantisipasi dampak yang ditimbulkan oleh perubahan iklim serta ketidakteraturan cuaca, baik yang sedang berlangsung pada saat ini maupun yang diperkirakan akan terjadi di masa depan berdasarkan analisis yang mendalam dan proyeksi yang ada, dikenal dengan istilah tindakan adaptif (Ridwan dan Chazanah, 2013). Dalam usaha untuk mengurangi berbagai risiko yang ditimbulkan oleh perubahan iklim, adaptasi menjadi respons yang sangat penting dan strategis, menurut Setiawan (2010). Pendekatan ini, yang tidak dapat dicapai hanya dengan upaya mitigasi, membantu untuk mengurangi dampak langsung dari perubahan iklim yang sedang berlangsung. Pemerintah mengambil berbagai langkah yang terencana dan strategis untuk mendukung serta memperkuat proses adaptasi terhadap perubahan iklim, salah satunya dengan menyusun dan mengembangkan Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API), yang menjadi bagian yang sangat penting dan esensial dalam kebijakan pembangunan nasional. RAN-API berfungsi sebagai pedoman yang jelas dan terperinci dalam penyusunan Rencana Kerja Pemerintah serta Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN), dan juga sebagai acuan yang sangat berguna bagi pemerintah daerah dalam merancang serta menyusun Strategi dan Rencana Aksi Daerah yang bertujuan untuk adaptasi terhadap perubahan iklim. Dokumen ini digunakan sebagai dasar yang kokoh dan fundamental dalam merancang pembangunan yang memiliki fokus utama pada ketangguhan serta kesiapan untuk menghadapi dan mengatasi dampak yang ditimbulkan oleh perubahan iklim (Bappenas, 2014). Strategi adaptasi diterapkan dengan melakukan penyesuaian pada sistem sosial dan ekologi agar dapat mengantisipasi serta mengatasi potensi dampak negatif yang ditimbulkan oleh perubahan iklim.

Jika laju perubahan iklim melebihi kapasitas kita untuk beradaptasi, maka akan sulit untuk membuat metode adaptasi menjadi efektif. Mengurangi dampak buruk, memanfaatkan, atau menyesuaikan diri dengan perubahan dan segala

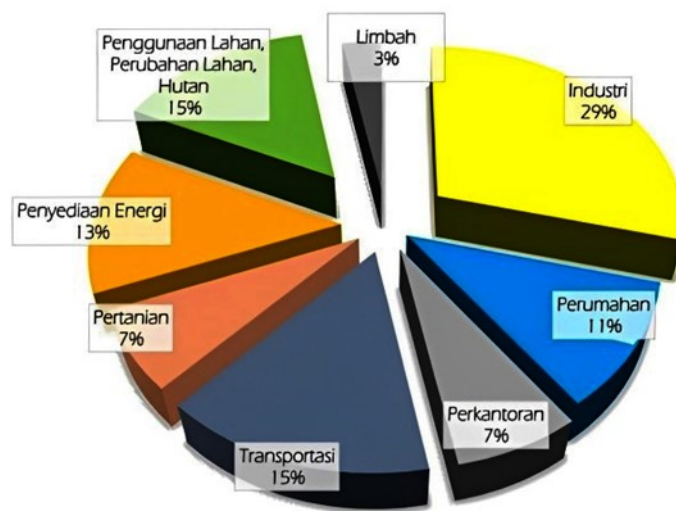
akibatnya merupakan cara-cara untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim. Berdasarkan definisi yang dikemukakan oleh UNFCCC (2005), mitigasi merujuk pada berbagai tindakan yang ditujukan untuk mencegah dan menekan pelepasan karbon, memperbesar kemampuan penyerapan karbon oleh hutan maupun penyerap karbon lainnya, serta memperlambat dampak dari Gas Rumah Kaca (GRK) yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Di sisi lain, Slamet (2015) menjelaskan bahwa mitigasi merupakan serangkaian langkah strategis yang disusun untuk mengurangi faktor-faktor yang berperan sebagai penyebab utama terjadinya perubahan iklim, termasuk emisi Gas Rumah Kaca dan unsur-unsur terkait lainnya, dengan tujuan untuk mengurangi atau bahkan mencegah potensi risiko yang dapat muncul akibat perubahan iklim. Sebagai bentuk dukungan konkret terhadap upaya mitigasi dalam rangka penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK), pemerintah kemudian menyusun Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK), yang pelaksanaannya diteruskan dan diimplementasikan oleh masing-masing daerah melalui penyusunan Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK). Strategi mitigasi ini dirancang secara terencana dan sistematis demi mencapai sasaran pengurangan emisi yang telah ditetapkan, sekaligus mengevaluasi potensi dampak yang mungkin ditimbulkan oleh kebijakan atau penerapan suatu teknologi tertentu dalam konteks pengurangan emisi.

2.6 Sumber Emisi Karbon

2.6.1 Pengertian Emisi Karbon

Menurut pendapat yang dikemukakan oleh Marisha (2018), emisi karbon dapat didefinisikan sebagai senyawa atau partikel yang dilepaskan ke atmosfer sebagai akibat dari aktivitas tertentu, yang biasanya dihitung menggunakan satuan ton karbon atau dalam bentuk ton yang setara dengan karbon dioksida. Keberadaan emisi karbon ini dapat ditemukan dalam berbagai komponen lingkungan, di mana terdapat empat kategori utama yang menjadi sumber pelepasan CO₂ dengan karakteristik yang berbeda satu sama lain. Pertama, ada sumber bergerak seperti kereta api, mobil, dan bahkan kapal. Kategori kedua terdiri dari sumber-sumber

yang tidak bergerak seperti bangunan umum, komunitas, operasi metalurgi dan kimia, dan penggunaan tenaga uap oleh sektor industri. Bagian ketiga mencakup berbagai sumber emisi, seperti limbah domestik, sektor industri, kegiatan pertanian, serta aktivitas pertambangan. Ilustrasi pada Gambar 2.2 memperlihatkan sejumlah sektor sektor yang berkontribusi terhadap emisi Gas Rumah Kaca, di antaranya sebagaimana tercantum dibawah ini:



Gambar 2.2 Emisi Gas Rumah Kaca Menurut Sektor

Sumber : *Johannesburg Renewable Energy Coalition* (2012)

2.6.2 Jenis-Jenis Emisi Karbon

Emisi langsung dan emisi tidak langsung adalah dua kategori emisi karbon dioksida, menurut Rachman dkk. (2016). Sementara itu, sejumlah tindakan yang termasuk dalam parameter saat ini, seperti penggunaan listrik di rumah dan ruang publik, dapat menghasilkan emisi tidak langsung. Sedangkan emisi langsung beberapa kegiatan atau sumber yang berada dalam sumber yang telah ditetapkan, seperti emisi karbondioksida dari kendaraan pribadi maupun kendaraan umum. Seperti yang telah dijelaskan, beberapa terminal memiliki sumber emisi karbon yang perlu diperhatikan, yakni seperti yang telah tertera berikut ini.

a) Sektor Transportasi

Dalam sektor transportasi, emisi yang timbul berasal dari beragam aktivitas manusia yang berlangsung di dalam area terminal. Emisi tersebut diperoleh berdasarkan jumlah total kendaraan yang beroperasi maupun yang berada di area parkir terminal, dan jenis bahan bakar yang digunakan oleh kendaraan-kendaraan dalam menjalankan berbagai operasional mereka, baik untuk kegiatan sehari-hari maupun untuk kebutuhan lainnya, menjadi salah satu faktor yang sangat signifikan dan berpengaruh besar terhadap hal tersebut.

b) Sektor Persampahan

Pada sektor pengelolaan limbah yang berasal dari berbagai aktivitas di dalam kawasan terminal, emisi dihasilkan melalui beragam kegiatan yang dilakukan oleh penumpang, operasional terminal, serta usaha kuliner seperti rumah makan yang beroperasi di sekitar area terminal. Aktivitas-aktivitas tersebut berkontribusi terhadap pelepasan Gas Rumah Kaca dalam bentuk gas metana (CH_4) serta karbon dioksida (CO_2). Akumulasi limbah yang dihasilkan dari berbagai aktivitas di kawasan terminal ini memicu pembentukan gas yang kemudian tersebar ke atmosfer secara bebas, Gas metana menjadi jenis gas yang paling dominan dan paling banyak dihasilkan dari berbagai proses-proses tersebut, yang memberikan dampak signifikan terhadap emisi yang dihasilkan. Gas tersebut memiliki potensi lebih buruk jika dibandingkan dengan karbondioksida.

c) Sektor Energi

Pada sektor energi berasal dari kegiatan manusia di terminal yang dapat dihasilkan dari beberapa kegiatan yang menggunakan energi listrik dan LPG yakni, kegiatan di rumah makan, kios oleh-oleh, agen tiket dan operasional terminal yang menggunakan energi listrik untuk kegiatan penunjangnya.

2.7 Dampak Emisi Karbon

Fiana (2018) mengemukakan bahwa emisi karbon tidak memiliki dampak langsung terhadap kesehatan manusia, serta emisi karbon bersifat tidak beracun. Namun, emisi karbon dapat dianggap beracun terhadap kesehatan jantung apabila manusia terpapar emisi karbon secara terus menerus dalam jumlah yang banyak.

Pada kadar tertentu yang terdapat di dalam udara, keberadaan karbon dioksida berpotensi menimbulkan berbagai dampak negatif bagi kesehatan manusia, seperti meningkatnya frekuensi denyut nadi, peningkatan tekanan darah, gangguan pernapasan yang ditandai dengan kesulitan bernapas serta rasa sesak di dada, munculnya sakit kepala, bahkan dalam kondisi tertentu dapat menyebabkan seseorang mengalami kehilangan kesadaran.

Selain dapat berdampak terhadap kesehatan manusia emisi karbon dapat mengakibatkan sinar infrared yang berasal dari matahari dapat diserap oleh bumi, sinar tersebut dapat berdampak naiknya suhu di permukaan bumi dikarenakan sinar tersebut terhalang oleh lapisan atmosfer dan tidak dapat kembali ke atmosfer. Berlebihnya emisi karbon yang ada di udara dapat dikatakan sebagai pemanasan global (Ayuko, 2015). Utina (2014) mengungkapkan bahwa emisi karbon dapat berdampak merugikan terhadap kualitas lingkungan hidup maupun kesehatan manusia, berikut merupakan dampak yang ditimbulkan dari emisi karbon tersebut, yakni seperti yang telah tertera berikut ini :

a) Mencairnya lapisan es

Akibat dari mencairnya lapisan es di wilayah kutub utara dan selatan dapat menimbulkan risiko yang mana ini memicu peningkatan permukaan laut yang lebih tinggi, yang pada akhirnya berpotensi mengakibatkan tenggelamnya pulau-pulau berukuran kecil. Berdasarkan hal tersebut dapat mengancam kehidupan manusia yang berada di pulau tersebut.

b) Mengakibatkan cuaca ekstrim

Perubahan cuaca yang ekstrim dapat berdampak terhadap aspek sosial maupun ekonomi manusia, yakni terhadap lahan pertanian yang gagal panen dan lapangan pekerjaan.

c) Perubahan Tekanan udara

Perubahan tekanan udara di bumi akibat dampak yang ditimbulkan dari emisi karbon yakni perubahan suhu di permukaan bumi. Selain itu, emisi karbon dapat berdampak perubahan kecepatan arah angin dan kelembaban udara.

d) Polusi udara

Perubahan kualitas udara yang berasal dari emisi karbon yakni dapat mengakibatkan gangguan kardiovaskular dan masalah pernapasan terhadap kesehatan manusia.

2.8 Penelitian Terkait *Carbon Footprint*

Studi mengenai *Carbon Footprint* mencakup tinjauan penelitian-penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan studi ini dan telah tervalidasi. Beberapa penelitian relevan yang dapat dijadikan rujukan antara lain:

Pertama, penelitian dari Ratih Gita Astari (2012) yang meneliti jejak karbon di kawasan permukiman Kecamatan Pademangan, Jakarta Utara. Penelitian ini mengevaluasi jumlah jejak karbon yang ditimbulkan dari beragam kegiatan, termasuk pemanfaatan sarana transportasi, penggunaan energi listrik, serta konsumsi bahan bakar seperti LPG serta minyak tanah. Kedua, studi oleh Akhmad Subkhan (2017) di Kelurahan Candi, Semarang, yang berfokus pada pengkajian emisi karbon dari konsumsi energi rumah tangga dengan menggunakan metodologi perhitungan IPCC.

Ketiga, riset yang dikerjakan oleh tim Septyn Sagala dan rekan (2017) di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Penelitian ini mengkaji jejak karbon dari aktivitas kampus, mencakup penggunaan transportasi, listrik, dan LPG, dengan menerapkan metode IPCC. Studi *Carbon Footprint* di Terminal Tidar memiliki keunikan dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya. Perbedaan utama terletak pada lokasi penelitian yang merupakan fasilitas publik, serta adanya tujuan khusus untuk merumuskan strategi efektif dalam upaya meminimalisir jejak karbon di kawasan Terminal Tidar, Magelang.

No	Judul Penelitian	Peneliti	Hasil Penelitian
1	<p style="text-align: center;">Analisis Perhitungan Carbon Footprint Dari Penggunaan Gas, Bensin, Dan Listrik Rumah Tangga Di Wilayah Kerja Puskesmas Pasirkaliki Cimahi</p>	<p style="text-align: center;">Nia Yuniarti Hasan, Teguh Budi Prijanto, Sadono Setyoko. (2023)</p>	<p>Pelaksanaan penelitian mengenai Jejak Karbon (Carbon Footprint) di kawasan kerja Puskesmas Pasirkaliki, yang berlokasi di Kecamatan Cimahi Utara, tepatnya di Kelurahan Pasirkaliki, memperlihatkan bahwa konsumsi gas LPG sebagai bahan bakar utama rumah tangga per bulannya mencapai rata-rata 8,073 kilogram untuk tiap rumah, yang kemudian menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂) primer dengan rata-rata sebesar 0,007 ton per rumah tangga setiap bulan. Di sisi lain, emisi CO₂ primer yang berasal dari konsumsi bensin menunjukkan rata-rata penggunaan sebesar 28,96 liter per rumah dalam satu bulan, yang menghasilkan emisi sebesar 0,073 ton CO₂. Sementara itu, konsumsi energi listrik sebagai penyebab emisi sekunder memperlihatkan rata-rata penggunaan listrik sebesar 173,63 KWH per rumah setiap bulan, dengan emisi karbon yang dihasilkan mencapai 0,102 ton CO₂ per rumah setiap bulan. Secara keseluruhan, sumber utama penyumbang emisi karbon terbesar berasal dari emisi CO₂ sekunder dengan persentase 56%, melebihi tingkat emisi primer yang ditimbulkan dari penggunaan gas LPG dan bensin yang berkontribusi sebesar 44%.</p>

No	Judul Penelitian	Peneliti	Hasil Penelitian
2	Analisis Carbo Footprint Yang Dihasilkan Dari Aktivitas Rumah Tangga Di Kelurahan Limbungan Baru Kota Pekanbaru	Aryo Sasmita, Jecky Asmura, Ivnaini Andesgur. (2018)	<p>Jumlah penduduk yang tinggi di Kelurahan Limbungan Baru berpotensi menjadi salah satu faktor yang mendorong peningkatan pelepasan emisi karbon dioksida (CO₂) ke atmosfer. Emisi CO₂ yang bersumber dari aktivitas dalam rumah tangga terbagi menjadi dua kategori, yakni emisi CO₂ primer dan emisi CO₂ sekunder. Emisi primer berasal dari pemakaian bahan bakar untuk keperluan domestik, sementara emisi sekunder muncul akibat penggunaan peralatan listrik di lingkungan rumah tangga. Data utama dalam penelitian ini dikumpulkan melalui survei terhadap 98 responden, sedangkan data tambahan meliputi peta wilayah, informasi kependudukan, serta data mengenai kapasitas listrik. Variabel yang diamati mencakup volume penggunaan LPG, minyak tanah, serta konsumsi daya listrik rumah tangga. Proses estimasi total emisi CO₂ dilakukan dengan memakai metode yang telah dikembangkan oleh IPCC pada tahun 2006. Berdasarkan hasil estimasi tersebut, total emisi karbon dioksida yang berasal dari aktivitas rumah tangga di wilayah Kelurahan Limbungan Baru mencapai 2.194,614 ton CO₂ setiap bulannya, di mana emisi CO₂ primer menyumbang sebesar 185,535 ton per bulan, sedangkan emisi CO₂ sekunder berkontribusi sebanyak 2.009,089 ton per bulan.</p>

No	Judul Penelitian	Peneliti	Hasil Penelitian
3	Kajian Emisi Gas Rumah Kaca (CO ₂ , CH ₄ , Dan N ₂ O) Akibat Aktivitas Kendaraan (Studi Kasus Area Sukun Dan Terminal Terboyo)	Riska Andrina Lina, Endro Sutrisno, Haryono Setiyo Huboyo. (2018)	<p>Peningkatan jumlah kendaraan bermotor turut memberikan kontribusi terhadap kenaikan emisi gas rumah kaca, seperti CO₂, CH₄, dan N₂O. Guna mengetahui seberapa besar beban emisi yang ditimbulkan oleh masing-masing jenis kendaraan berdasarkan tingkat konsumsi bahan bakar minyak, dilakukan analisis terhadap sumber emisi gas rumah kaca. Studi ini dilaksanakan di dua area, yaitu wilayah Sukun dan Terminal Terboyo, yang keduanya dikenal memiliki intensitas aktivitas transportasi massal yang sangat tinggi. Estimasi emisi dari kendaraan yang sedang beroperasi dihitung menggunakan metode Tier 2. Di wilayah Sukun, jenis kendaraan yang menyumbang emisi tertinggi adalah bus besar, dengan total emisi setara CO₂ mencapai 2,08 ton per tahun. Sementara itu, di Terminal Terboyo, bus sedang mencatatkan emisi terbesar, yakni 347,97 ton CO₂-eq per tahun berdasarkan perhitungan langsung, dan berdasarkan data dari Dinas Perhubungan, total emisi mencapai 382,72 ton CO₂-eq per tahun. Saat kendaraan berada dalam kondisi menunggu, bus besar kembali menjadi penyumbang emisi tertinggi di Area Sukun, dengan total emisi sebesar 43,53 ton CO₂-eq per tahun. lalu itu, di Terminal Terboyo, bus besar juga menjadi sumber utama emisi, dengan total emisi sebesar 196,56 ton CO₂-eq per tahun berdasarkan</p>

No	Judul Penelitian	Peneliti	Hasil Penelitian
			hasil perhitungan langsung, dan 206,50 ton CO ₂ -eq per tahun menurut data dari Dinas Perhubungan.
4	Emisi CO ₂ Kendara Bermotor Kawasan Alun - Alun Kota Batu	Dita Nia Ambarsari, Kartika Eka Sari, Chairul Maulidi. (2019)	<p>Alun-alun Kota Batu adalah sebuah ruang terbuka publik yang berfungsi ganda, yakni sebagai area rekreasi serta sebagai simbol penting dan titik pusat di wilayah Kota Batu. Sebagai pusat aktivitas masyarakat, kawasan ini menarik banyak pengunjung, yang berdampak pada peningkatan jumlah kendaraan yang melewati area tersebut.</p> <p>Jumlah kendaraan yang terus meningkat ini menyebabkan konsumsi bahan bakar menjadi lebih tinggi, yang pada gilirannya dapat memperbesar volume gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan-kendaraan tersebut. Karena hal tersebut, dibutuhkan sebuah kajian mengenai jejak energi yang muncul akibat aktivitas transportasi di kawasan sekitar Alun-alun Kota Batu. Area ini berada di tengah-tengah empat ruas jalan utama, yaitu Jalan Diponegoro, Jalan Gajah Mada, Jalan Sudiro, serta Jalan Munif.</p>

No	Judul Penelitian	Peneliti	Hasil Penelitian
			<p>Dalam penelitian ini, digunakan pendekatan berupa analisis jejak ekologis energi dengan variabel utama yang mencakup panjang jalan dan jumlah kendaraan yang melintasi area tersebut selama satu tahun penuh. Fokus utama dari penelitian ini adalah menghitung total emisi CO₂ yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar, dengan perhitungan yang mengacu pada faktor emisi masing-masing jenis bahan bakar. Berdasarkan hasil penghitungan, total emisi CO₂ yang dihasilkan di kawasan Alun-alun Kota Batu mencapai angka 729,37 ton per tahun, yang berasal dari konsumsi bahan bakar sebanyak 311.531,05 liter dalam kurun waktu satu tahun. Emisi terbesar terdapat di Jalan Gajah Mada, yang berkontribusi sebesar 44,69%. Alat transportasi yang menyumbang emisi CO₂ paling tinggi adalah motor atau kendaraan bermotor roda dua, yang menyumbang 49% dari total emisi CO₂, diikuti oleh kendaraan roda empat yang menghasilkan 40% dari total emisi CO₂.</p>

No	Judul Penelitian	Peneliti	Hasil Penelitian
5	Analisis Emisi Gas Rumah Kaca Dari Sektor Transportasi Umum Di Terminal Tidar	Muhammad Faiq Purnama (2024)	<p>Kajian mendalam mengenai emisi gas rumah kaca akibat pemakaian bahan bakar minyak di Terminal Tidar Yogyakarta dilakukan guna memberikan pemahaman yang lebih luas terkait dampak lingkungan dari aktivitas tersebut. Studi ini dimaksudkan untuk menghitung total emisi CO₂-eq, dengan tujuan agar hasilnya dapat menjadi pijakan dalam penyusunan kebijakan yang ramah lingkungan guna menurunkan emisi gas rumah kaca dalam operasional transportasi publik. Prosedur perhitungan emisi karbon mengikuti ketentuan yang tercantum dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 73 Tahun 2017 tentang Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, serta mengacu pada pedoman resmi yang dikeluarkan oleh IPCC (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>). Dari hasil estimasi yang telah dilakukan, ditemukan bahwa jumlah emisi mengalami perubahan yang berbeda setiap tahunnya. Di tahun 2021, total emisi CO₂-eq yang tercatat sebesar 6.564,33 ton, kemudian mengalami peningkatan menjadi 8.388,25 ton pada 2022, dan naik kembali menjadi 8.667,17 ton CO₂-eq pada tahun 2023. Temuan dari studi ini menarik kesimpulan bahwasannya emisi gas rumah kaca yang bersumber dari kegiatan adanya transportasi di Terminal Tidar mencapai sekitar 294,7 ton CO₂-eq</p>

No	Judul Penelitian	Peneliti	Hasil Penelitian
			<p>setiap bulannya, atau sekitar 2.669,4 ton per tahun.</p> <p>Sektor transportasi umum yang mendominasi kontribusi terhadap emisi ini berasal dari Bus AKAP sebesar 59%, disusul oleh Bus Perkotaan sebanyak 32%, dan Bus AKDP sebesar 9%.</p>

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

3.1.1 Tempat Penelitian

Area Terminal Bus Tidar yang berlokasi di Jl. Bypass Soekarno-Hatta, Magelang, Jawa Tengah yang menjadi lokasi kajian ini. Terminal ini memiliki luas 2.200 m² dan termasuk dalam kategori terminal tipe A yang dikelola langsung oleh Dinas Perhubungan Kota Magelang. Penetapan Terminal Tidar Magelang sebagai lokasi utama dalam pelaksanaan penelitian ini dilandaskan pada besarnya potensi timbulan Emisi GRK yang dihasilkan akibat konsumsi BBM yang berlangsung secara intensif setiap harinya. Gas Rumah Kaca dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar yang dilakukan oleh bus-bus yang beroperasi di terminal tersebut, karena dalam proses pembakaran BBM tersebut, terdapat pelepasan sejumlah gas pencemar seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan nitrogen dioksida (N₂O), yang secara nyata bisa berdampak pada menurunnya kualitas udara di lingkungan sekitar terminal.

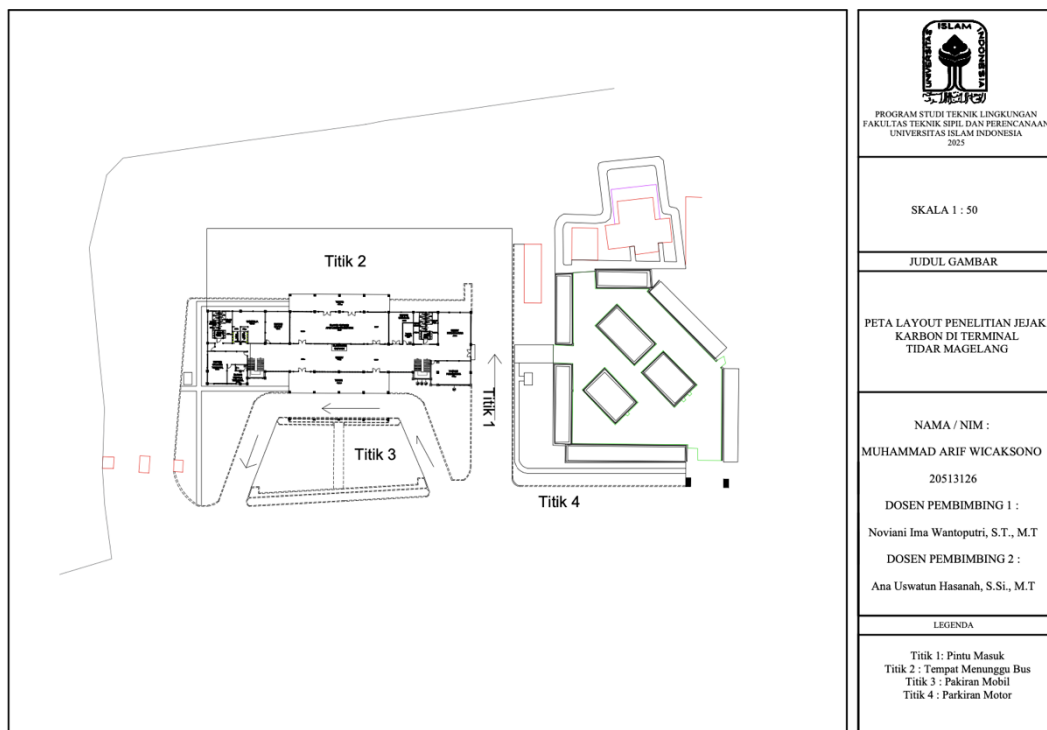
Penelitian yang dilakukan di lokasi ini sangat penting untuk memperoleh gambaran yang mendalam dan terperinci terkait besaran total emisi CO₂-eq yang timbul sebagai akibat langsung dari proses pembakaran bahan bakar, serta sejauh mana kontribusi dari setiap jenis bahan bakar dan kategori kendaraan dalam menyumbang terhadap timbulan emisi tersebut.

Pengamatan Emisi Gas Rumah Kaca dilakukan di lima area utama, yakni meliputi kawasan tempat parkir untuk bus, bagian gerbang atau pintu masuk utama terminal, serta lokasi parkir yang diperuntukkan bagi kendaraan pribadi di lingkungan terminal. Titik pertama terletak di area pintu masuk terminal, Titik kedua berada di area pemberhentian atau parkir bus besar serta tempat naik-turun penumpang, Titik ketiga berada di area parkir mobil pribadi, dan Titik keempat terletak di area parkir motor pribadi. Penentuan lokasi titik pemantauan ini

dilandaskan pada tingginya frekuensi kendaraan yang melakukan pemberhentian, baik dalam kondisi mesin yang masih menyala maupun dalam keadaan mati, serta adanya aktivitas berhenti dan berjalan kembali (*stop-and-go*) yang memiliki potensi signifikan berkontribusi terhadap pengeluaran emisi gas rumah kaca dalam kadar yang tergolong cukup besar. Penelitian ini lebih difokuskan pada area pemberhentian bus di Terminal Tidar, dengan lokasi penelitian Gambar 3.1 yang telah tertera berikut ini. Gambar tersebut juga menggambarkan secara jelas rincian area penelitian yang berada di Terminal Tidar Magelang.

Keterangan Gambar 3.1:

- Titik 1 : Pintu Masuk Terminal
- Titik 2 : Area Pemberhentian Bus
- Titik 3 : Area Parkir Mobil
- Titik 4 : Area Parkir Motor



Gambar 3.1 Peta Area Terminal Tidar Magelang

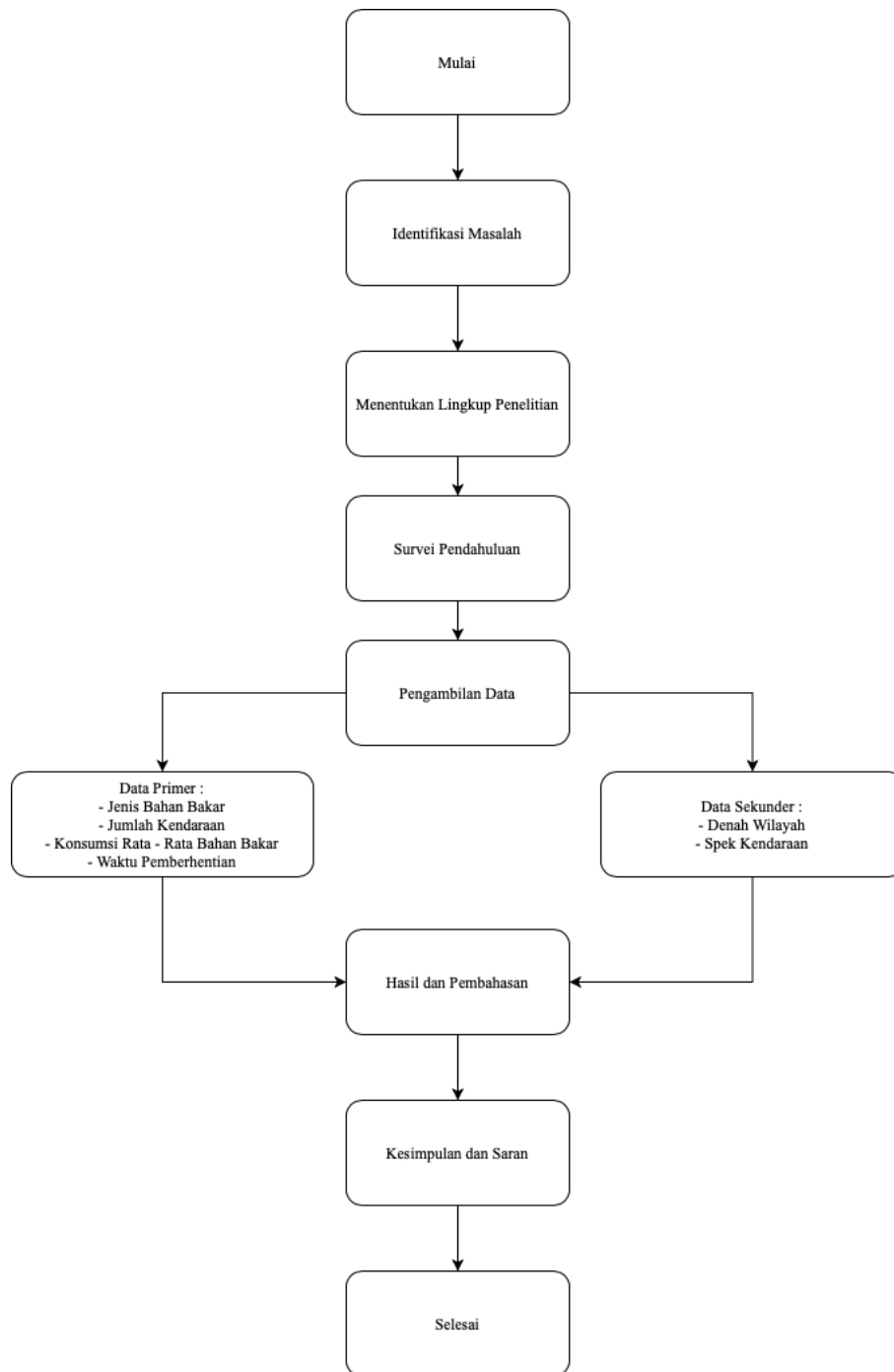
Sumber : Dishub Kota Magelang

3.1.2 Waktu Penelitian

Studi ini akan dilaksanakan secara menyeluruh pada Februari 2024, dengan proses pengumpulan data primer dan sekunder yang berlangsung selama lima hari secara berturut-turut. Di hari pertama pengambilan data akan diambil atau dimulai, yang jatuh pada Kamis, 20 Februari 2025, diikuti dengan hari kedua pada Jumat, 21 Februari 2025, hari ketiga pada Sabtu, 22 Februari 2025, hari keempat pada Minggu, 23 Februari 2025, dan hari terakhir pada Selasa, 25 Februari 2025. Setelah pengumpulan data selesai, proses pengolahan dan analisis data hasil penelitian akan dilakukan pada bulan Maret 2025. Tahapan pengumpulan data mengenai Emisi Gas Rumah Kaca ini melibatkan pencatatan terhadap emisi dari berbagai jenis gas, seperti karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), serta dinitrogen oksida (N_2O), yang seluruhnya berasal dari kegiatan pemakaian bahan bakar minyak di sektor transportasi. Untuk waktu pengambilan data mengikuti jam operasional Terminal Tidar Magelang yakni pukul 09.00 hingga 18.00.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Penentuan mengenai tahap-tahap diagram alir untuk penelitiannya ini memiliki tujuan sebagai penggambaran proses yang akan dilaksanakan selama proses penelitian ini berlangsung. Tahap pertama pada proses penelitian ini yakni, perumusan masalah, menentukan tujuan dan lingkup penelitian, mencari kajian pustaka, pengambilan data penelitian, kemudian proses yang terakhir yakni analisis data dan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil yang didapat. Adapun tahapan proses penelitian ini dalam bentuk bagan alir dijelaskan Gambar 3.2 yang telah berikut.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Metode Pengumpulan Data

Data utama pada studi ini akan didapatkan melalui sumber data primer maupun sekunder. Pengambilan data dilakukan di Terminal Tidar Magelang dengan menggunakan metode berupa observasi secara langsung serta wawancara yang akan dilaksanakan langsung di lokasi yang telah menjadi tempat penelitian ini.

3.3.1 Data Primer

Observasi lapangan, pemantauan langsung, serta sesi wawancara di lokasi studi merupakan langkah-langkah dari proses untuk pengakumulasian data primer pada studi ini. Pemantauan dilakukan disaat kendaraan sedang bergerak dan disaat kendaraan sedang berhenti (*idle*). Wawancara dapat dilakukan dengan menanyakan kapasitas/jenis kendaraan yang digunakan serta konsumsi bahan bakar. Penentuan jumlah sampel bus yang akan dianalisis dilakukan dengan memanfaatkan rumus Slovin sebagai metode perhitungan dalam menetapkan ukuran sampel yang diperlukan.

- Rumus Metode Slovin

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2}$$

Ket :

n = Ukuran Sampel
N = Ukuran Populasi
e = Tingkat Error

Table 3.1 Sumber Data Primer

Aktivitas	Jenis Data	Sumber Data
Pembakaran Bahan Bakar	<ul style="list-style-type: none"> - Jenis Bahan Bakar - Jumlah Penggunaan Bahan Bakar - Waktu Kendaraan Berhenti (<i>idle</i>) dalam menit Jangkauan rata-rata bus 	<ul style="list-style-type: none"> - Observasi - Wawancara

a. Observasi

Observasi dilakukan dengan mengamati aktivitas kendaraan di Terminal Tidar. Observasi dilakukan selama waktu weekend yakni pada hari Jumat hingga Minggu karena aktivitas di terminal pada waktu weekend tergolong padat oleh pengunjung dan bus yang akan melakukan penjemputan penumpang.

b. Wawancara

Wawancara dilakukan pada hari jumat sampai minggu dengan mendata bahan bakar yang dipakai dan rata-rata penggunaan bahan bakar bus dengan mewawancarai supir dan kernet bus di area Terminal Tidar. Alasan mengambil pada waktu weekend dikarenakan pada hari libur merupakan hari padat lalu lintas.

3.3.2 Data Sekunder

Dalam studi *Carbon Footprint* ini, data sekunder adalah informasi yang melengkapi dan memvalidasi data utama yang akan disajikan berikut ini.

1. Peta wilayah studi Terminal Tidar, Magelang.
2. Informasi kategorisasi kendaraan di terminal, serta data jadwal kedatangan dan keberangkatan.

3. Pengelola terminal menyediakan jumlah kendaraan bus yang tiba di terminal.

Table 3.2 Sumber Data Sekunder

Aktivitas	Jenis Data	Sumber Data
Pembakaran Bahan Bakar	- Klasifikasi Jenis Kendaraan - Jumlah Kendaraan Bus	- IPCC 2019 - KLH 2012 - Dinas Perhubungan Kota Magelang

Pada pengambilan data sekunder perlu dilakukan dokumentasi yang bertujuan untuk mendapatkan data klasifikasi jenis kendaraan. Pada dokumentasi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan data jumlah kendaraan bus. Data tersebut didapatkan dari Dinas Perhubungan yang ada di area Terminal Tidar, Magelang.

A. Metode pengambilan data sekunder

Unit Pelaksana Teknis Terminal Tidar, Dinas Perhubungan Kota Magelang, memberikan informasi yang didokumentasikan sebagai bagian dari prosedur pengumpulan data sekunder. Dokumentasi ini meliputi klasifikasi dari jenis kendaraan bus dan jumlah bus yang masuk di area Terminal Tidar Magelang. Wawancara langsung ini dilakukan selama 4hari yakni hari Sabtu, Minggu, Senin, dan Selasa.

3.4 Metode Analisis Data

Langkah selanjutnya dari studi ini, setelah data dikumpulkan, adalah menganalisis data yang ada hingga menghasilkan kesimpulan akhir. Informasi yang diperoleh dari aktivitas utama akan diolah menggunakan pendekatan Scope 3 dari GHG Protocol (*The Greenhouse Gas Protocol*) untuk menghitung serta mengelompokkan jumlah emisi karbon. Proses perhitungan ini memakai metode dari IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), yang telah menjadi acuan global dalam penghitungan emisi karbon dan telah diimplementasikan oleh

negara-negara yang menjadi bagian dari UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*).

3.4.1 Metode Perhitungan Gas Rumah Kaca Dari Kegiatan Transportasi

Pada studi ini, perhitungan total emisi karbon dilakukan dengan mengacu pada standar yang ditetapkan oleh IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), serta mematuhi ketentuan yang tercantum dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No. 73 Tahun 2017 tentang Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional yang bertujuan untuk memastikan bahwa proses perhitungan emisi karbon dilakukan dengan cara yang akurat dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Jumlah konsumsi bahan bakar serta total emisi karbon yang dihasilkan dihitung menggunakan sejumlah formula berbasis faktor emisi, yakni seperti yang telah tertera berikut ini:

Table 3.3 Faktor Emisi Bahan Bakar

Faktor Emisi Sektor Transfortasi					
Jenis Bahan Bakar	CO ₂		CH ₄	N ₂ O	Nilai Kalor (NCV)
	Kg CO ₂ /TJ		Kg CH ₄ /TJ	Kg N ₂ O/TJ	TJ/L
	Tier 1 (IPCC 2019)	Tier 2 (ESDM, Lemigas)	Tier 1 (IPCC 2019)	Tier 1 (IPCC 2019)	KLH 2012
Bensin RON 90/92 Peralite/Pertamax	69300	72600	33	3,2	33 x 10 ⁻⁶
Minyak Solar CN 48	74100	74433	3,9	3,9	36 x 10 ⁻⁶

Source : IPCC Guidelines 2019

- Perhitungan Emisi CO_{2-eq} dari Transportasi Darat (Bergerak)

Emisi (Kg/Thn) = Konsumsi Energi (TJ/Thn) x Faktor Emisi Kg/TJ

Konsumsi Energi(TJ) = Jumlah bahan bakar (L) x Nilai Kalor (TJ/L)

Konversi CO_{2-eq} = Emisi CH₄ atau N₂O x GWP Emisi

Sumber : PermenLHK No.73, (2017)

Table 3.4 Nilai GWP

NILAI <i>GLOBAL WARMING POTENTIAL</i>	
Gas Rumah Kaca	Nilai GWP
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265

Source: IPCC Guideline 2019

- Perhitungan Emisi CO₂ dari Transportasi Darat (*Idle*)

$$\text{Emisi } idle = Y \times Idle \text{ Time} \times Nb \times FE$$

Keterangan :

Emisi *Idle* = Emisi Pada Kondisi *Idle*/menunggu (ton/tahun)

Y = Konsumsi Bahan Bakar (L/Jam)

Idle Time = Waktu Tunggu (Jam)

Nb = Jumlah Kendaraan (unit)

FE bb = Faktor emisi bahan bakar (g/L)

X = Kapasitas Mesin (L)

Sumber : Taylor, 2003

3.4.2 Skenario Meminimalisir Jejak Karbon

Langkah kebijakan dan perubahan perilaku dimanfaatkan sebagai pendekatan alternatif dalam membentuk skenario pengurangan emisi gas rumah kaca. Laju peningkatan emisi gas rumah kaca diperkirakan terus bertambah sejalan dengan naiknya jumlah kendaraan umum dan volume emisi yang dihasilkan. Maka dari itu, perencanaan berbagai opsi pengurangan emisi yang dapat diterapkan di area Terminal Tidar Magelang menjadi sangat esensial.

Terdapat beberapa upaya dalam mengurangi emisi jejak karbon transportasi umum terdapat di Terminal Tidar Magelang yakni dengan waktu *idle* dapat dikurangi sekitar 5 sampai 10 menit untuk berada di area Terminal Tidar Magelang agar emisi jejak karbon yang dihasilkan dari kegiatan *idle*/menunggu berkurang. Hal tersebut dapat berdampak pada jumlah jejak karbon yang dihasilkan dari *idle*/menunggu dari transportasi umum. Karena itu, untuk menurunkan jumlah jejak karbon yang dihasilkan, diperlukan penerapan strategi yang efisien.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Terminal bus Tidar, yang dikategorikan sebagai terminal tipe A, berlokasi di pusat Kota Magelang. Terminal ini terletak di kawasan Tidar Utara, Kecamatan Magelang Selatan, tepatnya di sepanjang Jalan Soekarno-Hatta Imogiri, Kota Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan data dari UPT Terminal Tidar tahun 2024, Terminal tersebut mempunyai luas 2,2 hektar, dengan jumlah penumpang kedatangan pada tahun 2024 sebanyak 872.875 orang dan penumpang keberangkatan sebanyak 952.162 orang. Melayani rute bus Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) dan Antar Kota Antar Provinsi (AKAP), Terminal Tidar sebagai pusat layanan transportasi yang melaksanakan aktivitasnya. Oleh karena itu, terminal ini memiliki sejumlah fasilitas utama dan fasilitas pendukung yang lengkap. Sarana yang paling utama ini tersedia di kawasan terminal, mencakup area ruang tunggu khusus bagi penumpang, lahan parkir untuk kendaraan, serta fasilitas yang diperuntukkan bagi pengelolaan lingkungan di sekitar terminal. Fasilitas penunjang yang ada di Terminal Tidar yakni mushola, tempat penginapan, kios dan kantin makanan serta alat pemadam kebakaran.

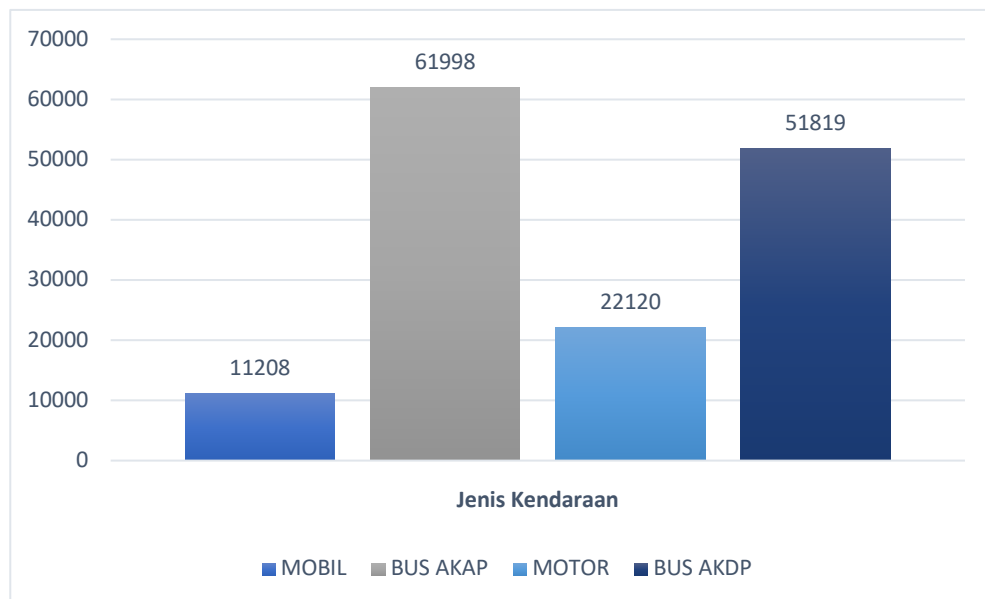
4.2 Hasil Perhitungan Pemakaian Bahan Bakar Transportasi

Berbagai aktivitas manusia dan organisasi yang menghasilkan gas buang berupa CO_{2-eq} ini adalah sumber emisi gas rumah kaca. Menurut studi ini, konsumsi bahan bakar sektor transportasi dengan penekanan khusus pada operasi transportasi yang dilakukan di Terminal Tidar Magelang merupakan sumber utama emisi gas rumah kaca. CO_{2-eq} tercipta karena pembakaran bahan bakar oleh kendaraan seperti motor, mobil, dan bus di Terminal tersebut. Tingkat CO_{2-eq} cenderung meningkat seiring dengan peningkatan jumlah moda transportasi yang menggunakan Terminal

Tidar Magelang. Diperlukan informasi berikut ini agar dapat mengetahui emisi gas rumah kaca dari bus terminal.

4.2.1 Total Transportasi di Terminal Tidar

Grafik dibawah ini merupakan jumlah transportasi di Terminal Tidar yang didapat dari Dinas Perhubungan kota Magelang dalam kurun waktu 1 tahun yakni tahun 2024. Data jumlah transportasi umum di Terminal Tidar ada pada Gambar 4.1 sebagaimana yang telah tertera dibawah:



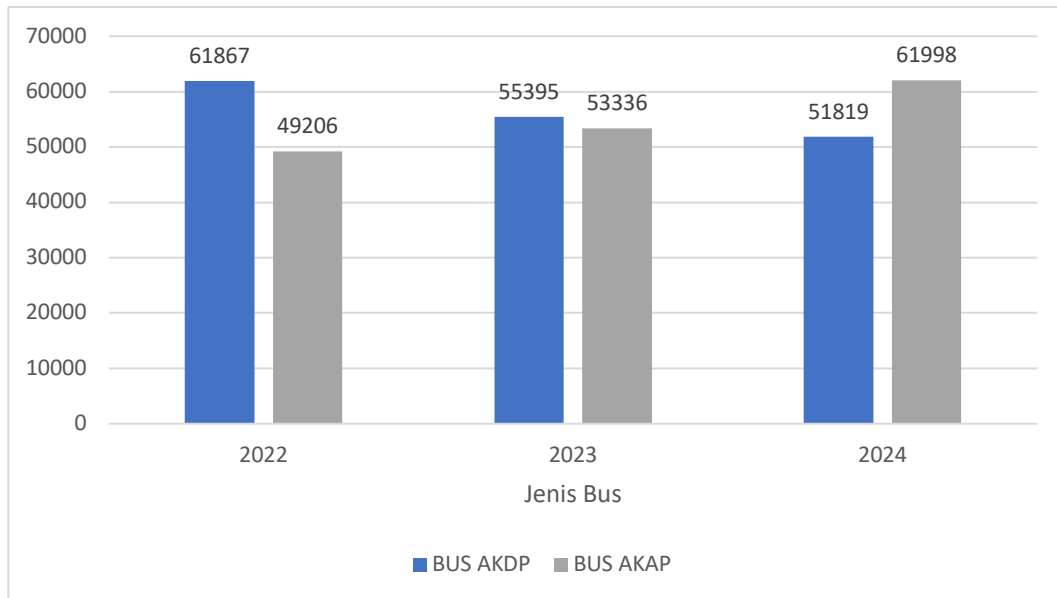
Gambar 4.1 Grafik Jumlah Transportasi 2024

Yang telah tertera diatas ini adalah gambar 4.1 dan dapat dilihat data dari jumlah transportasi di Terminal Tidar yang menunjukkan jumlah kendaraan pada tahun 2024 di terminal Tidar Magelang. Bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP) menjadi penyumbang kendaraan terbesar di Terminal Tidar Magelang.

4.2.2 Total Transportasi Bus di Terminal Tidar

Dinas Perhubungan Kota Magelang menyediakan grafik berikut ini, yang menunjukkan jumlah pilihan angkutan umum di Terminal Tidar selama tiga tahun, yaitu tahun 2022, 2023, dan 2024. Gambar 4.2 di bawah ini menunjukkan jumlah

pilihan angkutan umum yang tersedia di Terminal Tidar.

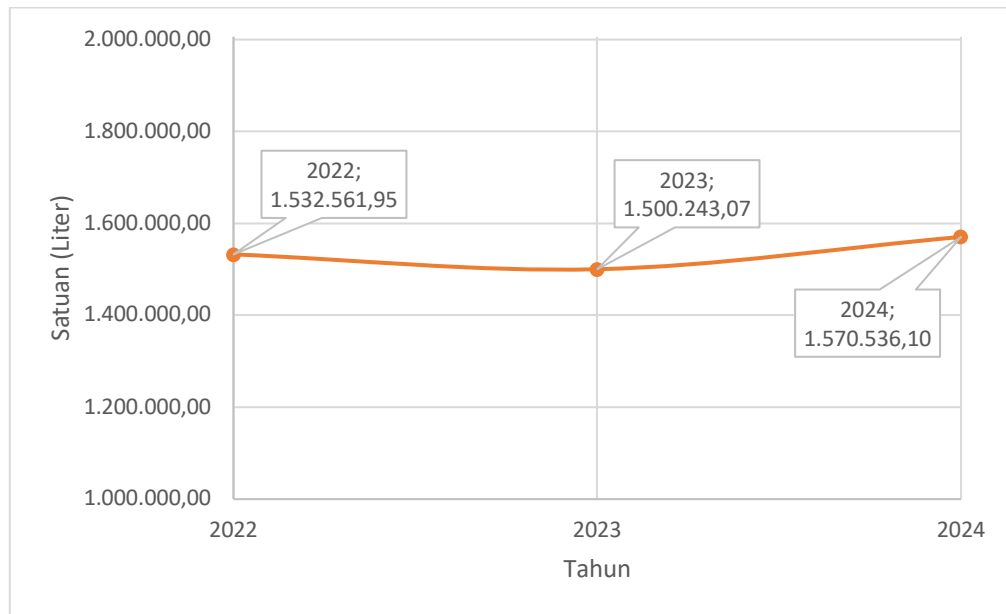


Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Transportasi Umum 3 Tahun

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Gambar 4.2 mengenai jumlah kendaraan transportasi umum di Terminal Tidar, terlihat adanya tren kenaikan pada tahun 2022 - 2023 dikarenakan sebagian wilayah besar mulai pulih dari karantina pandemic COVID-19. Pada tahun 2023 – 2024 terjadi kenaikan yang disebabkan Liburan Natal dan tahun baru yang menghasilkan kenaikan angka pada awal tahun.

4.2.3 Total Pemakaian Bahan Bakar Transportasi Umum

Berikut adalah data dari jumlah total pemakaian bahan bakar minyak transportasi umum di Terminal Tidar selama 3 tahun yakni tahun 2022 - 2024. Secara umum, kendaraan transportasi umum yang berupa bus biasanya dilengkapi dengan mesin diesel yang menggunakan jenis bahan bakar Solar CN 48. Jumlah pemakaian bahan bakar pada bus tersebut dapat mengalami peningkatan atau penurunan, hal ini dipengaruhi oleh fluktuasi volume transportasi yang ada dan jumlah perjalanan yang dilakukan. Berikut merupakan grafik dari pemakaian BBM jenis Solar CN 48 pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Konsumsi BBM 3 Tahun

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat penurunan jumlah total pemakaian bahan bakar minyak pada bus AKAP dan AKDP di tahun 2023 dan kemudian mengalami kenaikan jumlah total pemakaian bahan bakar minyak di tahun 2024.

4.2.4 Total Konsumsi Energi Transportasi Umum

Berikut adalah contoh dari perhitungan jumlah konsumsi energi pada kendaraan di area Terminal Tidar Magelang menggunakan dua metode yakni IPCC dan ESDM seperti yang telah tertera berikut ini:

Diketahui:

Data Tahun 2022

- a. Penggunaan BBM AKDP : 853.584 L/tahun
- b. Nilai Kalor BBM Solar (CN 48) KLH : 36×10^{-6} TJ/L

- Konsumsi energi Bus AKDP

$$= \text{Jumlah bahan bakar (L)} \times \text{Nilai kalor (KLH,2012)}$$

$$= 853.584 \text{ L} \times 36 \times 10^{-6} \text{ (TJ/L)}$$

$$= 30.72 \text{ TJ/tahun}$$

Table 4.1 Pemakaian BBM dan Konsumsi Energi 2022

Jenis Kendaraan	Pemakaian BBM (Liter)	Nilai Kalor (NCV)	Konsumsi Energi (Tj/Tahun)
Bus AKDP	853.584	0.000036	30.7
Bus AKAP	678.977	0.000036	24.44

Data Tahun 2023

- a. Penggunaan BBM Bus AKDP : 764.276 L/tahun
 - b. Nilai Kalor BBM Solar (CN 48) KLH : 36×10^{-6} TJ/L
- Konsumsi energi Bus AKDP
 = Jumlah bahan bakar (L) x Nilai kalor (KLH,2021)
 = $764.276 \text{ L} \times 36 \times 10^{-6} \text{ (TJ/L)}$
 = 27.51 TJ/tahun

Table 4.2 Pemakaian BBM dan Konsumsi Energi 2023

Jenis Kendaraan	Pemakaian BBM (Liter)	Nilai Kalor (NCV)	Konsumsi Energi (Tj/Tahun)
Bus AKDP	764.276	0.000036	27.51
Bus AKAP	735.967	0.000036	26.49

Data Tahun 2024

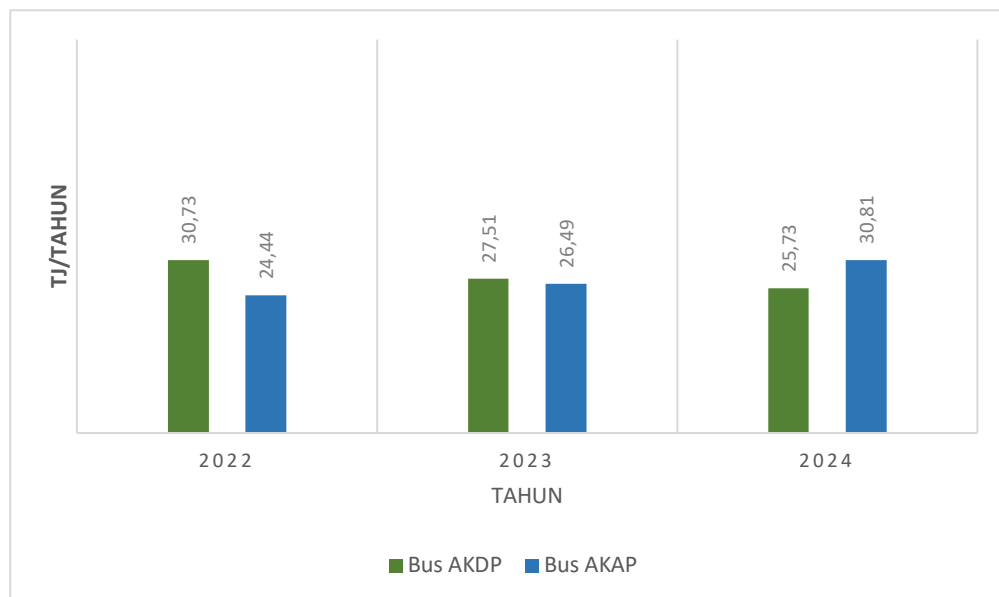
- a. Penggunaan BBM Bus AKDP : 714.785 L/tahun
 - b. Nilai Kalor BBM Solar (CN 48) KLH : 36×10^{-6} TJ/L
- Konsumsi energi Bus AKDP
 = Jumlah bahan bakar (L) x Nilai kalor (KLH,2021)

$$= 714.785 \text{ L} \times 36 \times 10^{-6} \text{ (TJ/L)}$$

$$= 25.73 \text{ TJ/tahun}$$

Table 4.3 Pemakaian BBM dan Konsumsi Energi 2024

Jenis Kendaraan	Pemakaian BBM (Liter)	Nilai Kalor (NCV)	Konsumsi Energi (Tj/Tahun)
Bus AKDP	714.785	0.000036	25.73
Bus AKAP	855.750	0.000036	30.80



Gambar 4.4 Diagram Konsumsi Energi

Berlandaskan pada diagram di Gambar 4.4 merupakan hasil perhitungan konsumsi energi memakai pendekatan dari *Intergovernmental Panel Climate Change (IPCC)* dengan penggunaan nilai kalor yang sudah ditetapkan oleh lembaga internasional sebesar 36×10^{-6} untuk jenis solar. Ada beberapa faktor dapat memengaruhi perbedaan hasil perhitungan antara kedua metode itu. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah perbedaan nilai kalor yang diterapkan oleh setiap metode yang digunakan, yang mengakibatkan perbedaan dalam nilai konsumsi energi bahan bakar yang dihasilkan.

4.3 Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Transportasi Umum

Emisi gas rumah kaca dapat terbentuk sebagai akibat dari proses pembakaran bahan bakar yang terjadi pada kendaraan, termasuk di antaranya transportasi umum yang beroperasi di kawasan Terminal Tidar. Selain faktor jenis bahan bakar, jumlah kendaraan yang beroperasi juga memiliki pengaruh besar terhadap tingkat emisi yang dihasilkan. Selain itu, pilihan bahan bakar dan jenis moda transportasi juga berperan dalam memengaruhi estimasi emisi yang diperoleh.

4.3.1 Hasil Emisi Gas Rumah Kaca Metode IPCC

4.3.1.1 Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKDP Metode IPCC

1) Hasil Emisi Gas Rumah Kaca Tahun 2022

Berikut ini adalah contoh perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan oleh Bus AKDP di kawasan Terminal Tidar Magelang, sebagaimana yang telah tercantum di bawah ini:

Dik :

- a. Penggunaan BBM : 853.584 L/tahun
- b. Nilai Kalor BBM (Solar CN 48) IPCC : 36×10^{-6} TJ/L
- c. Faktor Emisi CO₂ : 74100 kg/TJ
- d. Faktor Emisi CH₄ : 3,9 kg/TJ
- e. Faktor Emisi N₂O : 3,9 kg/TJ
- f. Nilai GWP (CO₂-eq) CO₂ : 1
- g. Nilai GWP (CO₂-eq) CH₄ : 28
- h. Nilai GWP (CO₂-eq) N₂O : 265

Maka dari itu,

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi energi} &= \text{Jumlah bahan bakar (L)} \times \text{Nilai kalor} \\ &= 853.584 \times 36 \times 10^{-6} \text{ (TJ/L)} \\ &= 30,72 \text{ TJ/tahun}\end{aligned}$$

Perhitungan emisi CO_{2-eq}

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 30,72 \text{ TJ/tahun} \times 74.100 \text{ kg/TJ} \\ &= 1.906.761 \text{ kg/tahun} \\ &= 1.906,8 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}\end{aligned}$$

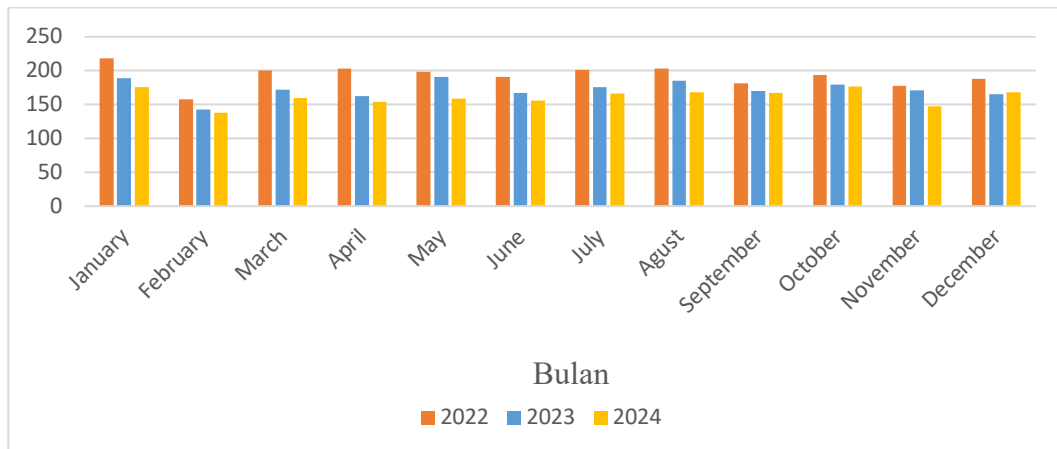
$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 30,72 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} \\ &= 120 \text{ kg/tahun} \\ &= 0,120 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konversi CO}_{2\text{-eq}} &= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP} \\ &= 0,120 \times 28 \\ &= 3,35 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}/\text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 30,72 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} \\ &= 120 \text{ kg/tahun} \\ &= 0,120 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konversi CO}_{2\text{-eq}} &= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP} \\ &= 0,120 \times 265 \\ &= 31,75 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}/\text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Emisi CO}_{2\text{-eq}} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 (\text{CO}_{2\text{-eq}}) + \text{Emisi N}_2\text{O} \\ (\text{CO}_{2\text{-eq}}) & \\ &= 1.906,8 + 3,356 + 31,75 \\ &= 2.312,1 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}/\text{tahun}\end{aligned}$$



Gambar 4.5 Emisi Gas Rumah Kaca Bulanan Bus AKDP 2022-2024 IPCC

Berdasarkan Gambar 4.5, yang menampilkan total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh bus Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) bertenaga diesel pada tahun 2022, menunjukkan bahwa bulan Januari memiliki emisi terbesar, yaitu 218,15 ton CO₂-eq setiap bulannya.

4.3.1.2 Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKAP Metode IPCC

1) Hasil Emisi Gas Rumah Kaca Tahun 2022

Berikut ini disajikan contoh perhitungan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh Bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP) yang beroperasi di sekitar Terminal Tidar Magelang, sebagaimana yang tercantum di bawah ini:

Dik :

- a. Penggunaan BBM : 678.977 L/tahun
- b. Nilai Kalor BBM (Solar CN 48) IPCC : 36×10^{-6} TJ/L
- c. Faktor Emisi CO₂ : 74100 kg/TJ
- d. Faktor Emisi CH₄ : 3,9 kg/TJ
- e. Faktor Emisi N₂O : 3,9 kg/TJ
- f. Nilai GWP (CO₂-eq) CO₂ : 1
- g. Nilai GWP (CO₂-eq) CH₄ : 28
- h. Nilai GWP (CO₂-eq) N₂O : 265

Maka dari itu,

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi energi} &= \text{Jumlah bahan bakar (L)} \times \text{Nilai kalor} \\ &= 678.977 \times 36 \times 10^{-6} \text{ (TJ/L)} \\ &= 24,44 \text{ TJ/tahun}\end{aligned}$$

Perhitungan emisi CO_{2-eq}

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 24,44 \text{ TJ/tahun} \times 74.100 \text{ kg/TJ} \\ &= 1.811.239 \text{ kg/tahun} \\ &= 1.811,2 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}\end{aligned}$$

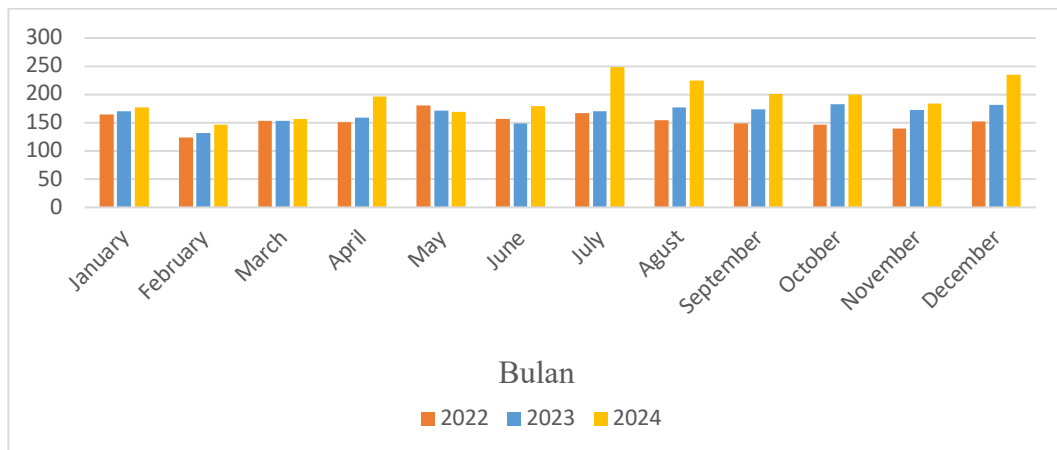
$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 24.44 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} \\ &= 90 \text{ kg/tahun} \\ &= 0,90 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konversi CO}_{2\text{-eq}} &= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP} \\ &= 0,90 \times 28 \\ &= 2,669 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}\text{/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 24,44 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} \\ &= 90 \text{ kg/tahun} \\ &= 0,90 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konversi CO}_{2\text{-eq}} &= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP} \\ &= 0,90 \times 265 \\ &= 25,26 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}\text{/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Emisi CO}_{2\text{-eq}} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 \text{ (CO}_{2\text{-eq}}) + \text{Emisi N}_2\text{O} \\ \text{(CO}_2\text{-eq)} &= 1.811,2 + 2,669 + 25,26 \\ &= 1.839,2 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}\text{/tahun}\end{aligned}$$



Gambar 4.6 Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKAP 2022-2024 IPCC

Menurut pada Gambar 4.6 yang telah tertera diatas ini, bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP) yang memanfaatkan bahan bakar solar menghasilkan emisi gas rumah kaca terbanyak pada bulan Mei tahun 2024, yaitu sebesar 180,48 ton CO₂-eq/bulan.

4.3.1.3 Emisi Gas Rumah Kaca Mobil Pribadi Metode IPCC

1. Hasil Emisi Gas Rumah Kaca Tahun 2024

Berikut ini adalah contoh perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan oleh kendaraan pribadi yang beroperasi di kawasan Terminal Tidar Magelang, sebagaimana yang tercantum di bawah ini:

Dik :

- a. Penggunaan BBM : 22.776 L/tahun
- b. Nilai Kalor BBM (Solar CN 48) IPCC : 36×10^{-6} TJ/L
- c. Faktor Emisi CO₂ : 74100 kg/TJ
- d. Faktor Emisi CH₄ : 3,9 kg/TJ
- e. Faktor Emisi N₂O : 3,9 kg/TJ
- f. Nilai GWP (CO₂-eq) CO₂ : 1
- g. Nilai GWP (CO₂-eq) CH₄ : 28
- h. Nilai GWP (CO₂-eq) N₂O : 265

Maka dari itu,

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi energi} &= \text{Jumlah bahan bakar (L)} \times \text{Nilai kalor} \\ &= 22.776 \times 36 \times 10^{-6} \text{ (TJ/L)} \\ &= 0,75 \text{ TJ/tahun}\end{aligned}$$

Perhitungan emisi CO_{2-eq}

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 0,75 \text{ TJ/tahun} \times 74.100 \text{ kg/TJ} \\ &= 52,087 \text{ kg/tahun} \\ &= 52,1 \text{ TonCO}_2/\text{tahun}\end{aligned}$$

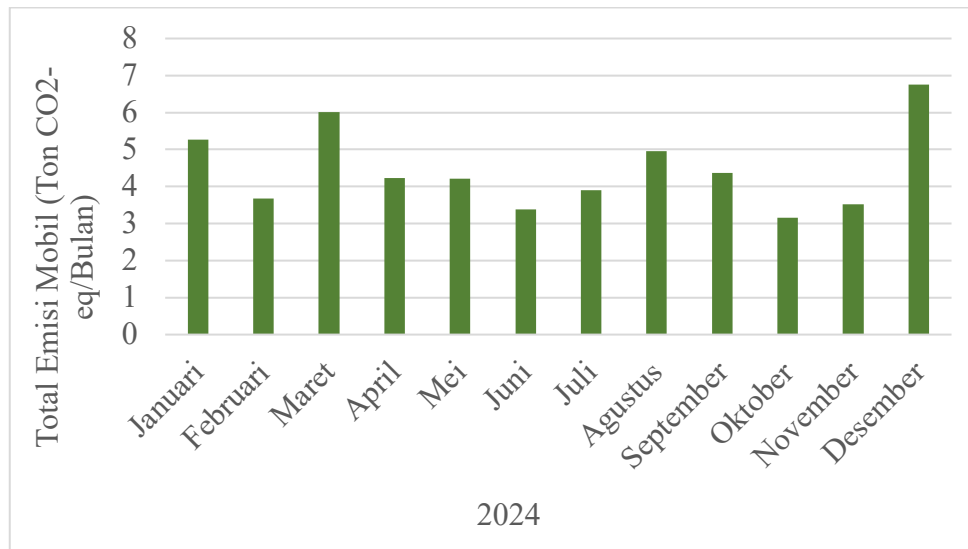
$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 0,75 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} \\ &= 20 \text{ kg/tahun} \\ &= 0,02 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konversi CO}_{2\text{-eq}} &= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP} \\ &= 0,02 \times 28 \\ &= 0,694 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}/\text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 0,75 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} \\ &= 2 \text{ kg/tahun} \\ &= 0,002 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konversi CO}_{2\text{-eq}} &= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP} \\ &= 0,002 \times 265 \\ &= 0,637 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}/\text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Emisi CO}_{2\text{-eq}} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 \text{ (CO}_{2\text{-eq}}) + \text{Emisi N}_2\text{O} \\ \text{(CO}_{2\text{-eq}}) &= 0,75 + 0,694 + 0,637 \\ &= 53,42 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}/\text{tahun}\end{aligned}$$



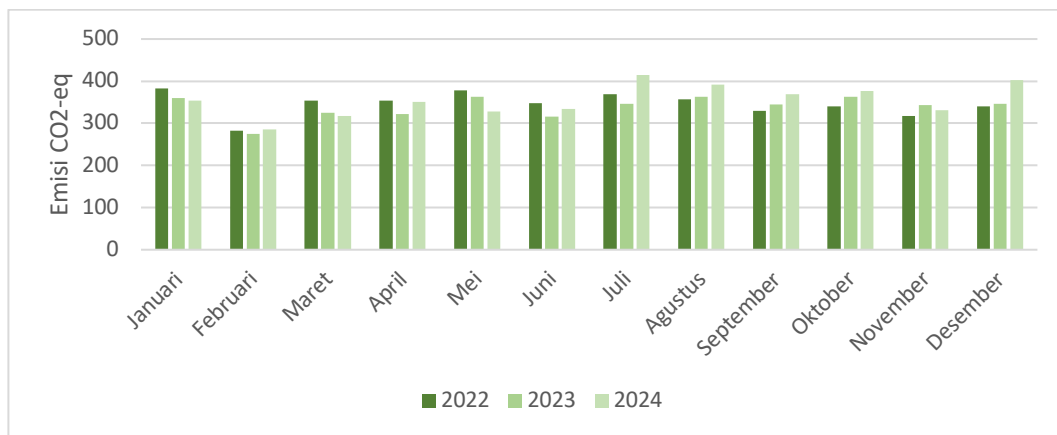
Gambar 4.7 Grafik Emisi Gas Rumah Kaca mobil pribadi 2024 IPCC

Dilihat dari Gambar 4.7 Pada bulan Desember 2024, total emisi GRK bulanan terbesar berasal dari kendaraan pribadi yang menggunakan bahan bakar bensin, dengan total 7 ton CO₂-eq.

4.3.1.4 Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Kendaraan Umum Metode IPCC

Pelepasan gas rumah kaca yang terjadi akibat pembakaran bahan bakar minyak di sektor transportasi merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan peningkatan emisi CO₂ di lingkungan. Selain karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) serta nitrogen dioksida (N₂O) juga dihasilkan selama pembakaran. Setelah itu, gas CH₄ dan N₂O diubah menjadi unit CO₂-eq sehingga dapat dimasukkan dalam perhitungan keseluruhan bersama dengan total emisi CO₂. Variasi dalam jumlah kendaraan, yang dapat naik atau turun dari waktu ke waktu, serta acara atau kegiatan tahunan tertentu yang mendorong mobilitas masyarakat yang tinggi ke suatu lokasi, faktor-faktor yang ada tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap jumlah kuantitas emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari berbagai kegiatan yang terkait langsung dengan sektor transportasi. Selain itu, tingginya tingkat emisi gas rumah kaca yang dihasilkan masih disebabkan oleh semakin meluasnya pemakaian bahan bakar fosil, yang terus menjadi sumber energi utama bagi masyarakat Indonesia. Berikut ini adalah perhitungan hasil emisi gas rumah

kaca sektor transportasi untuk periode tahun 2022-2024. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan selama tiga tahun terakhir, data yang disajikan merupakan kompilasi dari berbagai sumber emisi yang berasal dari setiap jenis transportasi, termasuk bus AKDP dan AKAP. Visualisasi dari total akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan oleh sektor transportasi dapat dilihat pada grafik yang ditampilkan dalam Gambar 4.12, sebagaimana yang tercantum di bawah ini.



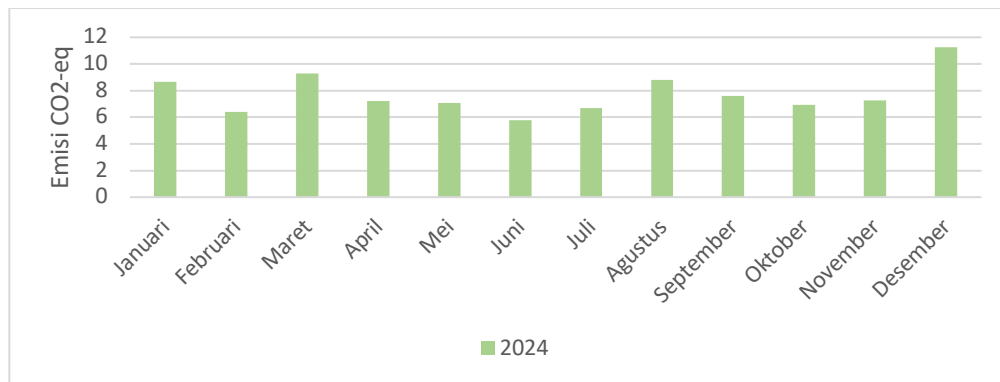
Gambar 4.8 Grafik Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Transportasi Umum IPCC 2022-2024

Metode *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), digunakan untuk mengukur emisi gas rumah kaca dari angkutan umum di Terminal Tidar Magelang setiap bulannya selama tiga tahun (2022-2024), seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.8. Berdasarkan hasil perhitungan, emisi yang dihasilkan bervariasi dari tahun ke tahun. Setelah mengalami penurunan menjadi 4.063,76 ton/CO₂-eq pada tahun 2023 dan kemudian meningkat menjadi 4.254,17 ton/CO₂-eq pada tahun 2024, total emisi CO₂-eq yang dihasilkan pada tahun 2022 mencapai 4.151,31 ton/CO₂-eq. Fluktuasi ini menggambarkan dinamika aktivitas transportasi umum di terminal tersebut selama periode tiga tahun tersebut.

4.3.1.5 Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Kendaraan Pribadi Metode IPCC

Salah satu faktor utama yang menyebabkan terjadinya emisi CO₂ di lingkungan sekitar adalah pelepasan gas rumah kaca yang terjadi akibat proses pembakaran bahan bakar minyak di sektor transportasi yang sangat signifikan. Selain gas karbon dioksida CO₂, gas-gas lain yang juga turut dilepaskan selama

proses pembakaran tersebut antara lain adalah metana (CH₄) dan nitrogen oksida (N₂O) juga dilepaskan selama proses pembakaran tersebut. Gas-gas tersebut kemudian dikonversi ke dalam satuan CO₂-eq (ekuivalen CO₂) agar dapat diakumulasikan dengan emisi CO₂ utama dalam perhitungan. Berbagai faktor, termasuk fluktuasi jumlah kendaraan yang dapat meningkat atau menurun seiring berjalannya waktu, serta acara atau kegiatan tahunan yang melibatkan perpindahan massa orang ke suatu tempat, memengaruhi total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sektor transportasi. Tingginya tingkat emisi gas rumah kaca yang terjadi di Indonesia juga sangat dipengaruhi oleh ketergantungan yang cukup besar dari negara ini terhadap penggunaan bahan bakar fosil yang terus menjadi sumber energi utama yang dominan. Jumlah total emisi yang dihasilkan oleh kendaraan pribadi seperti mobil, sepeda motor, serta berbagai moda transportasi lainnya yang digunakan masyarakat selama periode satu tahun penuh, merupakan hasil dari perhitungan emisi yang dilakukan terhadap kendaraan pribadi pada tahun 2024. Visualisasi data yang terkait dengan total emisi gas rumah kaca yang berasal dari sektor transportasi pribadi dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 4.14 yang telah tertera di bawah ini.



Gambar 4.9 Grafik Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Kendaraan Pribadi 2024 IPCC

Pengukuran Emisi Gas Rumah Kaca kendaraan pribadi bulanan di Terminal Tidar Magelang selama 1 tahun yakni tahun 2024 yang ditunjukkan dalam Gambar 4.9, telah dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

Berlandaskan pada hasil perhitungan yang telah dilaksanakan secara

menyeluruh, diketahui bahwa selama tahun 2024 terjadi variasi atau fluktuasi jumlah emisi dari bulan ke bulan, dengan total keseluruhan emisi yang berhasil dicatat mencapai angka sebesar 92,9 ton CO_{2-eq} per tahun.

4.3.2 Hasil Emisi Gas Rumah Kaca Metode ESDM

4.3.2.1 Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKDP

1) Hasil Emisi Gas Rumah Kaca Tahun 2022

Ilustrasi perhitungan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh moda transportasi Bus Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) di area Terminal Tidar Magelang disajikan secara rinci pada bagian berikut ini:

Dik :

- a. Penggunaan BBM : 853.584 L/tahun
- b. Nilai Kalor BBM (Solar CN 48) IPCC : 36×10^{-6} TJ/L
- c. Faktor Emisi CO₂ : 74433 kg/TJ
- d. Faktor Emisi CH₄ : 3,9 kg/TJ
- e. Faktor Emisi N₂O : 3,9 kg/TJ
- f. Nilai GWP (CO_{2-eq}) CO₂ : 1
- g. Nilai GWP (CO_{2-eq}) CH₄ : 28
- h. Nilai GWP (CO_{2-eq}) N₂O : 265

Maka dari itu,

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi energi} &= \text{Jumlah bahan bakar (L)} \times \text{Nilai kalor} \\ &= 853.584 \times 36 \times 10^{-6} \text{ (TJ/L)} \\ &= 30,729 \text{ TJ/tahun}\end{aligned}$$

Perhitungan emisi CO_{2-eq}

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 30,729 \text{ TJ/tahun} \times 74.433 \text{ kg/TJ} \\ &= 2.287,256 \text{ kg/tahun}\end{aligned}$$

$$= 2.287,2 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

Emisi CH₄

$$= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi}$$

$$= 30,729 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ}$$

$$= 120 \text{ kg/tahun}$$

$$= 0,120 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

Konversi CO_{2-eq}

$$= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP}$$

$$= 0,120 \times 28$$

$$= 3,36 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}/\text{tahun}$$

Emisi N₂O

$$= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi}$$

$$= 30,729 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ}$$

$$= 120 \text{ kg/tahun}$$

$$= 0,120 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

Konversi CO_{2-eq}

$$= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP}$$

$$= 0,120 \times 265$$

$$= 31,76 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}/\text{tahun}$$

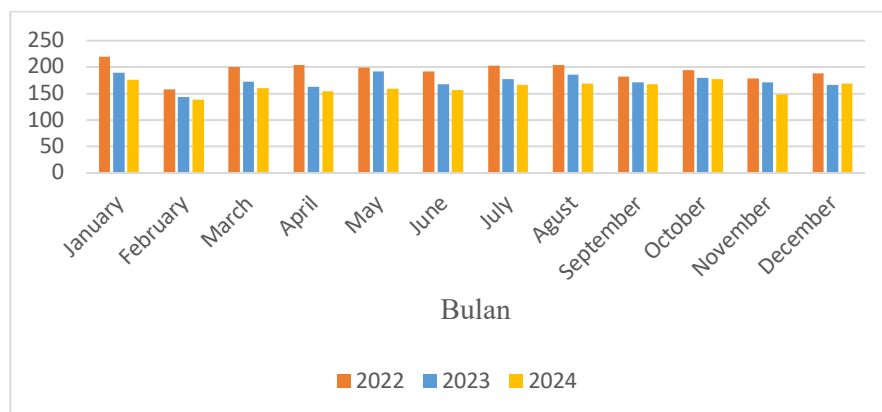
Total Emisi CO_{2-eq}

$$= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 \text{ (CO}_{2\text{-eq}}) + \text{Emisi N}_2\text{O}$$

(CO_{2-eq})

$$= 2.287,2 + 3,36 + 31,76$$

$$= 2.322,37 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}/\text{tahun}$$



Gambar 4.10 Grafik Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKDP 2022-2024 ESDM

Berdasarkan tampilan visual pada Gambar 4.10, jumlah total Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan oleh moda transportasi Bus Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) dengan pemakaian bahan bakar jenis solar pada tahun 2022 menunjukkan bahwa emisi paling tinggi terjadi pada bulan Januari, dengan jumlah emisi yang tercatat mencapai sebesar 219 ton CO₂-eq per bulan.

4.3.2.2 Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKAP

1) Hasil Emisi Gas Rumah Kaca Tahun 2022

Disajikan di bawah ini sebuah gambaran ilustratif yang menggambarkan secara rinci dan detail mengenai proses perhitungan jumlah emisi gas rumah kaca yang ditimbulkan oleh moda transportasi, khususnya Bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP), yang beroperasi di kawasan sekitar Terminal Tidar yang terletak di kota Magelang:

Dik :

- a. Penggunaan BBM : 678.977 L/tahun
- b. Nilai Kalor BBM (Solar CN 48) IPCC : 36×10^{-6} TJ/L
- c. Faktor Emisi CO₂ : 74433 kg/TJ
- d. Faktor Emisi CH₄ : 3,9 kg/TJ
- e. Faktor Emisi N₂O : 3,9 kg/TJ
- f. Nilai GWP (CO₂-eq) CO₂ : 1
- g. Nilai GWP (CO₂-eq) CH₄ : 28
- h. Nilai GWP (CO₂-eq) N₂O : 265

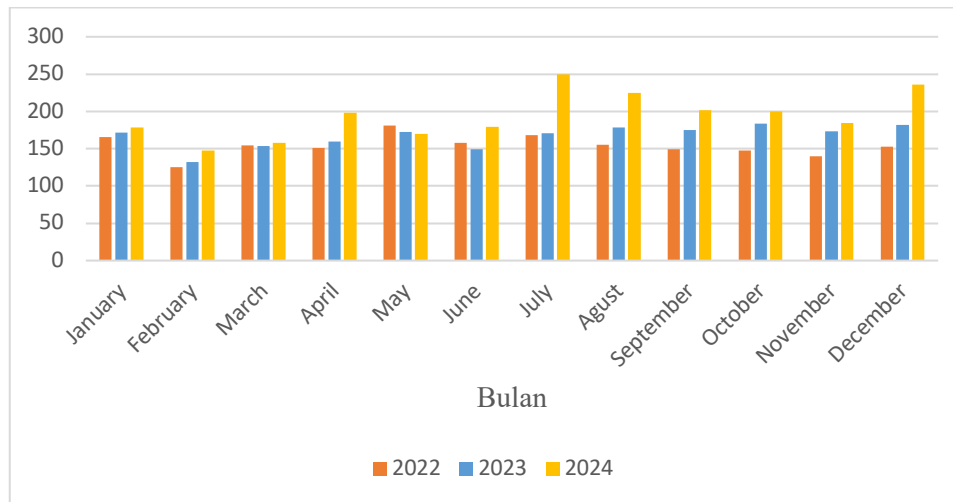
Maka dari itu,

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi} &= \text{Jumlah bahan bakar (L)} \times \text{Nilai kalor} \\ &= 678.977 \times 36 \times 10^{-6} \text{ (TJ/L)} \\ &= 24,44 \text{ TJ/tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan emisi CO₂-eq

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi}$$

$$\begin{aligned}
&= 24,44 \text{ TJ/tahun} \times 74.433 \text{ kg/TJ} \\
&= 1,819,379 \text{ kg/tahun} \\
&= 1,819 \text{ ton CO}_2\text{/tahun} \\
\text{Emisi CH}_4 &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\
&= 25,73 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} \\
&= 95 \text{ kg/tahun} \\
&= 0,095 \text{ ton CO}_2\text{/tahun} \\
\text{Konversi CO}_2\text{-eq} &= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP} \\
&= 0,095 \times 28 \\
&= 2,669 \text{ ton CO}_2\text{-eq/tahun} \\
\text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\
&= 24,44 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} \\
&= 95 \text{ kg/tahun} \\
&= 0,095 \text{ ton CO}_2\text{/tahun} \\
\text{Konversi CO}_2\text{-eq} &= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP} \\
&= 0,095 \times 265 \\
&= 25,26 \text{ ton CO}_2\text{-eq/tahun} \\
\text{Total Emisi CO}_2\text{-eq} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 \text{ (CO}_2\text{-eq)} + \text{Emisi N}_2\text{O} \\
\text{(CO}_2\text{-eq)} &= 1.819 + 2,669 + 25,26 \\
&= 1.847,31 \text{ ton CO}_2\text{-eq/tahun}
\end{aligned}$$



Gambar 4.11 Grafik Emisi Gas Rumah Kaca Bus AKAP 2022-2024 ESDM

Berlandaskan pada pengamatan terhadap Gambar 4.11, jumlah keseluruhan Emisi Gas Rumah Kaca yang berasal dari operasional Bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP) yang menggunakan jenis bahan bakar solar selama tahun 2022 menunjukkan bahwa volume emisi tertinggi tercatat pada bulan Mei, dengan total emisi yang mencapai angka sebesar 181 ton CO₂-eq setiap bulannya.

4.3.2.2 Emisi Gas Rumah Kaca Motor

1) Hasil Emisi Gas Rumah Kaca Tahun 2024

Berikut ini disajikan contoh perhitungan terkait Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor pribadi yang beroperasi di kawasan Terminal Tidar Magelang:

Dik :

- a. Penggunaan BBM : 855.750 L/tahun
- b. Nilai Kalor BBM (Solar CN 48) IPCC : 36×10^{-6} TJ/L
- c. Faktor Emisi CO₂ : 74433 kg/TJ
- d. Faktor Emisi CH₄ : 3,9 kg/TJ
- e. Faktor Emisi N₂O : 3,9 kg/TJ
- f. Nilai GWP (CO₂-eq) CO₂ : 1
- g. Nilai GWP (CO₂-eq) CH₄ : 28
- h. Nilai GWP (CO₂-eq) N₂O : 265

Maka dari itu,

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi energi} &= \text{Jumlah bahan bakar (L)} \times \text{Nilai kalor} \\ &= 855.750 \times 36 \times 10^{-6} \text{ (TJ/L)} \\ &= 30,80 \text{ TJ/tahun}\end{aligned}$$

Perhitungan emisi CO₂-eq

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 30,80 \text{ TJ/tahun} \times 74.433 \text{ kg/TJ} \\ &= 2.293,060 \text{ kg/tahun} \\ &= 2.293,1 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 30,80 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} \\ &= 120 \text{ kg/tahun} \\ &= 0,120 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}\end{aligned}$$

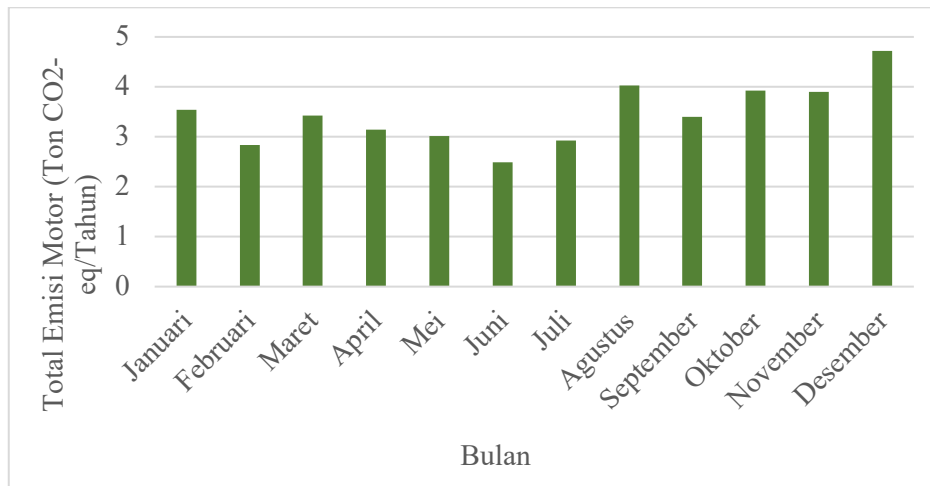
$$\begin{aligned}\text{Konversi CO}_2\text{-eq} &= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP} \\ &= 0,120 \times 28 \\ &= 3,364 \text{ ton CO}_2\text{-eq/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 30,80 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} \\ &= 120 \text{ kg/tahun} \\ &= 0,120 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konversi CO}_2\text{-eq} &= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP} \\ &= 0,120 \times 265 \\ &= 31,84 \text{ ton CO}_2\text{-eq/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Emisi CO}_2\text{-eq} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 \text{ (CO}_2\text{-eq)} + \text{Emisi N}_2\text{O} \\ \text{(CO}_2\text{-eq)} &= 2.293,1 + 3,364 + 31,84\end{aligned}$$

= 2.328,26 ton CO₂-eq/tahun



Gambar 4.12 Grafik Emisi Gas Rumah Kaca motor pribadi 2024 ESDM

Mengacu pada Gambar 4.12, total keseluruhan Emisi Gas Rumah Kaca yang berasal dari aktivitas kendaraan bermotor pribadi dengan penggunaan bahan bakar bensin selama periode tahun 2024 menunjukkan bahwa puncak emisi terjadi pada bulan Desember, dengan jumlah akumulatif emisi yang tercatat mencapai sebesar 5 ton CO₂-eq dalam satu bulan.

4.3.2.4 Emisi Gas Rumah Kaca Mobil

1) Hasil Emisi Gas Rumah Kaca Tahun 2024

Berikut ini adalah ilustrasi perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan oleh mobil pribadi di area Terminal Tidar Magelang, sebagai contoh yang akan disajikan:

Dik :

- Penggunaan BBM : 22.775 L/tahun
- Nilai Kalor BBM (Solar CN 48) IPCC : 36×10^{-6} TJ/L
- Faktor Emisi CO₂ : 74433 kg/TJ
- Faktor Emisi CH₄ : 3,9 kg/TJ
- Faktor Emisi N₂O : 3,9 kg/TJ
- Nilai GWP (CO₂-eq) CO₂ : 1
- Nilai GWP (CO₂-eq) CH₄ : 28
- Nilai GWP (CO₂-eq) N₂O : 265

Maka dari itu,

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi energi} &= \text{Jumlah bahan bakar (L)} \times \text{Nilai kalor} \\ &= 22.775 \times 36 \times 10^{-6} \text{ (TJ/L)} \\ &= 0,752 \text{ TJ/tahun}\end{aligned}$$

Perhitungan emisi CO_{2-eq}

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 0,752 \text{ TJ/tahun} \times 74.433 \text{ kg/TJ} \\ &= 545,61 \text{ kg/tahun} \\ &= 54,56 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}\end{aligned}$$

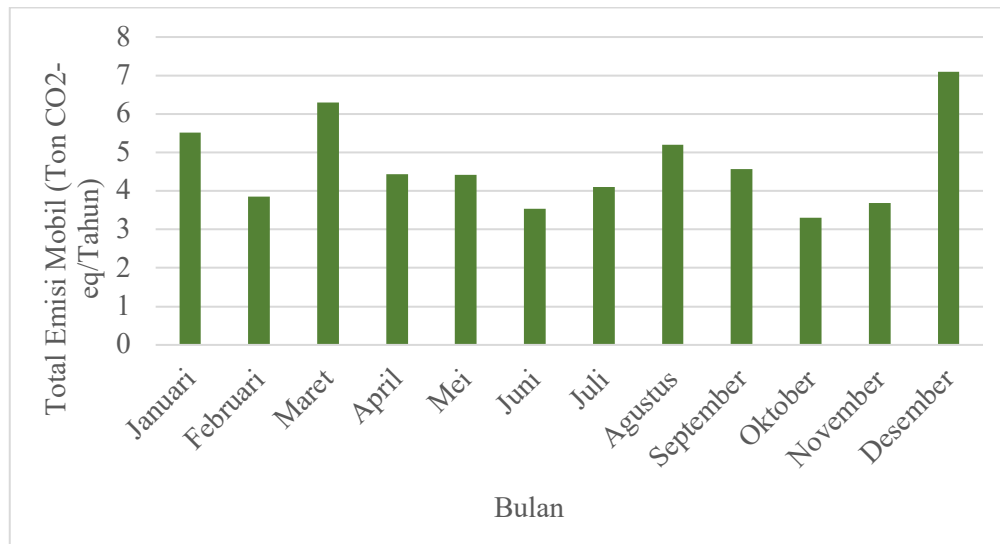
$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 0,752 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} \\ &= 25 \text{ kg/tahun} \\ &= 0,025 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konversi CO}_{2\text{-eq}} &= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP} \\ &= 0,025 \times 28 \\ &= 0,694 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}\text{/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi N}_2\text{O} &= \text{Konsumsi energi (TJ/tahun)} \times \text{Faktor emisi} \\ &= 0,752 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ} \\ &= 3 \text{ kg/tahun} \\ &= 0,003 \text{ ton CO}_2\text{/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konversi CO}_{2\text{-eq}} &= \text{Emisi CH}_4 \times \text{GWP} \\ &= 0,003 \times 265 \\ &= 0,78 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}\text{/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Emisi CO}_{2\text{-eq}} &= \text{Emisi CO}_2 + \text{Emisi CH}_4 \text{ (CO}_{2\text{-eq}}) + \text{Emisi N}_2\text{O} \\ \text{(CO}_2\text{-eq)} &= 54,56 + 0,694 + 0,78 \\ &= 56,04 \text{ ton CO}_{2\text{-eq}}\text{/tahun}\end{aligned}$$



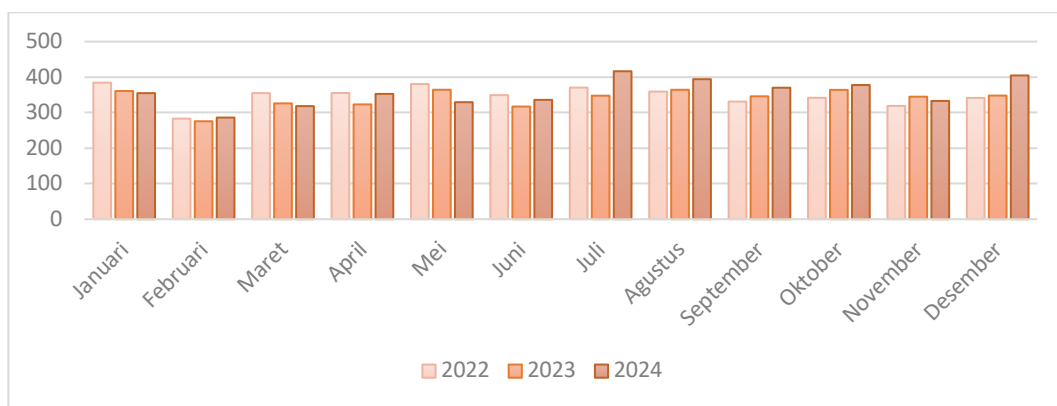
Gambar 4.13 Grafik Emisi Gas Rumah Kaca kendaraan mobil 2024 ESDM

Mengacu pada data yang ditampilkan pada Gambar 4.13, jumlah keseluruhan Emisi Gas Rumah Kaca yang berasal dari penggunaan bahan bakar bensin oleh mobil pribadi sepanjang tahun 2024 mengalami titik tertinggi pada bulan Desember, dengan total emisi yang terhimpun mencapai angka 7 ton CO₂-eq dalam kurun waktu satu bulan.

4.3.2.5 Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Kendaraan Umum Metode ESDM

Salah satu penyebab utama peningkatan kadar CO₂ di atmosfer adalah sektor transportasi, yang mengeluarkan GRK melalui BBM yang dibakar. Selain CO₂, gas tambahan seperti metana (CH₄) dan nitrogen oksida (N₂O) juga dilepaskan selama proses pembakaran ini. Untuk memudahkan akumulasi dengan emisi CO₂ utama dalam perhitungan, gas-gas ini kemudian diubah menjadi satuan CO₂-eq (setara CO₂). Ada berbagai faktor yang memiliki pengaruh besar terhadap jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sektor transportasi, seperti perubahan jumlah kendaraan yang bisa meningkat atau menurun secara dinamis seiring dengan berjalannya waktu, serta adanya peristiwa atau kegiatan tahunan yang menyebabkan pergerakan massal masyarakat ke lokasi-lokasi tertentu. Jumlah emisi gas rumah kaca yang cukup besar yang dihasilkan oleh sektor transportasi ini adalah akibat langsung dari ketergantungan Indonesia terhadap penggunaan bahan bakar fosil yang tetap menjadi sumber energi utama bagi sebagian besar masyarakat

Indonesia. Selama periode tiga tahun berturut-turut (2022-2024), perhitungan mengenai emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sektor transportasi telah dilakukan secara menyeluruh. Hasil perhitungan tersebut mencakup total emisi yang dihasilkan oleh berbagai jenis moda transportasi, seperti Bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP) dan Bus Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP). Grafik yang disajikan dalam Gambar 4.13 dengan jelas menunjukkan akumulasi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sektor transportasi dalam kurun waktu tersebut.



Gambar 4.14 Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Transportasi Umum ESDM

Berdasarkan informasi yang ditampilkan secara jelas di Gambar 4.14, bisa diamati dengan mudah bahwasannya temuan atau hasil estimasi mengenai jumlah Emisi Gas Rumah Kaca yang diperoleh dari bermacam macam kegiatan yang terjadi di sektor transportasi di kawasan Terminal Tidar Magelang mencakup seluruh periode yang berlangsung selama tiga tahun, yaitu dari tahun 2022 hingga tahun 2024.

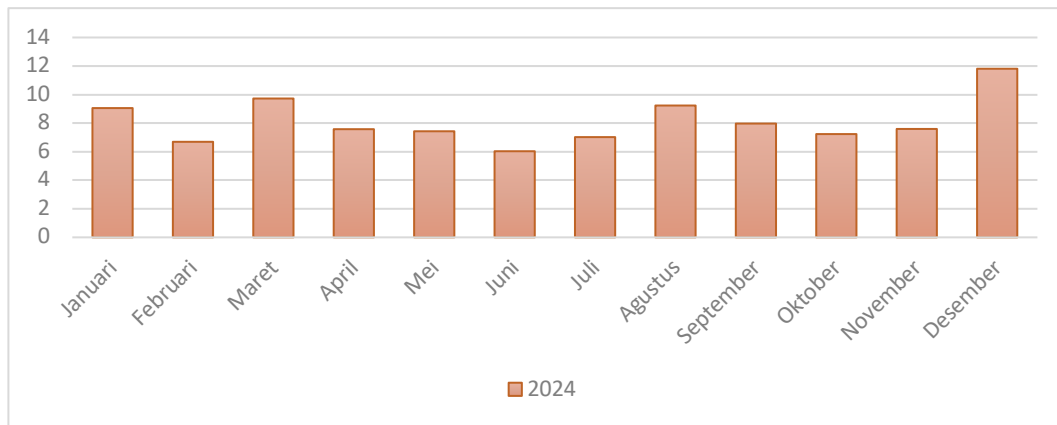
Metodologi yang telah disusun secara rinci dan mendalam oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) diterapkan dalam proses perhitungan ini, dengan mengacu pada pemanfaatan faktor emisi serta nilai kalor yang telah melalui proses verifikasi dan dipastikan keakuratannya oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), yang bertanggung jawab untuk memastikan keabsahan data tersebut. Kuantitas emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh operasi transportasi terminal sebagian besar ditentukan oleh analisis ini, yang juga berfungsi sebagai dasar untuk mengembangkan rencana praktis untuk mengurangi emisi di masa mendatang. Hasil perhitungan menunjukkan adanya

fluktuasi emisi yang terjadi setiap tahunnya. Di 2022, total emisi CO_{2-eq} yang dihasilkan mencapai 4.169,68 ton/CO_{2-eq}, kemudian turun menjadi 4.081,75 ton/CO_{2-eq} di tahun 2023, dan naik kembali menjadi 4.273,00 ton/CO_{2-eq} di tahun 2024. Jenis moda transportasi yang memberikan kontribusi paling besar terhadap terjadinya Emisi Gas Rumah Kaca adalah Bus Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) dan juga Bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP), yang keduanya memiliki peran yang sangat signifikan dan berpengaruh dalam peningkatan jumlah emisi gas rumah kaca yang terjadi akibat aktivitas transportasi tersebut.

4.3.2.6 Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Kendaraan Pribadi Metode ESDM

Emisi Gas Rumah Kaca yang terbentuk akibat pembakaran bahan bakar minyak di sektor transportasi menjadi salah satu penyebab utama yang sangat berpengaruh dalam peningkatan konsentrasi karbon dioksida (CO₂) yang terdapat di atmosfer, yang tentunya memberikan dampak signifikan terhadap kualitas udara global. Proses pembakaran tersebut tidak hanya menghasilkan CO₂, melainkan juga memancarkan gas-gas lain seperti metana (CH₄) serta nitrogen oksida (N₂O), yang selanjutnya dikonversi ke dalam satuan setara CO₂ (CO_{2-eq}) agar dapat digabungkan dengan emisi gas utama CO₂ dalam proses penghitungan total emisi. Total emisi yang dihasilkan oleh sektor transportasi sangat dipengaruhi oleh berbagai variabel atau faktor yang saling terkait dan berhubungan satu sama lain, yang dapat berkontribusi terhadap perubahan jumlah emisi tersebut, di antaranya perubahan jumlah kendaraan bermotor yang cenderung fluktuatif setiap waktunya, serta adanya kegiatan tahunan yang berdampak pada peningkatan intensitas pergerakan masyarakat menuju lokasi tertentu. Selain itu, tingginya ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap pemanfaatan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama secara langsung meningkatkan kontribusi sektor transportasi terhadap total emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan. Di bawah ini disajikan hasil estimasi yang diperoleh terkait Emisi Gas Rumah Kaca yang berasal dari kendaraan pribadi pada tahun 2024, yang merupakan akumulasi dari perhitungan emisi yang dihasilkan oleh berbagai jenis kendaraan, seperti sepeda motor dan mobil, selama satu tahun penuh. Grafik yang menggambarkan akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca

yang dihasilkan oleh kendaraan pribadi tersebut dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 4.15.



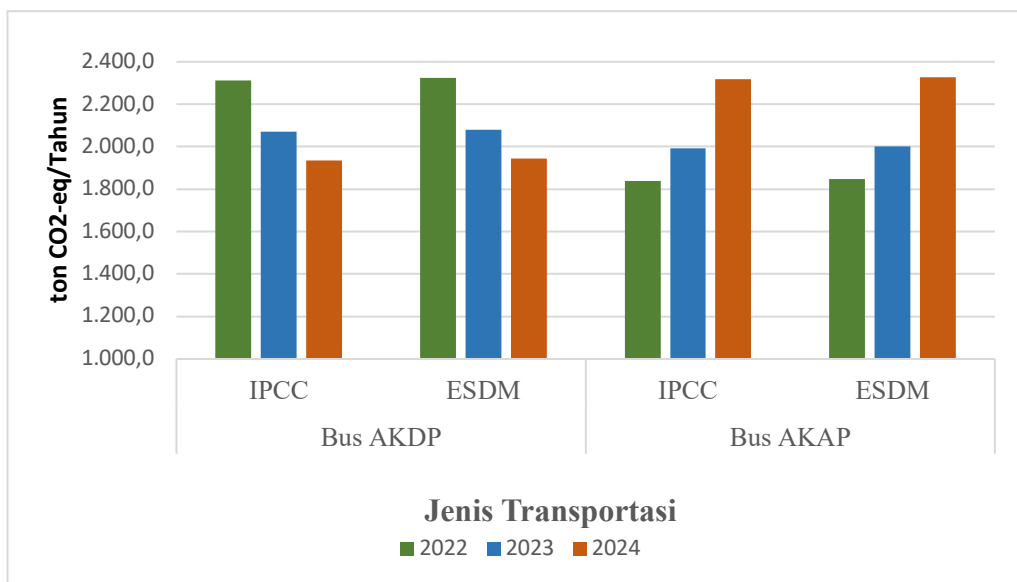
Gambar 4.15 Grafik Emisi Gas Rumah Kaca Kendaraan Pribadi 2024 ESDM

Dengan mengacu pada faktor emisi dan nilai kalor yang telah ditetapkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Gambar 4.15 di atas menunjukkan hasil perhitungan yang berdasarkan pada emisi gas rumah kaca yang berasal dari sektor transportasi di Terminal Tidar Magelang selama tahun 2024, menggunakan metode yang dikembangkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Prosedur analisis yang dilakukan ini sangat penting dan memegang peranan yang sangat krusial dalam memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan menyeluruh mengenai jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh kegiatan operasional transportasi di terminal tersebut, serta dalam merancang dan mengembangkan rencana mitigasi yang lebih efektif dan lebih kuat di masa yang akan mendatang. Merujuk pada hasil perhitungan yang telah dilakukan secara menyeluruh, ditemukan adanya pola fluktuatif pada jumlah emisi yang terjadi di setiap bulan sepanjang tahun 2024, dengan akumulasi total emisi yang tercatat sebesar 97,38 ton CO₂-eq. Moda transportasi yang menjadi penyumbang paling dominan terhadap total Emisi Gas Rumah Kaca berasal dari kendaraan pribadi berupa mobil serta sepeda motor.

4.3.3 Perbandingan Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Transportasi

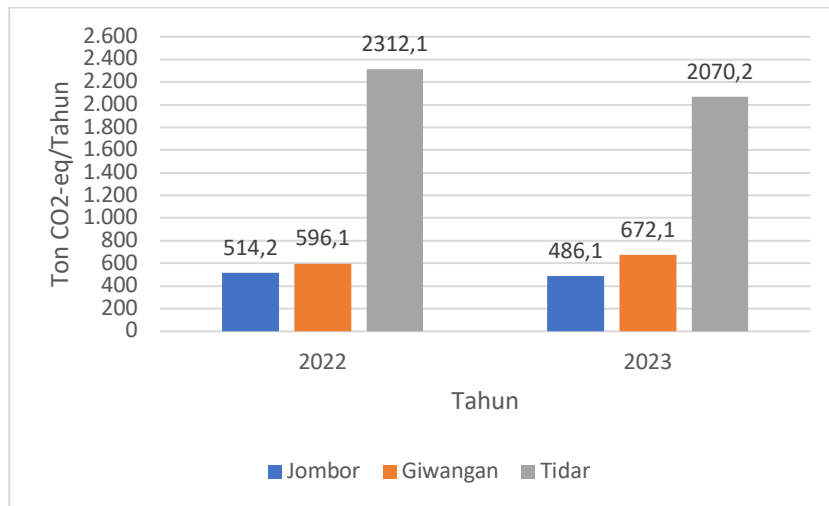
Ketika perhitungan dilakukan dengan mengacu pada kedua faktor emisi yang sesuai untuk setiap jenis bahan bakar yang digunakan, tingkat emisi gas rumah

kaca yang dihasilkan akan bervariasi, tergantung pada faktor emisi mana yang dipilih dan diterapkan dalam proses perhitungan tersebut. Faktor emisi yang diterapkan dalam perhitungan ini memiliki peranan yang sangat penting dalam menentukan jumlah total emisi gas rumah kaca yang diperkirakan dan dihitung. Grafik yang terlampir dan disajikan di bawah ini dengan jelas membandingkan total emisi gas rumah kaca yang dihitung menggunakan berbagai faktor emisi yang berbeda, seperti yang terlihat pada Gambar 4.16.



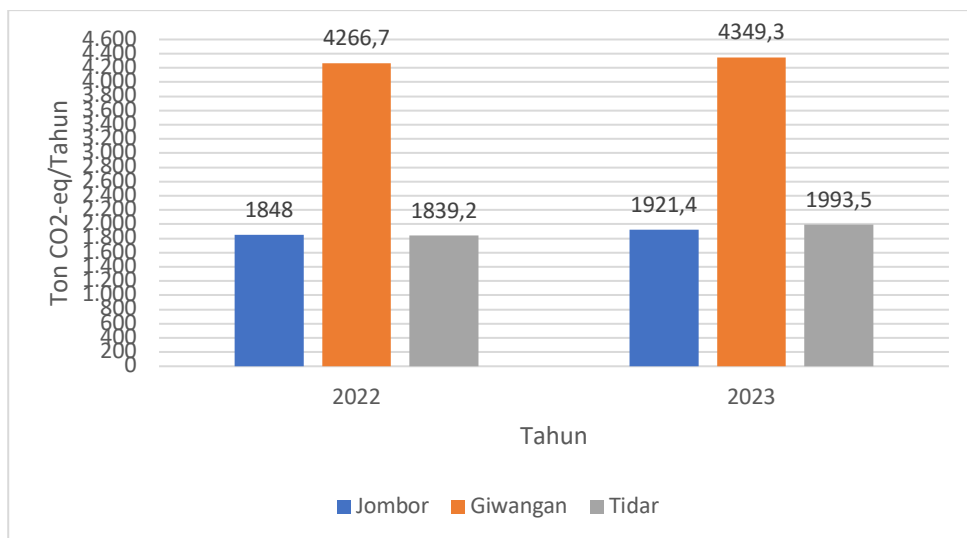
Gambar 4.16 Perbandingan Jumlah Emisi IPCC dan ESDM

Berlandaskan pada Gambar 4.16 terlihat bahwa hanya terdapat sedikit perbedaan antara akumulasi emisi gas rumah kaca yang ditentukan dengan koefisien emisi IPCC dan ESDM untuk penggunaannya. Namun demikian, jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh industri transportasi tetap dihitung dengan menggunakan kedua metode pendekatan tersebut. Hasil perbandingan emisi gas rumah kaca Terminal Tidar Magelang menyoroti perbedaan emisi yang dihasilkan oleh industri transportasi, khususnya antara jenis bus AKDP dan AKAP.



Gambar 4.17 Perbandingan Emisi GRK Bus AKDP di Terminal Giwangan, Jombor, dan Tidar

Pada Gambar 4.17 diatas merupakan hasil dari Emisi Gas Rumah Kaca Terminal Giwangan, Jombor dan Tidar pada jenis transportasi Bus AKDP. Hasil Emisi Gas Rumah Kaca pada Terminal Tidar memiliki nilai yang cenderung tinggi dibandingkan dengan Terminal Giwangan dan Terminal Jombor dikarenakan pelayanan yang tinggi dan aktivitas Bus AKDP pada Terminal Tidar yang sangat padat.



Gambar 4.18 Perbandingan Emisi GRK Bus AKDP di Terminal Giwangan, Jombor, dan Tidar

Pada Gambar 4.18 diatas merupakan hasil dari Emisi Gas Rumah Kaca Terminal Giwangan, Jombor dan Tidar pada jenis transportasi Bus AKAP. Hasil Emisi Gas Rumah Kaca pada Terminal Giwangan memiliki nilai yang cenderung tinggi dibandingkan dengan Terminal Tidar dan Terminal Jombor dikarenakan aktivitas Bus AKAP yang sangat padat, aktivitas dan minat yang sangat tinggi oleh warga sekitar .

4.3.4 Emisi Gas Rumah Kaca Saat *Idle*

Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan oleh sektor transportasi tidak hanya terjadi atau muncul pada saat kendaraan sedang berada dalam kondisi bergerak atau beroperasi secara aktif di jalan raya, tetapi juga dapat muncul akibat proses pembakaran bahan bakar minyak saat kendaraan dalam kondisi berhenti. Jumlah Emisi Gas Rumah Kaca yang dilepaskan umumnya sangat dipengaruhi oleh beragam variabel atau faktor yang saling berkaitan, antara lain durasi waktu kendaraan dalam kondisi menyala saat berhenti, besar kapasitas mesin atau volume dari ruang bakar silinder, serta nilai faktor emisi yang berhubungan langsung dengan tipe bahan bakar yang dipakai oleh moda transportasi tersebut. Yang telah tertera dibawah ini ditampilkan faktor emisi yang akan dijadikan acuan sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.4.

Table 4.4 Faktor Emisi CO₂(g/L)

Tipe Kendaraan	Bahan Bakar	Faktor Emisi CO₂ (gram/liter)
Kendaraan Penumpang	Diesel (Solar)	2924,90
Kendaraan Niaga Kecil		2924,90
Kendaraan Niaga besar		2924,90
Lokomotif		2964,43

Source : Yamin et al, 2009

Table 4.5 Kapasitas Mesin Transportasi

Jenis Kendaraan	Enggine Displacement (cc)	Enggine Displacement (Liter)
Mobil	1500	1,5
Motor	150	0,15
Bus Besar	7000	7
Bus Sedang	4000	4

4.3.4.1 Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Saat *Idle*

1) Contoh Perhitungan Emisi GRK Bus AKDP saat *idle* Tahun 2022

Diketahui:

- a. Konsumsi bahan bakar (Y) (L/jam) = 0,4
- b. *Idle Time* (Jam) = 0,250
- c. Jumlah Kendaraan (Nb) = 61.867
- d. Faktor Emisi (FE) bensin = 2924,9

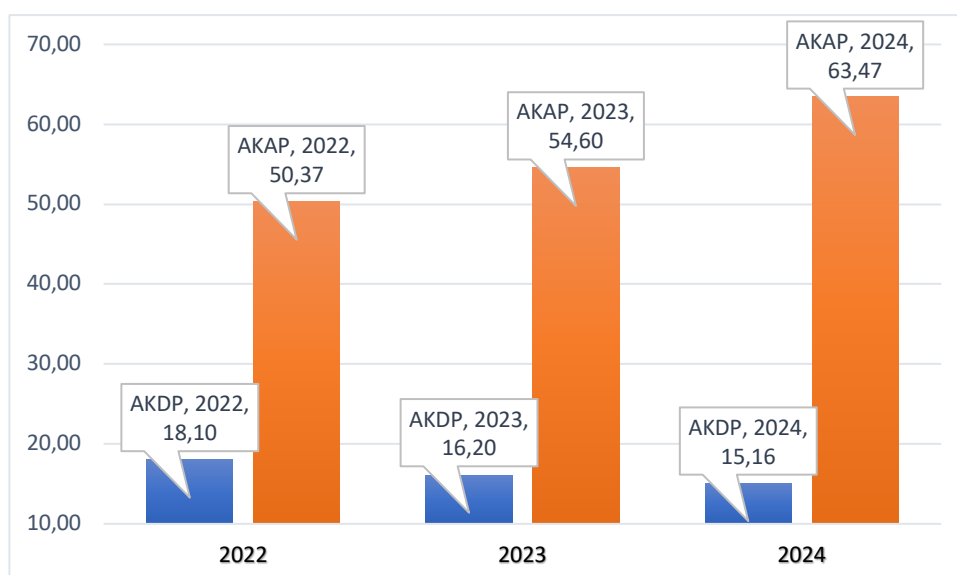
Maka,

$$\text{Emisi } Idle \text{ CO}_2 = Y \times \text{Idle Time} \times Nb \times FE$$

$$\text{Emisi } Idle \text{ CO}_2 = 0,4 \times 0,250 \times 61.867 \times 2942,9$$

$$\text{Emisi } Idle \text{ CO}_2 = 18095,48 \text{ Kg/tahun}$$

$$\text{Emisi } Idle \text{ CO}_2 = 1,809 \text{ ton/tahun}$$

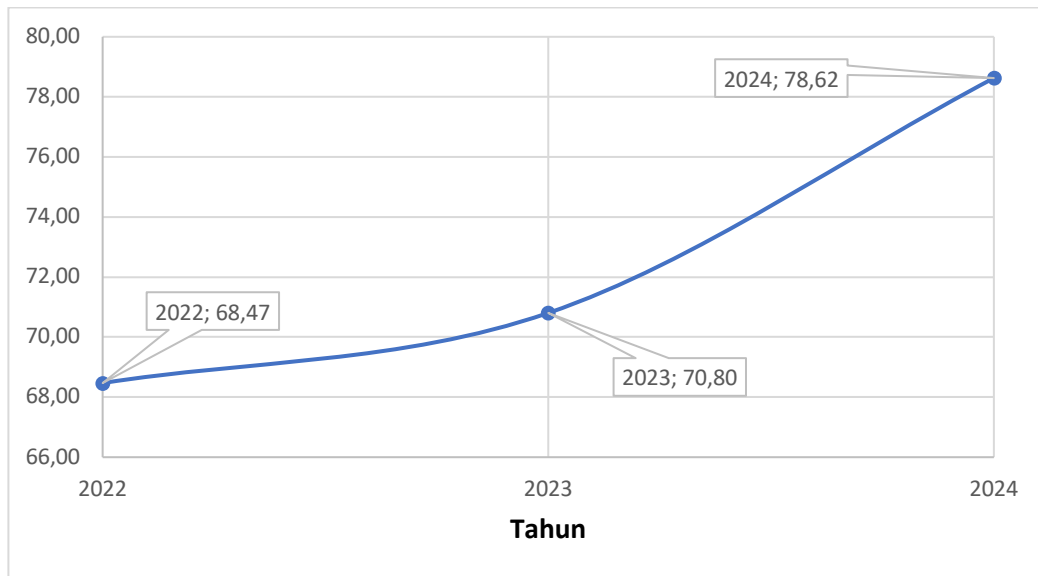


Gambar 4.19 Diagram Emisi Gas Rumah Kaca CO₂ *Idle* Bus AKDP dan AKAP Tahunan

Karena bahan bakar minyak terus terbakar meskipun kendaraan tidak bergerak, Gambar 4.19 mengindikasikan bahwasannya emisi karbon CO₂ dari sektor transportasi ketika kendaraan berhenti dengan mesin menyala masih berkontribusi signifikan terhadap besaran emisi gas rumah kaca yang ditimbulkan. Kondisi pemberhentian operasional tahunan yang terjadi pada sektor bus Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) dan Antar Kota Antar Provinsi (AKAP) menghasilkan jumlah emisi gas rumah kaca yang tergolong cukup tinggi selama tahun 2024, yaitu mencapai sebesar 63,47 ton setara karbon dioksida CO_{2-eq} per tahun.

4.3.4.2 Akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca Transportasi Saat *Idle*

Emisi Gas Rumah Kaca yang muncul ketika kendaraan berada dalam keadaan berhenti atau tidak sedang bergerak turut memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap akumulasi total keseluruhan Emisi Gas Rumah Kaca yang secara langsung dilepaskan ke atmosfer. Semakin tinggi volume Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan dari aktivitas tersebut, maka semakin besar pula pengaruhnya terhadap penurunan kualitas udara di wilayah sekitar Terminal Tidar Magelang. Meskipun emisi yang dihasilkan selama kondisi *idle* ini tidak sebesar emisi yang dihasilkan saat kendaraan sedang bergerak, tetap saja hal ini memengaruhi total Emisi Gas Rumah Kaca di area Terminal Tidar Magelang. Diagram yang tercantum pada Gambar 4.29 menggambarkan jumlah total Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan ketika transportasi berada dalam kondisi tidak bergerak atau *idle*, dengan mesin tetap menyala.



Gambar 4.20 Diagram Emisi Gas Rumah Kaca Transportasi saat *Idle*

Menurut diagram berikut, emisi gas rumah kaca yang berhubungan dengan aktivitas transportasi saat kendaraan dalam kondisi idle atau menunggu tercatat mencapai 68,47 ton CO₂-eq pada tahun 2022, 70,80 ton pada tahun 2023, dan 78,62 ton pada tahun 2024. Karena total keseluruhan mobil yang sangat tinggi, tahun 2024 merupakan tahun dengan emisi gas rumah kaca tertinggi selama kondisi *idle*. Untuk perhitungan detail nya berada pada lampiran.

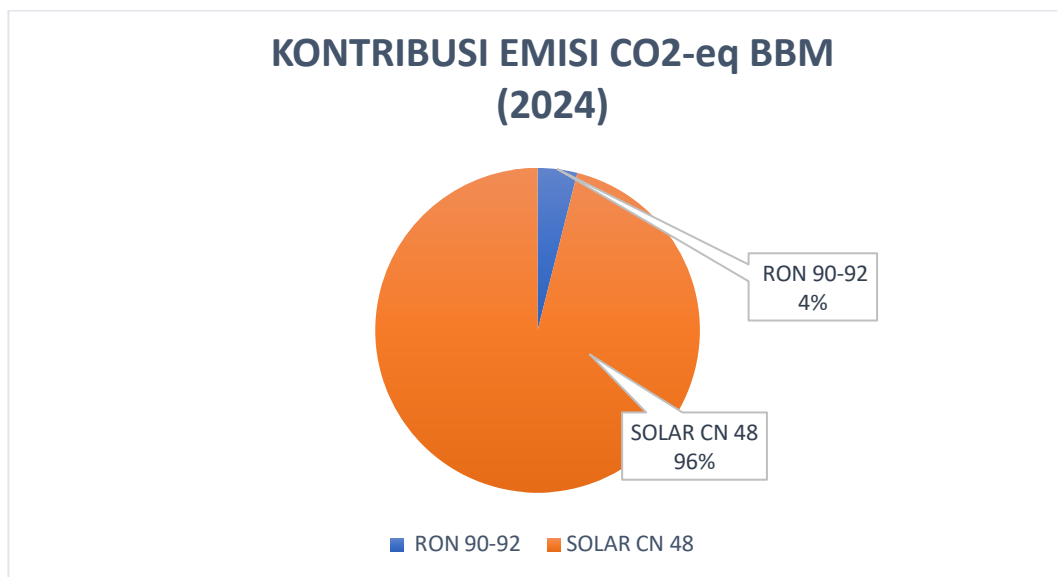
4.4 Kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca di area Terminal Tidar

Total semua gas yang dilepaskan sebagai hasil dari berbagai aktivitas yang dilakukan orang dan organisasi disebut sebagai emisi gas rumah kaca. Karbon dioksida (CO₂) sebagai suatu metrik atau satuan pengukuran dapat secara efektif dimanfaatkan untuk menghitung serta mengukur besarnya emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari berbagai aktivitas. Sektor industri transportasi merupakan salah satu kontributor terbesar yang turut andil dalam peningkatan konsentrasi akumulasi gas rumah kaca di lapisan atmosfer bumi. Kendaraan-kendaraan bermotor yang melakukan aktivitas operasional secara rutin di Terminal Tidar Magelang turut memberikan kontribusi yang cukup besar dan signifikan terhadap peningkatan jumlah emisi gas rumah kaca di lingkungan udara sekitar kawasan terminal melalui proses pembakaran bahan bakar fosil. Tipe bahan bakar yang

dimanfaatkan serta jenis dan klasifikasi kendaraan yang beroperasi di terminal tersebut memberikan dampak yang sangat besar terhadap besaran atau kuantitas total emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dan dilepaskan ke atmosfer.

4.4.1 Kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca Berdasarkan Jenis Transportasi

Kontribusi jenis bahan bakar ini berdasarkan tingkat pemakaian bahan bakar minyak pada setiap transportasi di area Terminal Tidar Magelang. Bahan bakar yang digunakan oleh moda transportasi yang beroperasi di kawasan Terminal Tidar Magelang terdiri dari bensin dan solar.



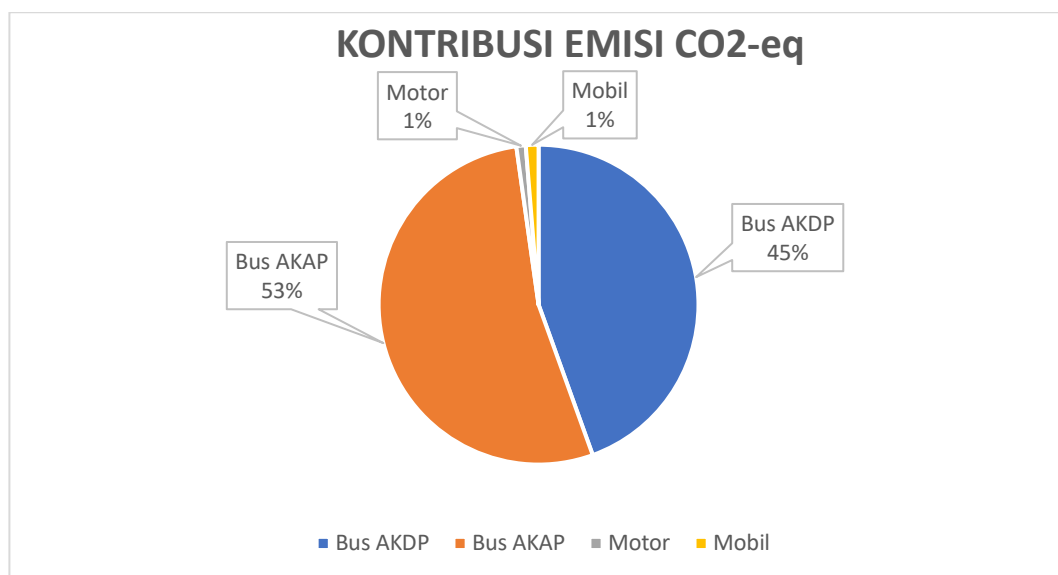
Gambar 4.21 Presentase Kontribusi BBM Tahun 2024

Kontribusi emisi gas rumah kaca dari penggunaan bahan bakar bensin dan solar oleh kendaraan yang menggunakan area Terminal Tidar dapat dilihat pada diagram di atas. Solar memberikan kontribusi emisi yang paling besar dari kedua bahan bakar tersebut. Karena solar masih menjadi bahan bakar utama bagi banyak kendaraan diesel, seperti bus Antar Kota Dalam Provinsi dan bus Antar Kota Antar Provinsi, konsumsi bahan bakar solar mencapai lebih dari 90% dari total penggunaan bahan bakar dalam kurun waktu satu tahun. Karena pembakaran yang tidak sempurna dan nilai cetane yang lebih rendah, yang menghasilkan lebih banyak asap hitam dan jumlah residu pembakaran yang lebih tinggi seperti karbon monoksida (CO) dan partikel karbon, penggunaan bahan bakar diesel ini

menyumbang dampak yang besar terhadap degradasi kualitas udara dan kerusakan lingkungan yang ada.

4.4.2 Kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca Berdasarkan Bahan Bakar

Kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca menurut jenis transportasi ini dikategorikan berdasarkan transportasi yang digunakan di area Terminal Tidar Magelang seperti mobil, motor, bus AKDP dan bus AKAP. Yang telah tertera dibawah ini merupakan persentase kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca berdasarkan jenis transportasi.



Gambar 4.22 Presentase Kontribusi Jenis Transportasi Tahun 2024

Pada Gambar 4.22 secara visual memperlihatkan rincian distribusi persentase kontribusi emisi Gas Rumah Kaca dalam satuan CO₂-eq yang berasal dari setiap jenis moda angkutan yang beroperasi di wilayah kawasan Terminal Tidar Magelang pada periode tahun 2024. Berdasarkan informasi persentase yang telah ditampilkan di atas, dapat diketahui bahwa bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP) menjadi penyumbang emisi Gas Rumah Kaca yang paling dominan di area tersebut dengan besaran kontribusi mencapai angka 53%. Kemudian, bus Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) menyusul dengan kontribusi emisi sebesar 45%, sementara kendaraan pribadi seperti mobil dan sepeda motor masing-masing hanya menyumbang emisi sebesar 1% dari total keseluruhan emisi yang tercatat. Faktor utama penyebab tingginya emisi GRK dari jenis angkutan umum ini adalah volume

kendaraan yang sangat besar setiap tahunnya, disertai pula dengan tipe bahan bakar yang dimanfaatkan serta volume konsumsi bahan bakar yang digunakan oleh kendaraan-kendaraan tersebut.

4.5 Skenario Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca

Karena emisi gas rumah kaca meningkat seiring dengan volume kegiatan pembakaran bahan bakar yang dilakukan dalam transportasi, maka diperlukan skenario untuk menurunkan kuantitas emisi yang dihasilkan. Terdapat berbagai cara untuk menurunkan emisi GRK di wilayah Magelang di sekitar Terminal Tidar.

- 1) Menerbitkan kebijakan serta penyuluhan mengenai pembatasan waktu menunggu bus kepada supir maupun kernet dan memastikan pada saat berhenti mesin kendaraan dalam keadaan mati. Dengan mematikan mesin saat berhenti maka dapat dipastikan mengurangi emisi yang dihasilkan.
- 2) Memberikan kebijakan serta penyuluhan kepada seluruh agen bus agar selalu melakukan pemeriksaan secara berkala, pemeliharaan teratur serta adanya perawatan bus secara rutin dan berkala. Dalam kegiatan pemeliharaan serta proses pengecekan, terdapat sejumlah aspek krusial yang harus menjadi perhatian, antara lain adalah melakukan penggantian oli mesin secara berkala, mengevaluasi kondisi mesin secara menyeluruh, serta memeriksa berbagai komponen pendukung lainnya yang memiliki peranan penting terhadap kinerja kendaraan. Pihak agen dan sopir harus bekerja sama dengan Unit Pelaksana Teknis (UPT) Terminal Tidar Magelang untuk melaksanakan kebijakan yang sudah ditetapkan.
- 3) Mengurangi waktu *idle* menunggu di area Terminal Tidar Magelang dengan mesin menyala untuk jenis transportasi bus Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) dan bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP). Waktu *idle* dapat dikurangi sekitar 5 sampai 10 menit untuk berada di area Terminal Tidar Magelang agar Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan dari kegiatan *idle*/menunggu berkurang.

Sebagai contoh skenario efektif nomor 3 ini terdapat perhitungan untuk mengaplikasikan kebijakan waktu menunggu bus di area Terminal Tidar Magelang seperti yang telah tertera berikut ini;

Diketahui :

- a. Waktu *Idle* Bus AKDP : 15 menit menjadi 10 menit
- b. Waktu *Idle* Bus AKAP : 30 menit menjadi 20 menit

Contoh perhitungan untuk reduksi Emisi Gas Rumah Kaca pada saat *idle* :

1) Bus AKDP 2022

Diketahui :

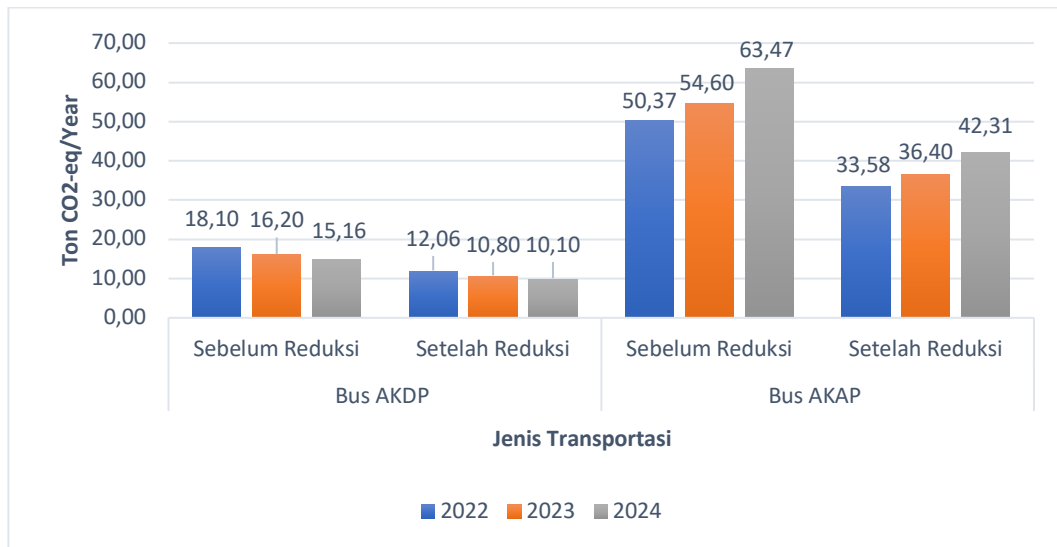
Konsumsi bahan bakar (Y) (L/jam)	= 0,4
Reduksi waktu	= 5 menit
<i>Idle Time</i> (Jam)	= 0,167
Jumlah Kendaraan (Nb)	= 61.867
Faktor Emisi (FE) Solar	= 2924,9

Maka,

- a. Emisi *Idle* CO₂ = Y x *Idle Time* x Nb x FE
- b. Emisi *Idle* CO₂ = 0,4 x 0,167 x 61.867 x 2924,9
- c. Emisi *Idle* CO₂ = 12.06 Kg/tahun
- d. emisi *Idle* CO₂ = 12,06 Ton/tahun

Jadi, Reduksi yang sudah dilakukan seperti yang telah tertera berikut ini:

- a. Emisi *Idle* sebelum reduksi : 18.10 ton CO_{2-eq}/Tahun
- b. Emisi *Idle* yang tereduksi : 6.04 ton CO_{2-eq}/Tahun
- c. Persentase Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca *Idle* : $\frac{6.04 \text{ TonCO}_2\text{-eq}}{18.10 \text{ TonCO}_2\text{-eq}} \times 100 \times$
- d. Persentase Reduksi : 33,33%



Gambar 4.23 Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca *Idle* Bus AKDP dan AKAP Tahunan

Berdasarkan informasi yang ditampilkan pada Gambar 4.31, terlihat bahwa penurunan durasi waktu *idle* pada moda transportasi, yakni pengurangan selama 5 menit untuk bus Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) serta 10 menit untuk bus Antar Kota Antar Provinsi (AKAP), mampu menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca yang terjadi saat kendaraan dalam kondisi *idle* hingga sebesar 33,33%. Efektivitas dari upaya pengurangan waktu *idle* ini sangat signifikan dalam membantu menekan akumulasi Emisi Gas Rumah Kaca yang berpotensi terlepas dan tersebar ke atmosfer. Perhitungan lebih rinci terkait dua moda transportasi, khususnya bus AKDP, dapat ditemukan pada lampiran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- 1) Temuan yang berkaitan dengan jumlah emisi GRK CO₂-eq yang dihasilkan dari kegiatan pembakaran bahan bakar di sektor transportasi dikumpulkan dalam penelitian ini. Faktor emisi CO₂ yang dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral digunakan untuk menentukan bahwa, dari ketiga tahun yaitu 2022, 2023, dan 2024, tahun 2022 mencatatkan emisi terbesar. Total emisi GRK tahunan sektor transportasi mencapai 5.148,71 ton CO₂-eq. Di tahun 2022 tingginya emisi ini disebabkan oleh volume kendaraan yang memasuki kawasan Terminal Tidar Magelang yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 2023 dan 2024. Selain emisi utama, terdapat pula emisi tambahan yang dihasilkan saat kendaraan dalam kondisi *idle* pada tahun 2022, yang menyumbang sebesar 88,58 ton CO₂-eq per tahun.
- 2) Emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan di kawasan Terminal Tidar Magelang dikategorikan berdasarkan tingkat kontribusi dari setiap komponennya. Untuk kontribusi berdasarkan pemakaian bahan bakar sektor transportasi, solar memiliki tingkat kontribusi diatas 90% dibandingkan dengan pertalite atau pertamax. Selain kontribusi pemakaian bahan bakar adapun kontribusi berdasarkan jenis transportasi yang digunakan, pada tahun 2022 jenis transportasi tertinggi yakni diikuti bus AKDP sebesar 50%, dan bus AKAP sebesar 50%, , tahun 2023 jenis transportasi tertinggi yakni diikuti bus AKDP sebesar 51%, dan bus AKAP sebesar 49%, tahun 2024 jenis transportasi tertinggi yakni diikuti bus AKAP 53%, bus AKDP sebesar 45%, mobil sebesar 1%, dan motor sebesar 1%.
- 3) Skenario efektif yang dilakukan pada penelitian kali ini dengan menerapkan kebijakan atau melakukan pengurangan waktu *idle* atau menunggu selama 5 menit yang diberlakukan untuk bus sedang dan 10 menit untuk bus besar. Proyeksi dari skenario ini menunjukkan bahwa terdapat potensi penurunan Emisi Gas Rumah Kaca yang dikonversikan ke satuan CO₂-eq sebesar 33,33% dari keseluruhan total emisi yang muncul akibat aktivitas pembakaran bahan

bakar pada sektor transportasi ketika kendaraan berada dalam keadaan tidak bergerak atau *idle*.

- 4) Pedoman yang diberikan oleh Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) diterapkan secara menyeluruh pada Faktor Emisi yang telah ditetapkan dan dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), yang bertujuan untuk memastikan akurasi dan kesesuaian dalam perhitungan emisi yang dihasilkan. Namun telah disesuaikan dengan keadaan lokal di Indonesia, sehingga selisih hasil perhitungan tergolong kecil. Perbandingan antara Faktor Emisi IPCC dan ESDM menunjukkan selisih yang sedikit dikarenakan kedua Faktor Emisi ini mempunyai tujuan yang serupa yakni menghitung Emisi Gas Rumah Kaca secara akurat guna mendukung upaya mitigasi perubahan iklim, kedua faktor emisi ini mempunyai nilai kalor yang kurang lebih sama sebagai contoh, selisih perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca dari pembakaran solar menggunakan faktor emisi IPCC (74.100 kg CO₂/TJ) dan ESDM (73.900 kg CO₂/TJ) hanya sekitar 0,27%. Dengan perbedaan yang kecil ini, baik IPCC maupun ESDM dapat diandalkan untuk menghitung Emisi Gas Rumah Kaca secara akurat, baik pada tingkat global maupun nasional.

5.2 Saran

Saran saran ke depannya sehubungan dengan temuan penelitian, kesimpulan, dan perdebatan tercantum berikut ini.

1. Kegiatan pembakaran bahan bakar di area Terminal Tidar Magelang masih menghasilkan emisi gas rumah kaca yang cukup besar dari sektor transportasi, yang dapat berdampak pada lingkungan terminal. Untuk meminimalkan atau menurunkan emisi yang dihasilkan oleh sektor transportasi, pihak manajemen harus mengikuti skenario yang diberikan oleh para peneliti untuk menurunkan tingkat emisi gas rumah kaca yang sangat tinggi.
2. Dinas Perhubungan Kota Magelang harus membuat peraturan untuk Terminal Tidar Magelang yang mendukung skenario praktis untuk menurunkan emisi gas rumah kaca dari kegiatan transportasi.

3. Pengujian emisi bulanan pada angkutan umum dilakukan oleh Dinas Perhubungan Kota Magelang untuk memastikan bahwa emisi gas tetap terkendali & menurunkan kemungkinan emisi gas rumah kaca yang berlebihan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anna, dkk, 2011. *Pengaruh Keberadaan Parkir dan Pedagang Kaki Lima Terhadap Biaya Kemacetan dan Polusi Udara di Jalan Kolonel Sugiono Malang, Jurnal Rekayasa Sipil* Volume 5, No.3 – 2011 ISSN 1978 – 5658.
- BPLH DKI Jakarta. (2013). *Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Pengertian Pencemaran Udara*
- Dita Nia Ambarsari, Kartika Sari, Chairul Maulidi 2019. *Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor Kawasan Alun – Alun Kota Baru.*
- Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T & Dr. Abdu Fadli Assomadim S.si, M.T (2017). *Strategi Adaptasi dan Mitigasi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Transportasi dan Sektor Persampahan di Kota Batu.*
- EPA Victoria. 2013. *Information Bulletin. Greenhouse Gas Emission Factors for Office Copy Paper.*
- Greenhouse Gas Protocol.* 2011. *Global Warming Potentials.*
[http://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential Values](http://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values)
- Huang J., Yu H., Guan X., Wang G. & Guo R, 2016. *Accelerated Dryland Expansion Under Climate Change. Nature Climate Change* 6, 166-171.
- IPCC. (2006) *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* Volume II: Energy. Japan: IGES.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, XXX pp. Cambridge, United Kingdom, and New York: Cambridge University Press.
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 151. Geneva, Switzerland: IPCC.

- IPCC. 2019. IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gases fluxes in Terrestrial Ecosystems.
- Jeanly Syahputri. (2023). The Impact of Air Pollution from the Transportation on Health in Indonesia.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2020). Upaya Pemerintah Dukung BBM Ramah Lingkungan.
- KLHK. (2017). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 73 Tahun 2017 Tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*. Klhk, 176–177.
- KLHK. (2018). *Mengukur dan Reduksi Gas Rumah Kaca*
- KLHK. (2020). *Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Bidang Energi*
- Kurniawan, A. (2017). Pengukuran Parameter Kualitas Udara (CO, NO₂, SO₂, O₃ dan PM₁₀) di Bukit Kototabang Berbasis ISPU. *Jurnal Teknosains*, 7(1), 1–82. <https://doi.org/10.22146/teknosains.34658>
- Lidwina, A., 2021. Realisasi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Lebih Target 2020. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/01/09/realisasi-penurunan-emisi-gas-rumah-kaca-lebih-target-2020>
- Muhamad Iqbal, F., & Ruhaeni, N. (2022). *Pengaturan Emisi Gas Rumah Kaca Berdasarkan Protokol Kyoto dan Implementasi di Indonesia*.
- Nia Yuniarti Hasan, Teguh Budi Prijanto, Sadono Setyoko 2023. *Analisis Perhitungan Carbon Footprint Dari Penggunaan Gas, Bensin, Dan Listrik Rumah Tangga Di Wilayah Kerja Puskesmas Pasirkaliki Cimahi*.
- Pusparisa, Y., 2021. *10 Negara Penyumbang Emisi Gas Rumah Kaca Terbesar*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/02/16/10-negara-penyumbang-emisi-gas-rumah-kaca-terbesar>
- Rachman, Aditya, dkk (2016) *Kajian Jejak Emisi Karbon-Dioksida Di Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo Indonesia*. *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. Volume 8. Nomor 1. 49-58

- Simanjuntak A.G. 2007. *Pencemaran Udara*. Buletin Limbah Vol. 11 No.1. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif.
- Soedomo, dkk. 1990. Model Pendekatan dalam *Analisis Kebijakan Pengendalian Pencemaran Udara. Studi Kasus di Jakarta, Bandung dan Surabaya*, Penelitian KLH-Jurusan Teknik Lingkungan ITB Bandung.
- Taylor, G. W. R. (2003). *Review of The Incidence Energy Use and Costs of Passenger Vehicle Idling*. GW Taylor Consulting. Canada. UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), 2014.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), 2014
- Wiedmann, T. & Minx, J. 2008. *A Definition of 'Carbon Footprint'*. C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends. Chapter 1, pp. 1- 11.*, Hauppauge NY: Nova Science Publishers.
- Wulandari, Mira Tri, Hermawan, dan Purwanto (2013) *Kajian Emisi CO2 Berdasarkan Penggunaan Energi Rumah Tangga Sebagai Penyebab Pemanasan Global (Studi Kasus Perumahan Sebantengan, Gedang Asri, Susukan RW 07 Kab. Semarang)*. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan.
- Yamin, M et al. 2009. *Pencemaran Udara Karbon Monoksida dan Nitrogen Oksida Akibat Kendaraan Bermotor pada Ruas Jalan Padat Lalu Lintas di Kota Makassar*. Surabaya: Simposium XII.FSTPT Universitas Kristen Petra-Surabaya.

LAMPIRAN

1. Jumlah Transportasi di Terminal Tidar Magelang 2022 sampai 2024

TOTAL BUS 2022			
NO	BULAN	BUS AKDP	BUS AKAP
1	Januari	5733	4323
2	Februari	4583	3617
3	Maret	5254	4031
4	April	5511	4093
5	Mei	5212	4743
6	Juni	5180	4263
7	Juli	5293	4397
8	Agustus	5335	4063
9	September	4925	4028
10	Oktober	5083	3857
11	November	4829	3791
12	Desember	4929	4000
Jumlah		61867	49206

TOTAL BUS 2023			
NO	BULAN	BUS AKDP	BUS AKAP
1	Januari	4952	4489
2	Februari	4146	3839
3	Maret	4512	4017
4	April	4416	4320
5	Mei	5026	4508
6	Juni	4534	4039
7	Juli	4624	4472
8	Agustus	4870	4662
9	September	4622	4730
10	Oktober	4711	4814
11	November	4638	4685
12	Desember	4344	4761
Jumlah		55395	53336

JUMLAH TRANSPORTASI TERMINAL TIDAR MAGELANG					
2024					
NO	BULAN	MOBIL	MOTOR	BUS AKDP	BUS AKAP
1	Januari	1085	1860	4621	4663
2	Februari	840	1650	4015	4272
3	Maret	1240	1798	4204	4125
4	April	900	1710	4188	5347
5	Mei	868	1586	4169	4449
6	Juni	720	1352	4225	4857
7	Juli	806	1537	4360	6536
8	Agustus	1023	2120	4421	5891
9	September	930	1844	4548	5458
10	Oktober	651	2063	4645	5237
11	November	750	2120	4002	4997
12	Desember	1395	2480	4421	6166
JUMLAH		11208	22120	51819	61998

2. Rekaputasi Observasi Penelitian

REKAPITULASI BUS AKAP/AKDP TERMINAL TIDAR MAGELANG

NO	PO BUS	NARASUMBER	TUJUAN	JENIS BBM	JARAK (Km)	PEMAKAIAN BBM	KONSUMSI BAHAN BAKAR (L/Km)	Idle Time (Menit)
1	Handoyo	Mas Dimas	Balaraja	Solar CN 48	556	190	0,34	30
2	Puspa Jaya	Pak Triatno	Bandar Lampung	Solar CN 48	744	280	0,38	25
3	Harapan Jaya	Pak Syarif	Kediri	Solar CN 48	269	110	0,41	19
4	Budiman	Mas Aris	Bandung	Solar CN 48	553	215	0,39	17
5	Eka	Mas Rifal	Surabaya	Solar CN 48	344	140	0,41	30
6	Agra mas	Pak Agus	Bogor	Solar CN 48	530	205	0,39	30
7	Bandung Express	Pak Budi	Bandung	Solar CN 48	426	150	0,35	20
8	Gunung Harta	Pak Isman	Denpasar	Solar CN 48	740	285	0,39	27
9	Efisiensi	Pak Wawan	Cilacap	Solar CN 48	177	70	0,40	20
10	Joglosemar	Pak Muljani	Purwokerto	Solar CN 48	145	60	0,41	20
11	Sumber Waras	Pak Heru	Jogja - Semarang	Solar CN 48	200	80	0,40	20
12	Ramayana	Pak Jumadi	Jakarta	Solar CN 48	517	178	0,34	20

REKAPITULASI BUS AKAP/AKDP TERMINAL TIDAR MAGELANG

NO	PO BUS	NARASUMBER	TUJUAN	JENIS BBM	JARAK (Km)	PEMAKAIAN BBM	KONSUMSI BAHAN BAKAR (L/Km)	Idle Time (Menit)
13	Haryanto	Pak Mursadi	Kudus	Solar CN 48	131	60	0,46	30
14	Pandawa 87	Pak Dadang	Tangerang	Solar CN 48	546	230	0,42	25
15	Agra mas	Pak Sukarmuji	Cibinong	Solar CN 48	518	180	0,35	25
16	Handoyo	Pak Cipto	Merak	Solar CN 48	621	230	0,37	20
17	Maju Lancar	Pak Sapto	Semarang	Solar CN 48	84	30	0,36	15
18	Avena	Pak Kuswara	Purworejo	Solar CN 48	50	20	0,40	15
19	Putra Nugroho	Mas Adi	Purworejo	Solar CN 48	51	20	0,39	15
20	Galih Putra	Pak Yanto	Wonosobo	Solar CN 48	82	40	0,49	17
21	Blessing Trans	Pak Harun	Wonosobo	Solar CN 48	78	32	0,41	15
22	Santoso	Pak Isnanda	Cikarang	Solar CN 48	483	180	0,37	25
23	Nusantara Patas	Pak Wisnu	Jepara	Solar CN 48	155	60	0,39	20
24	Sugeng Rahayu	Bu Minah	Banjar	Solar CN 48	242	80	0,33	25
25	Mustika	Pak Mardi	Semarang	Solar CN 48	149	95	0,64	20

REKAPITULASI BUS AKAP/AKDP TERMINAL TIDAR MAGELANG

NO	PO BUS	NARASUMBER	TUJUAN	JENIS BBM	JARAK (Km)	PEMAKAIAN BBM	KONSUMSI BAHAN BAKAR (L/Km)	Idle Time (Menit)
26	Safari Dhama Raya	Pak Waluyo	Mataram	Solar CN 48	726	250	0,34	25
27	Semeru Trans	Pak Didi	Semarang	Solar CN 48	79	35	0,44	12
28	Ramayana	Pak Widodo	Kudus	Solar CN 48	130	60	0,46	25
29	Murni Jaya	Pak Rusli	Jogja - Tanjung Priok	Solar CN 48	579	250	0,43	30
30	Maju Lancar	Pak Sudarsini	Wonosari	Solar CN 48	85	30	0,35	15
31	Bawang Lanang	Pak Nandar	Magelang	Solar CN 48	15	22,5	1,50	12
32	Maestro	Pak Sugeng	Sukarejo	Solar CN 48	65	25	0,38	15
33	Sugeng Rahayu	Mas Fendi	Nganjuk	Solar CN 48	237	90	0,38	25
34	Rosalia Indah	Pak Andi	Bekasi	Solar CN 48	487	165	0,34	25
35	Haryanto	Mas Avan	Pati	Solar CN 48	161	60	0,37	20
36	Efisiensi	Pak	Cilacap	Solar CN 48	177	65	0,37	20
37	Mandora	Pak Mujiono	Purworejo	Solar CN 48	50	20	0,40	11
38	Mansion	Mas Syaiful	Magelang	Solar CN 48	15	25	1,67	15

REKAPITULASI BUS AKAP/AKDP TERMINAL TIDAR MAGELANG

NO	PO BUS	NARASUMBER	TUJUAN	JENIS BBM	JARAK (Km)	PEMAKAIAN BBM	KONSUMSI BAHAN BAKAR (L/Km)	Idle Time (Menit)
39	Efisiensi	Mas Anas	Kebumen	Solar CN 48	83	30	0,36	20
40	Rosalia Indah	Pak Rosadi	Cilegon	Solar CN 48	603	210	0,35	30

3. Perhitungan Gas Rumah Kaca IPCC

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI BUS AKDP 2022												
NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumla h BUS AKD P	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bula n)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tah un)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tah un)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tah un)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	
1	Januari	14,05	5.733	80.534,6 1	0,0000 36	2,899	215	0,01	0,32	0,01	3,00	218,15
2	Februar i	12,69	4.583	58.149,6 1	0,0000 36	2,093	155	0,01	0,23	0,01	2,16	157,51
3	Maret	14,05	5.254	73.805,8 3	0,0000 36	2,657	197	0,01	0,29	0,01	2,75	199,92
4	April	13,59	5.511	74.918,7 6	0,0000 36	2,697	200	0,01	0,29	0,01	2,79	202,94
5	Mei	14,05	5.212	73.215,8 3	0,0000 36	2,636	195	0,01	0,29	0,01	2,72	198,32
6	Juni	13,59	5.180	70.419,0 1	0,0000 36	2,535	188	0,01	0,28	0,01	2,62	190,75
7	Juli	14,05	5.293	74.353,6 9	0,0000 36	2,677	198	0,01	0,29	0,01	2,77	201,40

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI BUS AKDP 2022

NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumla h BUS AKD P	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bula n)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tah un)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tah un)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tah un)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	
8	Agustus	14,05	5.335	74.943,6 8	0,0000 36	2,698	200	0,01	0,29	0,01	2,79	203,00
9	Septemb er	13,59	4.925	66.952,4 4	0,0000 36	2,410	179	0,01	0,26	0,01	2,49	181,36
10	Oktober	14,05	5.083	71.403,7 0	0,0000 36	2,571	190	0,01	0,28	0,01	2,66	193,41
11	Novemb er	13,59	4.829	65.647,3 8	0,0000 36	2,363	175	0,01	0,26	0,01	2,44	177,82
12	Desemb er	14,05	4.929	69.240,3 8	0,0000 36	2,493	185	0,01	0,27	0,01	2,58	187,55
Jumlah			61.86 7	853.584, 92		30,729	2.277,023	0,12	3,356	0,12	31,76	2.312,1
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI BUS AKDP 2023

NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumla h BUS AKD P	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bula n)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahu n)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahu n)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahu n)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	
1	Januari	14,05	4.952	69.563,47	0,0000 36	2,504	186	0,010	0,27	0,010	2,59	188,43
2	Februari	12,69	4.146	52.604,91	0,0000 36	1,894	140	0,007	0,21	0,007	1,96	142,49
3	Maret	14,05	4.512	63.382,55	0,0000 36	2,282	169	0,009	0,25	0,009	2,36	171,69
4	April	13,59	4.416	60.032,89	0,0000 36	2,161	160	0,008	0,24	0,008	2,23	162,61
5	Mei	14,05	5.026	70.602,99	0,0000 36	2,542	188	0,010	0,28	0,010	2,63	191,24
6	Juni	13,59	4.534	61.637,03	0,0000 36	2,219	164	0,009	0,24	0,009	2,29	166,96
7	Juli	14,05	4.624	64.955,87	0,0000 36	2,338	173	0,009	0,26	0,009	2,42	175,95
8	Agustus	14,05	4.870	68.411,57	0,0000 36	2,463	182	0,010	0,27	0,010	2,55	185,31
9	Septemb er	13,59	4.622	62.833,33	0,0000 36	2,262	168	0,009	0,25	0,009	2,34	170,20

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI BUS AKDP 2023

NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumla h BUS AKD P	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bula n)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahu n)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahu n)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahu n)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	
10	Oktober	14,05	4.711	66.178,01	0,0000 36	2,382	177	0,009	0,26	0,009	2,46	179,26
11	Novemb er	13,59	4.638	63.050,85	0,0000 36	2,270	168	0,009	0,25	0,009	2,35	170,79
12	Desembe r	14,05	4.344	61.022,56	0,0000 36	2,197	163	0,009	0,24	0,009	2,27	165,29
Jumlah			55.39 5	764.276,0 3		27,514	2.038,783	0,107	3,00	0,107	28,44	2.070,2
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI BUS AKDP 2024

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah BUS AKDP	Total Pemakaian BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
1	Januari	14,05	4.621	64.913,73	0,0000 36	2,337	173	0,01	0,255	0,01	2,42	175,83
2	Februari	12,69	4.015	50.942,76	0,0000 36	1,834	136	0,01	0,200	0,01	1,90	137,99
3	Maret	14,05	4.204	59.055,90	0,0000 36	2,126	158	0,01	0,232	0,01	2,20	159,97
4	April	13,59	4.188	56.933,36	0,0000 36	2,050	152	0,01	0,224	0,01	2,12	154,22
5	Mei	14,05	4.169	58.564,24	0,0000 36	2,108	156	0,01	0,230	0,01	2,18	158,64
6	Juni	13,59	4.225	57.436,36	0,0000 36	2,068	153	0,01	0,226	0,01	2,14	155,58
7	Juli	14,05	4.360	61.247,32	0,0000 36	2,205	163	0,01	0,241	0,01	2,28	165,90
8	Agustus	14,05	4.421	62.104,22	0,0000 36	2,236	166	0,01	0,244	0,01	2,31	168,22
9	September	13,59	4.548	61.827,35	0,0000 36	2,226	165	0,01	0,243	0,01	2,30	167,47

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI BUS AKDP 2024

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah BUS AKDP	Total Pemakaian BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
10	Oktober	14,05	4.645	65.250,87	0,000036	2,349	174	0,01	0,257	0,01	2,43	176,75
11	November	13,59	4.002	54.404,80	0,000036	1,959	145	0,01	0,214	0,01	2,02	147,37
12	Desember	14,05	4.421	62.104,22	0,000036	2,236	166	0,01	0,244	0,01	2,31	168,22
Jumlah			51.819	714.785,15		25,732	1.906,761	0,10	2,810	0,10	26,5943	1.936,2
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI BUS AKAP 2022

NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Juml ah BUS AKA P	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bula n)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tah un)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tah un)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tah un)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	
1	Januari	14,05	4.323	60.727,5 6	0,0000 36	2,186	162	0,009	0,239	0,009	2,26	164,50
2	Februari	12,69	3.617	45.892,8 9	0,0000 36	1,652	122	0,006	0,180	0,006	1,71	124,31
3	Maret	14,05	4.031	56.625,6 8	0,0000 36	2,039	151	0,008	0,223	0,008	2,11	153,38
4	April	13,59	4.093	55.641,9 0	0,0000 36	2,003	148	0,008	0,219	0,008	2,07	150,72
5	Mei	14,05	4.743	66.627,5 3	0,0000 36	2,399	178	0,009	0,262	0,009	2,48	180,48
6	Juni	13,59	4.263	57.952,9 4	0,0000 36	2,086	155	0,008	0,228	0,008	2,16	156,98
7	Juli	14,05	4.397	61.767,0 8	0,0000 36	2,224	165	0,009	0,243	0,009	2,30	167,31

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI BUS AKAP 2022

NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Juml ah BUS AKA P	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalar BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bula n)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tah un)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tah un)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tah un)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	
8	Agustus	14,05	4.063	57.075,2 0	0,0000 36	2,055	152	0,008	0,224	0,008	2,12	154,60
9	Septemb er	13,59	4.028	54.758,2 6	0,0000 36	1,971	146	0,008	0,215	0,008	2,04	148,33
10	Oktober	14,05	3.857	54.181,4 0	0,0000 36	1,951	145	0,008	0,213	0,008	2,02	146,76
11	Novemb er	13,59	3.791	51.536,3 9	0,0000 36	1,855	137	0,007	0,203	0,007	1,92	139,60
12	Desembe r	14,05	4.000	56.190,2 0	0,0000 36	2,023	150	0,008	0,221	0,008	2,09	152,20
Jumlah			49.20 6	678.977, 03		24,443	1.811,239	0,0953	2,6692	0,095	25,2620	1.839,2
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI BUS AKAP 2023

NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumla h BUS AKA P	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalar BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bula n)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahu n)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahu n)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahu n)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	
1	Januari	14,05	4.489	63.059,45	0,0000 36	2,270	168	0,009	0,248	0,009	2,35	170,81
2	Februari	12,69	3.839	48.709,66	0,0000 36	1,754	130	0,007	0,191	0,007	1,81	131,94
3	Maret	14,05	4.017	56.429,01	0,0000 36	2,031	151	0,008	0,222	0,008	2,10	152,85
4	April	13,59	4.320	58.727,82	0,0000 36	2,114	157	0,008	0,231	0,008	2,19	159,08
5	Mei	14,05	4.508	63.326,36	0,0000 36	2,280	169	0,009	0,249	0,009	2,36	171,53
6	Juni	13,59	4.039	54.907,80	0,0000 36	1,977	146	0,008	0,216	0,008	2,04	148,73
7	Juli	14,05	4.472	62.820,65	0,0000 36	2,262	168	0,009	0,247	0,009	2,34	170,16

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI BUS AKAP 2023

NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumla h BUS AKA P	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bula n)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahu n)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahu n)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahu n)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	
8	Agustus	14,05	4.662	65.489,68	0,0000 36	2,358	175	0,009	0,257	0,009	2,44	177,39
9	Septemb er	13,59	4.730	64.301,53	0,0000 36	2,315	172	0,009	0,253	0,009	2,39	174,18
10	Oktober	14,05	4.814	67.624,91	0,0000 36	2,434	180	0,009	0,266	0,009	2,52	183,18
11	Novemb er	13,59	4.685	63.689,78	0,0000 36	2,293	170	0,009	0,250	0,009	2,37	172,52
12	Desembe r	14,05	4.761	66.880,39	0,0000 36	2,408	178	0,009	0,263	0,009	2,49	181,16
Jumlah			53.33 6	735.967,0 4		26,495	1.963,266	0,1033	2,8932	0,103	27,3824	1.993,5
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI BUS AKAP 2024

NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumla h BUS AKA P	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bula n)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tah un)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tah un)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tah un)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	
1	Januari	14,05	4.663	65.503,7 3	0,0000 36	2,358	175	0,009	0,258	0,009	2,44	177,43
2	Februar i	12,69	4.272	54.203,6 1	0,0000 36	1,951	145	0,008	0,213	0,008	2,02	146,82
3	Maret	14,05	4.125	57.946,1 5	0,0000 36	2,086	155	0,008	0,228	0,008	2,16	156,96
4	April	13,59	5.347	72.689,2 8	0,0000 36	2,617	194	0,010	0,286	0,010	2,70	196,90
5	Mei	14,05	4.449	62.497,5 5	0,0000 36	2,250	167	0,009	0,246	0,009	2,33	169,29
6	Juni	13,59	4.857	66.028,0 2	0,0000 36	2,377	176	0,009	0,260	0,009	2,46	178,85
7	Juli	14,05	6.536	91.814,7 9	0,0000 36	3,305	245	0,013	0,361	0,013	3,42	248,70

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI BUS AKAP 2024

NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumla h BUS AKA P	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bula n)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tah un)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tah un)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tah un)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	
8	Agustus	14,05	5.891	82.754,1 2	0,0000 36	2,979	221	0,012	0,325	0,012	3,08	224,16
9	Septemb er	13,59	5.458	74.198,2 6	0,0000 36	2,671	198	0,010	0,292	0,010	2,76	200,98
10	Oktober	14,05	5.237	73.567,0 2	0,0000 36	2,648	196	0,010	0,289	0,010	2,74	199,27
11	Novemb er	13,59	4.997	67.931,2 4	0,0000 36	2,446	181	0,010	0,267	0,010	2,53	184,01
12	Desemb er	14,05	6.166	86.617,2 0	0,0000 36	3,118	231	0,012	0,341	0,012	3,22	234,62
Jumlah			61.99 8	855.750, 96		30,807	2.282,801	0,1201	3,3641	0,120	31,8391	2.318,0
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI MOTOR 2024

NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendara an (Motor)	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bul an)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tah un)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM BENSIN RON 90/92			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tah un)	Konver si (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tah un)	Konver si (Ton CO2- eq/Tahu n)	
1	Januari	0,78	1.860	1.441,50	0,0000 33	0,048	3	0,0016	0,04	0,0002	0,040	3,38
2	Februar i	0,70	1.650	1.155,00	0,0000 33	0,038	3	0,0013	0,04	0,0001	0,032	2,71
3	Maret	0,78	1.798	1.393,45	0,0000 33	0,046	3	0,0015	0,04	0,0001	0,039	3,27
4	April	0,75	1.710	1.282,50	0,0000 33	0,042	3	0,0014	0,04	0,0001	0,036	3,01
5	Mei	0,78	1.586	1.229,15	0,0000 33	0,041	3	0,0013	0,04	0,0001	0,034	2,88
6	Juni	0,75	1.352	1.014,00	0,0000 33	0,033	2	0,0011	0,03	0,0001	0,028	2,38
7	Juli	0,78	1.537	1.191,18	0,0000 33	0,039	3	0,0013	0,04	0,0001	0,033	2,79
8	Agustus	0,78	2.120	1.643,00	0,0000 33	0,054	4	0,0018	0,05	0,0002	0,046	3,85
9	Septem ber	0,75	1.844	1.383,00	0,0000 33	0,046	3	0,0015	0,04	0,0001	0,039	3,24

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI MOTOR 2024												
NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendara an (Motor)	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bul an)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tah un)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM BENSIN RON 90/92			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tah un)	Konver si (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tah un)	Konver si (Ton CO2- eq/Tahu n)	
10	Oktober	0,78	2.063	1.598,83	0,0000 33	0,053	4	0,0017	0,05	0,0002	0,045	3,75
11	Novemb er	0,75	2.120	1.590,00	0,0000 33	0,052	4	0,0017	0,05	0,0002	0,044	3,73
12	Desemb er	0,78	2.480	1.922,00	0,0000 33	0,063	4	0,0021	0,06	0,0002	0,054	4,51
Jumlah			22.120	16.843,6 0		0,556	38,51963	0,0183	0,5136	0,002	0,4714	39,50
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI MOBIL 2024

NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendara an (Mobil)	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bul an)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tah un)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM BENSIN RON 90/92			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tah un)	Konver si (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tah un)	Konver si (Ton CO2- eq/Tahu n)	
1	Januari	2,07	1.085	2.242,45	0,0000 33	0,074	5	0,0024	0,07	0,0002	0,063	5,26
2	Februar i	1,87	840	1.568,08	0,0000 33	0,052	4	0,0017	0,05	0,0002	0,044	3,68
3	Maret	2,07	1.240	2.562,79	0,0000 33	0,085	6	0,0028	0,08	0,0003	0,072	6,01
4	April	2,00	900	1.800,09	0,0000 33	0,059	4	0,0020	0,05	0,0002	0,050	4,22
5	Mei	2,07	868	1.793,96	0,0000 33	0,059	4	0,0020	0,05	0,0002	0,050	4,21
6	Juni	2,00	720	1.440,07	0,0000 33	0,048	3	0,0016	0,04	0,0002	0,040	3,38
7	Juli	2,07	806	1.665,82	0,0000 33	0,055	4	0,0018	0,05	0,0002	0,047	3,91
8	Agustus	2,07	1.023	2.114,31	0,0000 33	0,070	5	0,0023	0,06	0,0002	0,059	4,96
9	Septem ber	2,00	930	1.860,09	0,0000 33	0,061	4	0,0020	0,06	0,0002	0,052	4,36

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq SEKTOR EMISI MOBIL 2024

NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendara an (Mobil)	Total Pemakai an BBM (Liter)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bul an)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tah un)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM BENSIN RON 90/92			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tah un)	Konver si (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tah un)	Konver si (Ton CO2- eq/Tahu n)	
10	Oktober	2,07	651	1.345,47	0,0000 33	0,044	3	0,0015	0,04	0,0001	0,038	3,16
11	Novemb er	2,00	750	1.500,08	0,0000 33	0,050	3	0,0016	0,05	0,0002	0,042	3,52
12	Desemb er	2,07	1.395	2.883,14	0,0000 33	0,095	7	0,0031	0,09	0,0003	0,081	6,76
Jumlah			11.208	22.776,3 4		0,752	52,087	0,0248	0,6945	0,002	0,6374	53,42
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

NO	BULAN	Akumulasi Emisi CO2-eq		
		2022	2023	2024
1	Januari	383	359	353
2	Februari	282	274	285
3	Maret	353	325	317
4	April	354	322	351
5	Mei	379	363	328
6	Juni	348	316	334
7	Juli	369	346	415
8	Agustus	358	363	392
9	September	330	344	368
10	Oktober	340	362	376
11	November	317	343	331
12	Desember	340	346	403
Total		4.151,31	4.063,76	4.254,17

NO	BULAN	Akumulasi Emisi CO2-eq
		2024
1	Januari	9
2	Februari	6
3	Maret	9
4	April	7
5	Mei	7
6	Juni	6
7	Juli	7
8	Agustus	9
9	September	8
10	Oktober	7
11	November	7
12	Desember	11
Total		92,92

4. Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca ESDM

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq BUS AKDP DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2022												
NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendara an (Bus AKDP)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bula n)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bula n)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahu n)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahu n)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahu n)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	
1	Januari	14,05	5.733,00	80.534,61	0,0000 36	2,899	216	0,011	0,32	0,0113	2,996	219
2	Februari	12,69	4.583,00	58.149,61	0,0000 36	2,093	156	0,008	0,23	0,0082	2,164	158
3	Maret	14,05	5.254,00	73.805,83	0,0000 36	2,657	198	0,010	0,29	0,0104	2,746	201
4	April	13,59	5.511,00	74.918,76	0,0000 36	2,697	201	0,011	0,29	0,0105	2,787	204
5	Mei	14,05	5.212,00	73.215,83	0,0000 36	2,636	196	0,010	0,29	0,0103	2,724	199
6	Juni	13,59	5.180,00	70.419,01	0,0000 36	2,535	189	0,010	0,28	0,0099	2,620	192
7	Juli	14,05	5.293,00	74.353,69	0,0000 36	2,677	199	0,010	0,29	0,0104	2,766	202

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq BUS AKDP DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2022												
NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Bus AKDP)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
8	Agustus	14,05	5.335,00	74.943,68	0,0000 36	2,698	201	0,011	0,29	0,0105	2,788	204
9	September	13,59	4.925,00	66.952,44	0,0000 36	2,410	179	0,009	0,26	0,0094	2,491	182
10	Oktober	14,05	5.083,00	71.403,70	0,0000 36	2,571	191	0,010	0,28	0,0100	2,657	194
11	November	13,59	4.829,00	65.647,38	0,0000 36	2,363	176	0,009	0,26	0,0092	2,442	179
12	Desember	14,05	4.929,00	69.240,38	0,0000 36	2,493	186	0,010	0,27	0,0097	2,576	188
Jumlah			61.867	853.584,92		30,729	2.287,256	0,12	3,36	0,120	31,76	2.322,37
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO₂-eq BUS AKDP DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2023

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Bus AKDP)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO ₂ (Ton CO ₂ /Tahun)	Emisi CH ₄		Emisi N ₂ O		Total Emisi (Ton CO ₂ -eq/Tahun)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH ₄ (Ton CH ₄ /Tahun)	Konversi (Ton CO ₂ -eq/Tahun)	Emisi N ₂ O (Ton N ₂ O/Tahun)	Konversi (Ton CO ₂ -eq/Tahun)	
1	Januari	14,05	4.952	69.563,47	0,0000 36	2,504	186	0,01	0,27	0,01	2,6	189
2	Februari	12,69	4.146	52.604,91	0,0000 36	1,894	141	0,01	0,21	0,01	2,0	143
3	Maret	14,05	4.512	63.382,55	0,0000 36	2,282	170	0,01	0,25	0,01	2,4	172
4	April	13,59	4.416	60.032,89	0,0000 36	2,161	161	0,01	0,24	0,01	2,2	163
5	Mei	14,05	5.026	70.602,99	0,0000 36	2,542	189	0,01	0,28	0,01	2,6	192
6	Juni	13,59	4.534	61.637,03	0,0000 36	2,219	165	0,01	0,24	0,01	2,3	168
7	Juli	14,05	4.624	64.955,87	0,0000 36	2,338	174	0,01	0,26	0,01	2,4	177
8	Agustus	14,05	4.870	68.411,57	0,0000 36	2,463	183	0,01	0,27	0,01	2,5	186
9	September	13,59	4.622	62.833,33	0,0000 36	2,262	168	0,01	0,25	0,01	2,3	171
10	Oktober	14,05	4.711	66.178,01	0,0000 36	2,382	177	0,01	0,26	0,01	2,5	180

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq BUS AKDP DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2023												
NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Bus AKDP)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
11	November	13,59	4.638	63.050,85	0,0000 36	2,270	169	0,01	0,25	0,01	2,3	172
12	Desember	14,05	4.344	61.022,56	0,0000 36	2,197	164	0,01	0,24	0,01	2,3	166,0
Jumlah			55.395	764.276,03		27,514	2.047,945	0,107	3,005	0,11	28,44	2.079,39
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq BUS AKDP DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2024

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Bus AKDP)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
1	Januari	14,05	4.621	64.913,73	0,0000 36	2,337	174	0,01	0,26	0,01	2,4	177
2	Februari	12,69	4.015	50.942,76	0,0000 36	1,834	137	0,01	0,20	0,01	1,9	139
3	Maret	14,05	4.204	59.055,90	0,0000 36	2,126	158	0,01	0,23	0,01	2,2	161
4	April	13,59	4.188	56.933,36	0,0000 36	2,050	153	0,01	0,22	0,01	2,1	155
5	Mei	14,05	4.169	58.564,24	0,0000 36	2,108	157	0,01	0,23	0,01	2,2	159
6	Juni	13,59	4.225	57.436,36	0,0000 36	2,068	154	0,01	0,23	0,01	2,1	156
7	Juli	14,05	4.360	61.247,32	0,0000 36	2,205	164	0,01	0,24	0,01	2,3	167
8	Agustus	14,05	4.421	62.104,22	0,0000 36	2,236	166	0,01	0,24	0,01	2,3	169
9	September	13,59	4.548	61.827,35	0,0000 36	2,226	166	0,01	0,24	0,01	2,3	168
10	Oktober	14,05	4.645	65.250,87	0,0000 36	2,349	175	0,01	0,26	0,01	2,4	178

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq BUS AKDP DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2024												
NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Bus AKDP)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
11	November	13,59	4.002	54.404,80	0,000036	1,959	146	0,01	0,21	0,01	2,0	148
12	Desember	14,05	4.421	62.104,22	0,000036	2,236	166	0,01	0,24	0,01	2,3	169
Jumlah			51.819	714.785,15		25,732	1.915,330	0,10	2,810	0,10	26,6	1.944,73
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq BUS AKAP DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2022

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Bus AKAP)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
1	Januari	14,05	4.323,00	60.727,56	0,000036	2,186	163	0,009	0,24	0,01	2,3	165
2	Februari	12,69	3.617,00	45.892,89	0,000036	1,652	123	0,006	0,18	0,01	1,7	125
3	Maret	14,05	4.031,00	56.625,68	0,000036	2,039	152	0,008	0,22	0,01	2,1	154
4	April	13,59	4.093,00	55.641,90	0,000036	2,003	149	0,008	0,22	0,01	2,1	151
5	Mei	14,05	4.743,00	66.627,53	0,000036	2,399	179	0,009	0,26	0,01	2,5	181
6	Juni	13,59	4.263,00	57.952,94	0,000036	2,086	155	0,008	0,23	0,01	2,2	158
7	Juli	14,05	4.397,00	61.767,08	0,000036	2,224	166	0,009	0,24	0,01	2,3	168
8	Agustus	14,05	4.063,00	57.075,20	0,000036	2,055	153	0,008	0,22	0,01	2,1	155
9	September	13,59	4.028,00	54.758,26	0,000036	1,971	147	0,008	0,22	0,01	2,0	149
10	Oktober	14,05	3.857,00	54.181,40	0,000036	1,951	145	0,008	0,21	0,01	2,0	147

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq BUS AKAP DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2022

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Bus AKAP)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
11	November	13,59	3.791,00	51.536,39	0,000036	1,855	138	0,007	0,20	0,01	1,9	140
12	Desember	14,05	4.000,00	56.190,20	0,000036	2,023	151	0,008	0,22	0,01	2,1	153
Jumlah			49.206	678.977,03		24,443	1.819,379	0,095	2,669	0,095	25,26	1.847,31
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq BUS AKAP DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2023

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Bus AKAP)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
1	Januari	14,05	4.489	63.059,45	0,000036	2,270	169	0,01	0,25	0,01	2,3	172
2	Februari	12,69	3.839	48.709,66	0,000036	1,754	131	0,01	0,19	0,01	1,8	133
3	Maret	14,05	4.017	56.429,01	0,000036	2,031	151	0,01	0,22	0,01	2,1	154
4	April	13,59	4.320	58.727,82	0,000036	2,114	157	0,01	0,23	0,01	2,2	160
5	Mei	14,05	4.508	63.326,36	0,000036	2,280	170	0,01	0,25	0,01	2,4	172
6	Juni	13,59	4.039	54.907,80	0,000036	1,977	147	0,01	0,22	0,01	2,0	149
7	Juli	14,05	4.472	62.820,65	0,000036	2,262	168	0,01	0,25	0,01	2,3	171
8	Agustus	14,05	4.662	65.489,68	0,000036	2,358	175	0,01	0,26	0,01	2,4	178
9	September	13,59	4.730	64.301,53	0,000036	2,315	172	0,01	0,25	0,01	2,4	175
10	Oktober	14,05	4.814	67.624,91	0,000036	2,434	181	0,01	0,27	0,01	2,5	184

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq BUS AKAP DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2023

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Bus AKAP)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
11	November	13,59	4.685	63.689,78	0,000036	2,293	171	0,01	0,25	0,01	2,4	173
12	Desember	14,05	4.761	66.880,39	0,000036	2,408	179	0,01	0,26	0,01	2,5	182,0
Jumlah			53.336	735.967,04		26,495	1.972,088	0,103	2,893	0,103	27,38	2.002,36
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq BUS AKAP DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2024

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Bus AKAP)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
1	Januari	14,05	4.663	65.503,73	0,000036	2,358	176	0,01	0,26	0,01	2,4	178
2	Februari	12,69	4.272	54.203,61	0,000036	1,951	145	0,01	0,21	0,01	2,0	147
3	Maret	14,05	4.125	57.946,15	0,000036	2,086	155	0,01	0,23	0,01	2,2	158
4	April	13,59	5.347	72.689,28	0,000036	2,617	195	0,01	0,29	0,01	2,7	198
5	Mei	14,05	4.449	62.497,55	0,000036	2,250	167	0,01	0,25	0,01	2,3	170
6	Juni	13,59	4.857	66.028,02	0,000036	2,377	177	0,01	0,26	0,01	2,5	180
7	Juli	14,05	6.536	91.814,79	0,000036	3,305	246	0,01	0,36	0,01	3,4	250
8	Agustus	14,05	5.891	82.754,12	0,000036	2,979	222	0,01	0,33	0,01	3,1	225
9	September	13,59	5.458	74.198,26	0,000036	2,671	199	0,01	0,29	0,01	2,8	202
10	Oktober	14,05	5.237	73.567,02	0,000036	2,648	197	0,01	0,29	0,01	2,7	200

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq BUS AKAP DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2024												
NO	Bulan	Pemakai an BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendara an (Bus AKAP)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bula n)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsum si Energi (TJ/Bula n)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahu n)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2- eq/Tahu n)
		BBM SOLAR CN 48			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahu n)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahu n)	Konvers i (Ton CO2- eq/Tahu n)	
11	Novemb er	13,59	4.997	67.931,24	0,00003 6	2,446	182	0,01	0,27	0,01	2,5	185
12	Desembe r	14,05	6.166	86.617,20	0,00003 6	3,118	232	0,01	0,34	0,01	3,2	236
Jumlah			61.998	855.750,96		30,807	2.293,060	0,12	3,364	0,12	31,84	2.328,26
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq MOTOR DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2024

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Motor)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM BENSIN RON 90/92			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
1	Januari	0,78	1.860	1.441,50	0,000033	0,048	3	0,002	0,04	0,00	0,040339	4
2	Februari	0,70	1.650	1.155,00	0,000033	0,038	3	0,001	0,04	0,00	0,032322	3
3	Maret	0,78	1.798	1.393,45	0,000033	0,046	3	0,002	0,04	0,00	0,038994	3
4	April	0,75	1.710	1.282,50	0,000033	0,042	3	0,001	0,04	0,00	0,035889	3
5	Mei	0,78	1.586	1.229,15	0,000033	0,041	3	0,001	0,04	0,00	0,034397	3
6	Juni	0,75	1.352	1.014,00	0,000033	0,033	2	0,001	0,03	0,00	0,028376	2
7	Juli	0,78	1.537	1.191,18	0,000033	0,039	3	0,001	0,04	0,00	0,033334	3
8	Agustus	0,78	2.120	1.643,00	0,000033	0,054	4	0,002	0,05	0,00	0,045978	4
9	September	0,75	1.844	1.383,00	0,000033	0,046	3	0,002	0,04	0,00	0,038702	3
10	Oktober	0,78	2.063	1.598,83	0,000033	0,053	4	0,002	0,05	0,00	0,044742	4

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq MOTOR DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 2024

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Motor)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM BENSIN RON 90/92			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
11	November	0,75	2.120	1.590,00	0,000033	0,052	4	0,002	0,05	0,00	0,044495	4
12	Desember	0,78	2.480	1.922,00	0,000033	0,063	5	0,002	0,06	0,00	0,053785	5
Jumlah			22.120	16.843,60		0,556	40,354	0,018	0,514	0,002	0,47	41,34
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq MOBIL DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 20224

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Mobil)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM BENSIN SOLAR RON 90/92			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
1	Januari	2,07	1.085	2.242,34	0,000033	0,074	5	0,002	0,07	0,00	0,1	6
2	Februari	1,87	840	1.568,01	0,000033	0,052	4	0,002	0,05	0,00	0,1	4
3	Maret	2,07	1.240	2.562,68	0,000033	0,085	6	0,003	0,08	0,00	0,1	6
4	April	2,00	900	1.800,01	0,000033	0,059	4	0,002	0,05	0,00	0,1	4
5	Mei	2,07	868	1.793,88	0,000033	0,059	4	0,002	0,05	0,00	0,1	4
6	Juni	2,00	720	1.440,01	0,000033	0,048	3	0,002	0,04	0,00	0,0	4
7	Juli	2,07	806	1.665,74	0,000033	0,055	4	0,002	0,05	0,00	0,1	4
8	Agustus	2,07	1.023	2.114,21	0,000033	0,070	5	0,002	0,06	0,00	0,1	5
9	September	2,00	930	1.860,01	0,000033	0,061	4	0,002	0,06	0,00	0,1	5
10	Oktober	2,07	651	1.345,41	0,000033	0,044	3	0,001	0,04	0,00	0,0	3

ANALISIS OBSERVASI CO2-eq MOBIL DI AREA TERMINAL TIDAR BERDASARKAN BULAN TAHUN 20224

NO	Bulan	Pemakaian BBM Bulanan (L/Km)	Jumlah Kendaraan (Mobil)	Total Pemakaian BBM (Liter/Bulan)	Nilai Kalor BBM (NCV)	Konsumsi Energi (TJ/Bulan)	Emisi CO2 (Ton CO2/Tahun)	Emisi CH4		Emisi N2O		Total Emisi (Ton CO2-eq/Tahun)
		BBM BENSIN SOLAR RON 90/92			TJ/L			Emisi CH4 (Ton CH4/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	Emisi N2O (Ton N2O/Tahun)	Konversi (Ton CO2-eq/Tahun)	
11	November	2,00	750	1.500,01	0,000033	0,050	4	0,002	0,05	0,00	0,1	4
12	Desember	2,07	1.395	2.883,01	0,000033	0,095	7	0,003	0,09	0,00	0,1	7
Jumlah			11.208	22.775,31		0,752	54,5651	0,025	0,694	0,003	0,78	56,04
TOTAL EMISI CO2-eq/Tahun												

NO	BULAN	Akumulasi Emisi CO2-eq		
		2022	2023	2024
1	Januari	384	361	355
2	Februari	283	276	286
3	Maret	355	326	318
4	April	355	323	353
5	Mei	380	364	329
6	Juni	349	317	336
7	Juli	370	348	416
8	Agustus	359	364	394
9	September	331	346	370
10	Oktober	342	364	378
11	November	319	345	333
12	Desember	341	348	405
Total		4.169,68	4.081,75	4.273,00

NO	BULAN	Akumulasi Emisi CO2-eq
		2024
1	Januari	9
2	Februari	7
3	Maret	10
4	April	8
5	Mei	7
6	Juni	6
7	Juli	7
8	Agustus	9
9	September	8
10	Oktober	7
11	November	8
12	Desember	12
Total		97,38

5. Emisi Gas Rumah Kaca Saat *Idle*

IDLE BUS AKDP 2022								
No	Bulan	Konsumsi Bahan Bakar (L/Jam)	Faktor Emisi CO2 Bahan Bakar (g/L)	Waktu <i>Idle</i> (menit)	Waktu <i>Idle</i> (Jam)	Jumlah Kendaraan	Emisi Per Bulan (Kilogram)	Emisi Per Bulan (Ton)
1	Januari	0,4	2924,9	15	0,250	5.733	1676,85	1,67685
2	Februari	0,4	2924,9	15	0,250	4.583	1340,48	1,34048
3	Maret	0,4	2924,9	15	0,250	5.254	1536,74	1,53674
4	April	0,4	2924,9	15	0,250	5.511	1611,91	1,61191
5	Mei	0,4	2924,9	15	0,250	5.212	1524,46	1,52446
6	Juni	0,4	2924,9	15	0,250	5.180	1515,10	1,51510
7	Juli	0,4	2924,9	15	0,250	5.293	1548,15	1,54815
8	Agustus	0,4	2924,9	15	0,250	5.335	1560,43	1,56043
9	September	0,4	2924,9	15	0,250	4.925	1440,51	1,44051
10	Oktober	0,4	2924,9	15	0,250	5.083	1486,73	1,48673
11	November	0,4	2924,9	15	0,250	4.829	1412,43	1,41243
12	Desember	0,4	2924,9	15	0,250	4.929	1441,68	1,44168
TOTAL EMISI <i>IDLE</i> KENDARAAN (TON/TAHUN)								18,095

IDLE BUS AKDP 2023								
No	Bulan	Konsumsi Bahan Bakar (L/Jam)	Faktor Emisi CO2 Bahan Bakar (g/L)	Waktu Idle (menit)	Waktu Idle (Jam)	Jumlah Kendaraan	Emisi Per Bulan (Kilogram)	Emisi Per Bulan (Ton)
1	Januari	0,4	2924,9	15	0,250	4.952	1448,41	1,44841
2	Februari	0,4	2924,9	15	0,250	4.146	1212,66	1,21266
3	Maret	0,4	2924,9	15	0,250	4.512	1319,71	1,31971
4	April	0,4	2924,9	15	0,250	4.416	1291,64	1,29164
5	Mei	0,4	2924,9	15	0,250	5.026	1470,05	1,47005
6	Juni	0,4	2924,9	15	0,250	4.534	1326,15	1,32615
7	Juli	0,4	2924,9	15	0,250	4.624	1352,47	1,35247
8	Agustus	0,4	2924,9	15	0,250	4.870	1424,43	1,42443
9	September	0,4	2924,9	15	0,250	4.622	1351,89	1,35189
10	Oktober	0,4	2924,9	15	0,250	4.711	1377,92	1,37792
11	November	0,4	2924,9	15	0,250	4.638	1356,57	1,35657
12	Desember	0,4	2924,9	15	0,250	4.344	1270,58	1,27058
TOTAL EMISI IDLE KENDARAAN (TON/TAHUN)								16,202

IDLE BUS AKDP 2024								
No	Bulan	Konsumsi Bahan Bakar (L/Jam)	Faktor Emisi CO2 Bahan Bakar (g/L)	Waktu Idle (menit)	Waktu Idle (Jam)	Jumlah Kendaraan	Emisi Per Bulan (Kilogram)	Emisi Per Bulan (Ton)
1	Januari	0,4	2924,9	15	0,250	4.621	1351,60	1,35160
2	Februari	0,4	2924,9	15	0,250	4.015	1174,35	1,17435
3	Maret	0,4	2924,9	15	0,250	4.204	1229,63	1,22963
4	April	0,4	2924,9	15	0,250	4.188	1224,95	1,22495
5	Mei	0,4	2924,9	15	0,250	4.169	1219,39	1,21939
6	Juni	0,4	2924,9	15	0,250	4.225	1235,77	1,23577
7	Juli	0,4	2924,9	15	0,250	4.360	1275,26	1,27526
8	Agustus	0,4	2924,9	15	0,250	4.421	1293,10	1,29310
9	September	0,4	2924,9	15	0,250	4.548	1330,24	1,33024
10	Oktober	0,4	2924,9	15	0,250	4.645	1358,62	1,35862
11	November	0,4	2924,9	15	0,250	4.002	1170,54	1,17054
12	Desember	0,4	2924,9	15	0,250	4.421	1293,10	1,29310
TOTAL EMISI IDLE KENDARAAN (TON/TAHUN)								15,157

IDLE BUS AKAP 2022								
No	Bulan	Konsumsi Bahan Bakar (L/Jam)	Faktor Emisi CO2 Bahan Bakar (g/L)	Waktu Idle (menit)	Waktu Idle (Jam)	Jumlah Kendaraan	Emisi Per Bulan (Kilogram)	Emisi Per Bulan (Ton)
1	Januari	0,7	2924,9	30	0,500	4.323	4425,52	4,42552
2	Februari	0,7	2924,9	30	0,500	3.617	3702,78	3,70278
3	Maret	0,7	2924,9	30	0,500	4.031	4126,60	4,12660
4	April	0,7	2924,9	30	0,500	4.093	4190,07	4,19007
5	Mei	0,7	2924,9	30	0,500	4.743	4855,48	4,85548
6	Juni	0,7	2924,9	30	0,500	4.263	4364,10	4,36410
7	Juli	0,7	2924,9	30	0,500	4.397	4501,27	4,50127
8	Agustus	0,7	2924,9	30	0,500	4.063	4159,35	4,15935
9	September	0,7	2924,9	30	0,500	4.028	4123,52	4,12352
10	Oktober	0,7	2924,9	30	0,500	3.857	3948,47	3,94847
11	November	0,7	2924,9	30	0,500	3.791	3880,90	3,88090
12	Desember	0,7	2924,9	30	0,500	4.000	4094,86	4,09486
TOTAL EMISI IDLE KENDARAAN (TON/TAHUN)								50,373

IDLE BUS AKAP 2023								
No	Bulan	Konsumsi Bahan Bakar (L/Jam)	Faktor Emisi CO2 Bahan Bakar (g/L)	Waktu Idle (menit)	Waktu Idle (Jam)	Jumlah Kendaraan	Emisi Per Bulan (Kilogram)	Emisi Per Bulan (Ton)
1	Januari	0,7	2924,9	30	0,500	4.489	4595,46	4,59546
2	Februari	0,7	2924,9	30	0,500	3.839	3930,04	3,93004
3	Maret	0,7	2924,9	30	0,500	4.017	4112,26	4,11226
4	April	0,7	2924,9	30	0,500	4.320	4422,45	4,42245
5	Mei	0,7	2924,9	30	0,500	4.508	4614,91	4,61491
6	Juni	0,7	2924,9	30	0,500	4.039	4134,78	4,13478
7	Juli	0,7	2924,9	30	0,500	4.472	4578,05	4,57805
8	Agustus	0,7	2924,9	30	0,500	4.662	4772,56	4,77256
9	September	0,7	2924,9	30	0,500	4.730	4842,17	4,84217
10	Oktober	0,7	2924,9	30	0,500	4.814	4928,16	4,92816
11	November	0,7	2924,9	30	0,500	4.685	4796,10	4,79610
12	Desember	0,7	2924,9	30	0,500	4.761	4873,91	4,87391
TOTAL EMISI IDLE KENDARAAN (TON/TAHUN)								54,601

IDLE BUS AKAP 2024								
No	Bulan	Konsumsi Bahan Bakar (L/Jam)	Faktor Emisi CO2 Bahan Bakar (g/L)	Waktu Idle (menit)	Waktu Idle (Jam)	Jumlah Kendaraan	Emisi Per Bulan (Kilogram)	Emisi Per Bulan (Ton)
1	Januari	0,7	2924,9	30	0,500	4.663	4773,58	4,77358
2	Februari	0,7	2924,9	30	0,500	4.272	4373,31	4,37331
3	Maret	0,7	2924,9	30	0,500	4.125	4222,82	4,22282
4	April	0,7	2924,9	30	0,500	5.347	5473,80	5,47380
5	Mei	0,7	2924,9	30	0,500	4.449	4554,51	4,55451
6	Juni	0,7	2924,9	30	0,500	4.857	4972,18	4,97218
7	Juli	0,7	2924,9	30	0,500	6.536	6691,00	6,69100
8	Agustus	0,7	2924,9	30	0,500	5.891	6030,71	6,03071
9	September	0,7	2924,9	30	0,500	5.458	5587,44	5,58744
10	Oktober	0,7	2924,9	30	0,500	5.237	5361,20	5,36120
11	November	0,7	2924,9	30	0,500	4.997	5115,50	5,11550
12	Desember	0,7	2924,9	30	0,500	6.166	6312,23	6,31223
TOTAL EMISI IDLE KENDARAAN (TON/TAHUN)								63,468

BUS AKDP

NO	Bulan	Akumulasi Jejak Karbon <i>IDLE</i> CO2-eq Sebelum Reduksi			Akumulasi Jejak Karbon <i>IDLE</i> CO2-eq Sesudah Reduksi		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
1	Januari	1,68	1,45	1,35	1,12	0,97	0,90
2	Februari	1,34	1,21	1,17	0,89	0,81	0,78
3	Maret	1,54	1,32	1,23	1,02	0,88	0,82
4	April	1,61	1,29	1,22	1,07	0,86	0,82
5	Mei	1,52	1,47	1,22	1,02	0,98	0,81
6	Juni	1,52	1,33	1,24	1,01	0,88	0,82
7	Juli	1,55	1,35	1,28	1,03	0,90	0,85
8	Agustus	1,56	1,42	1,29	1,04	0,95	0,86
9	September	1,44	1,35	1,33	0,96	0,90	0,89
10	Oktober	1,49	1,38	1,36	0,99	0,92	0,91
11	November	1,41	1,36	1,17	0,94	0,90	0,78
12	Desember	1,44	1,27	1,29	0,96	0,85	0,86
TOTAL		18,10	16,20	15,16	12,06	10,80	10,10

BUS AKAP

NO	Bulan	Akumulasi Jejak Karbon <i>IDLE</i> CO2-eq Sebelum Reduksi			Akumulasi Jejak Karbon <i>IDLE</i> CO2-eq Sesudah Reduksi		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
1	Januari	4,43	4,60	4,77	2,95	3,06	3,18
2	Februari	3,70	3,93	4,37	2,47	2,62	2,92
3	Maret	4,13	4,11	4,22	2,75	2,74	2,82
4	April	4,19	4,42	5,47	2,79	2,95	3,65
5	Mei	4,86	4,61	4,55	3,24	3,08	3,04
6	Juni	4,36	4,13	4,97	2,91	2,76	3,31
7	Juli	4,50	4,58	6,69	3,00	3,05	4,46
8	Agustus	4,16	4,77	6,03	2,77	3,18	4,02
9	September	4,12	4,84	5,59	2,75	3,23	3,72
10	Oktober	3,95	4,93	5,36	2,63	3,29	3,57
11	November	3,88	4,80	5,12	2,59	3,20	3,41
12	Desember	4,09	4,87	6,31	2,73	3,25	4,21
TOTAL		50,37	54,60	63,47	33,58	36,40	42,31

6. Lampiran Form Wawancara



FORM WAWANCARA
FORM WAWANCARA TUGAS AKHIR TEKNIK LINGKUNGAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Analisis *Carbon Footprint* dari Penggunaan Bahan Bakar Minyak di Terminal Tidar Magelang

A. Identitas Perusahaan Otobus		
No	Data	Keterangan
1	Nama Perusahaan otobus	Randuwa 87
2	Tujuan/Trayek	Tangerang

B. Identitas Narasumber		
No	Data	Keterangan
1	Nama Responden	dedang
2	Jabatan	Supir bus
3	Waktu Operasional (Jam/Hari)	

C. Pertanyaan Wawancara Topik (Primer)	
No	Pertanyaan
1	Apa Jenis Bahan Bakar Yang Digunakan
	Solar
2	Berapa rata - rata bahan bakar yang digunakan dalam satu kali pemberangkatan?
	230 liter
3	Jenis mesin bus?
	Jetbus SMD
4	Berapa jarak tempuh terjauh dan terdekat bus (Km) ?
	546 km
5	Berapa lama waktu pemberhentian bus di terminal tidar?
	25 menit



FORM WAWANCARA FORM WAWANCARA TUGAS AKHIR TEKNIK LINGKUNGAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Analisis *Carbon Footprint* dari Penggunaan Bahan Bakar Minyak di Terminal Tidar Magelang

A. Identitas Perusahaan Otobus		
No	Data	Keterangan
1	Nama Perusahaan otobus	Santoso
2	Tujuan/Trayek	Cikarang

B. Identitas Narasumber		
No	Data	Keterangan
1	Nama Responden	Isnanda
2	Jabatan	Supir bus
3	Waktu Operasional (Jam/Hari)	

C. Pertanyaan Wawancara Topik (Primer)	
No	Pertanyaan
1	Apa Jenis Bahan Bakar Yang Digunakan
	solar
2	Berapa rata - rata bahan bakar yang digunakan dalam satu kali pemberangkatan?
	180 liter
3	Jenis mesin bus?
	Mercedes - benz OH 1521
4	Berapa jarak tempuh terjauh dan terdekat bus (Km) ?
	483 km
5	Berapa lama waktu pemberhentian bus di terminal tidar?
	25 menit



FORM WAWANCARA FORM WAWANCARA TUGAS AKHIR TEKNIK LINGKUNGAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Analisis *Carbon Footprint* dari Penggunaan Bahan Bakar Minyak di Terminal Tidar Magelang

A. Identitas Perusahaan Otobus		
No	Data	Keterangan
1	Nama Perusahaan otobus	Roselia indah
2	Tujuan/Trayek	Bekasi

B. Identitas Narasumber		
No	Data	Keterangan
1	Nama Responden	Pak andi
2	Jabatan	Supir bus
3	Waktu Operasional (Jam/Hari)	

C. Pertanyaan Wawancara Topik (Primer)	
No	Pertanyaan
1	Apa Jenis Bahan Bakar Yang Digunakan
	Solar
2	Berapa rata - rata bahan bakar yang digunakan dalam satu kali pemberangkatan?
	165 liter
3	Jenis mesin bus?
	Mercedes - benz OH 1626
4	Berapa jarak tempuh terjauh dan terendah bus (Km) ?
	487 km
5	Berapa lama waktu pemberhentian bus di terminal tidar?
	25 menit



FORM WAWANCARFORM WAWANCARA TUGAS AKHIR TEKNIK LINGKUNGAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Analisis *Carbon Footprint* dari Penggunaan Bahan Bakar Minyak di Terminal Tidar Magelang

A. Identitas Perusahaan Otobus		
No	Data	Keterangan
1	Nama Perusahaan otobus	Sugeng ratayu
2	Tujuan/Trayek	Ngejok

B. Identitas Narasumber		
No	Data	Keterangan
1	Nama Responden	Fendi
2	Jabatan	kernet
3	Waktu Operasional (Jam/Hari)	

C. Pertanyaan Wawancara Topik (Primer)	
No	Pertanyaan
1	Apa Jenis Bahan Bakar Yang Digunakan
	Solar
2	Berapa rata - rata bahan bakar yang digunakan dalam satu kali pemberangkatan?
	90 liter
3	Jenis mesin bus?
	Mercedes - benz 1626 MT E4
4	Berapa jarak tempuh terjauh dan terdekat bus (Km) ?
	237 km
5	Berapa lama waktu pemberhentian bus di terminal tidar?
	25 menit



FORM WAWANCARFORM WAWANCARA TUGAS AKHIR TEKNIK LINGKUNGAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Analisis Carbon Footprint dari Penggunaan Bahan Bakar Minyak di Terminal Tidar Magelang

A. Identitas Perusahaan Otobus		
No	Data	Keterangan
1	Nama Perusahaan otobus	Galih putra
2	Tujuan/Trayek	wonosobo

B. Identitas Narasumber		
No	Data	Keterangan
1	Nama Responden	Haryanto
2	Jabatan	Supir bus
3	Waktu Operasional (Jam/Hari)	

C. Pertanyaan Wawancara Topik (Primer)	
No	Pertanyaan
1	Apa Jenis Bahan Bakar Yang Digunakan
	Solar
2	Berapa rata - rata bahan bakar yang digunakan dalam satu kali pemberangkatan?
	40 liter
3	Jenis mesin bus?
	Isuzu ELF NOR 71B
4	Berapa jarak tempuh terjauh dan terdekat bus (Km) ?
	82 km
5	Berapa lama waktu pemberhentian bus di terminal tidar?
	17 menit

7. Dokumentasi Penelitian







RIWAYAT HIDUP

Saya Muhammad Arif Wicaksono yang biasa dipanggil Arif. Saya lahir di Surabaya, 15 Maret 2002. Saya merupakan anak kedua dari dua saudara kandung yang ada dalam keluarga kami dari orang tua saya yang bernama Mirza Indianto dan Wahjuni Julianti. Saya menempuh pendidikan di SDN KPS, Kota Balikpapan (2008-2013), dilanjutkan SMP Islam Al Azhar 26 Yogyakarta (2013-2016) serta SMA Islam Alzhar 9 Yogyakarta (2016-2020). Saat ini, saya adalah seorang mahasiswa yang sedang menempuh semester akhir di program S1 Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia (UII). Beragam kegiatan baik akademik maupun non-akademik telah saya jalani selama berkuliah di sini. Selain berstatus sebagai mahasiswa aktif di universitas, penulis juga mengikuti kepanitiaan dalam kampus yakni Enviro Champion Sebagai Organizing Committee tahun 2021 penulis menjabat sebagai wakil ketua Divisi Dana dan Usaha dan menjadi panitia Lintas Lingkungan 2021 sebagai wakil ketua Divisi Media Kreatif.