

Inventarisasi Gas Rumah Kaca dari Kegiatan Transportasi di Industri Karung Plastik

Maulida Alfu Chusniyyah¹, Ahmad Erlan Afiuddin^{1*}, dan Mar'atus Sholihah¹

¹ Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri

Surabaya, Surabaya 6011

*E-mail : erlan.ahmad@ppns.ac.id

Abstrak

Pemanasan global disebabkan oleh peningkatan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) dengan karbon dioksida (CO₂) sebagai kontributor utama yang sebagian besar bersumber dari aktivitas sektor industri dan transportasi. Industri karung plastik merupakan salah satu sektor industri manufaktur yang menghasilkan emisi karbon dari berbagai aktivitasnya, termasuk sektor transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran emisi CO₂ yang dihasilkan dari sektor transportasi di industri karung plastik, serta mengetahui persebaran emisinya menggunakan metode pemetaan berbasis *software AutoCAD*. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif, dengan pendekatan inventarisasi data primer melalui survei dan observasi lapangan serta data sekunder dari industri karung plastik. Perhitungan emisi karbon dari sektor transportasi menggunakan metode Tier 2 sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa emisi CO₂ sektor transportasi yaitu sebesar 711,12 TonCO₂/tahun, dengan kontribusi terbesar berasal dari kendaraan pekerja dan pegawai serta kendaraan aset. Pemetaan persebaran emisi karbon menggunakan *software AutoCAD* menunjukkan konsentrasi emisi tinggi hingga sangat tinggi di area operasional seperti parkir pekerja dan pegawai serta parkir kendaraan aset. Hasil pemetaan menjadi acuan dalam upaya mitigasi emisi karbon di sektor transportasi melalui optimalisasi rute kendaraan.

Keywords: Emisi Karbon, Transportasi, Industri Karung Plastik, AutoCAD, Pemetaan Emisi, Mitigasi

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global disebabkan oleh peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer, dengan CO₂ sebagai kontributor utama (Al-Ghussain., 2018). Intergovernmental Panel On Climate Change (IPPC) dalam penelitian Kurnia (2021) menguraikan mengenai komposisi GRK mengandung CO₂ sebesar 70% gas dan metana (CH₄) yang ada di dalamnya. Data yang dirilis oleh Kementerian Lingkungan Hidup pada Tahun 2018, sektor industri merupakan penyumbang signifikan emisi CO₂ dengan kontribusi sebesar 46% dari total emisi yang dilepaskan ke atmosfer dengan industri manufaktur dan konstruksi menyumbang sekitar 15% dari keseluruhan emisi (Amelia Safitri, 2022). Industri karung plastik merupakan industri manufaktur yang berfokus pada produksi karung plastik, meliputi *jumbo bag* dan *woven bag*. Industri plastik memberikan kontribusi terhadap emisi CO₂ pada rantai operasional berupa sektor energi, sektor limbah dan sektor transportasi (Bauer et al., 2022).

Sektor transportasi di kawasan industri secara signifikan berkontribusi terhadap peningkatan emisi CO₂ dari pembakaran bahan bakar fosil. Studi di Surabaya, menunjukkan korelasi yang kuat antara jumlah kendaraan terutama sepeda motor dan kendaraan aset industri dengan emisi CO₂ (Ismail dkk., 2019). *Congressional Budget Office* (2022) menguraikan bahwa porsi terbesar emisi CO₂ pada sektor industri berasal dari transportasi darat yaitu sebesar 38,88%. Data tersebut menegaskan bahwa industri dan transportasi di Indonesia secara konsisten menduduki peringkat teratas kontributor emisi CO₂ (Gobel., 2019). Zat pencemar udara yang berasal dari kendaraan bermotor seperti CO₂ dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan atmosfer sehingga perlu adanya pengendalian emisi karbon (Li dkk., 2017). Inventarisasi emisi yang akurat dapat digunakan untuk menentukan pengendalian yang tepat pada sektor transportasi di industri karung plastik.

Industri karung plastik telah melakukan identifikasi sumber emisi pada sektor transportasi yang dikategorikan menjadi kendaraan karyawan dan pegawai serta kendaraan aset namun perlu dilakukan nya inventarisasi untuk mengetahui beban emisi pada sektor transportasi sehingga industri karung plastik merupakan objek yang tepat pada penelitian ini. Penelitian ini memberikan manfaat bagi industri untuk melakukan evaluasi emisi karbon di industri karung plastik dengan mengetahui beban emisi CO₂. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat emisi CO₂ yang dihasilkan oleh transportasi dari aktivitas industri karung plastik sehingga dapat diketahui persebaran emisi CO₂ menggunakan *software AutoCAD*. Perhitungan emisi CO₂ meliputi perhitungan emisi CO₂ yang berasal dari penggunaan kendaraan pegawai dan pekerja serta kendaraan aset. Hasil akhir penelitian merupakan peta penyebaran emisi gas CO₂ untuk mendukung skenario mitigasi emisi karbon di industri karung plastik.

2. METODOLOGI

2.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari studi literatur, pengumpulan data primer dan sekunder, pengolahan dan analisis data. Pengumpulan data primer dilakukan secara langsung di industri karung plastik untuk melakukan inventarisasi jumlah kendaraan karyawan dan pekerja serta jarak tempuh kendaraan karyawan dan pegawai. Data sekunder berupa jumlah kendaraan aset, jarak tempuh kendaraan aset dan faktor emisi.

Perhitungan beban emisi sektor transportasi mengacu pada IPCC pada metode Tier 2 dengan faktor emisi berbasis kilometer jalan kendaraan. Persamaan yang akan digunakan yaitu Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$VKT_{j,line} = \sum Q_{ji} \times l_i \quad (1)$$

$$Ec_{ji} = VKT_{ji} \times EF_c(100 - C)/100 \quad (2)$$

Keterangan :

$VKT_{j,line}$: VKT kategori kendaraan j pada ruas jalan i yang dihitung sebagai sumber garis (km/tahun)

Q_{ji} : Volume kendaraan dalam kategori j pada ruas jalan (kendaraan/tahun)

l_i : Panjang ruas jalan I (km)

Ec_{ji} : Emisi pencemar c untuk kendaraan kategori j pada ruas jalan

C : Efisiensi peralatan pengendali emisi (%)

C : 0, jika tidak terpasang peralatan pengendali

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi lokal yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 12 Tahun 2010 tentang Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. Tabel faktor emisi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Emisi Nasional Metode Tier 2

Kategori Perhitungan Pencemar Udara	Parameter		
	CO ₂ (g/Kg)	CH ₄ (g/Kg)	N ₂ O (g/Kg)
Sepeda Motor	3180	0,26	0,002
Mobil Bensin	3180	0,07	0,005
Mobil Solar	3180	0,01	0,014
Bus	3180	0,06	0,031
Truk	3180	0,01	0,031

Sumber:(Kementerian Lingkungan Hidup, 2010)

Perhitungan emisi CO₂ tergantung pada ekonomi bahan bakar per jenis kendaraan. Karena nilai VKT total akan dibagi dengan ekonomi bahan bakar per jenis kendaraan dan dikalikan dengan densitas bahan bakar, baru dikalikan dengan faktor emisi. Ekonomi bahan bakar sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 seperti pada. Densitas bahan bakar solar adalah 0,8 kg/L (Kalghatgi, 2014)

Tabel 2. Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Bermotor Nasional

Kategori	Km/liter
Sedan	9,8
Minibus/Van	8
Taksi	8,7
Angkot	7,5
Bis sedang	4
Bis besar	3,5
Pick up	8,5
Truk 2 engkel	4,4
Truk 3 engkel	4
Jeep	8
Sepeda motor	28

Sumber:(Kementerian Lingkungan Hidup, 2010)

2.2. Ruang Lingkup

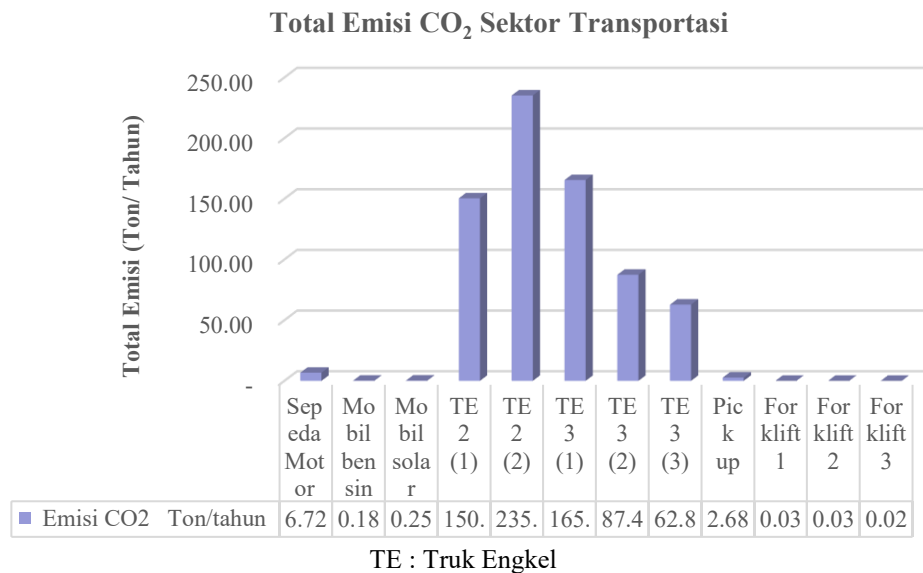
Ruang lingkup penelitian pada sektor transportasi di industri karung plastik terdiri dari 2 kategori yaitu kendaraan karyawan dan pegawai serta kendaraan aset. Kendaraan karyawan dan

pekerja pada industri karung plastik mencakup dari jumlah sepeda motor dan mobil sebagai mobilisasi karyawan dan pekerja yang berada di sekitar area parkir 1 dan parkir 2, sedangkan kendaraan aset perusahaan mencakup truk, mobil box serta forklift milik industri karung plastik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis Perhitungan Emisi CO₂

Hasil analisis perhitungan total emisi CO₂ merupakan total secara keseluruhan emisi yang dihasilkan dari kendaraan karyawan dan pekerja serta kendaraan aset di industri karung plastik selama satu tahun yang disajikan dalam Gambar 1 dengan total nilai emisi CO₂ sebesar 711,12 Ton CO₂/tahun. Nilai ini merupakan akumulasi dari kendaraan karyawan dan pekerja serta kendaraan aset di industri karung plastik selama satu tahun.

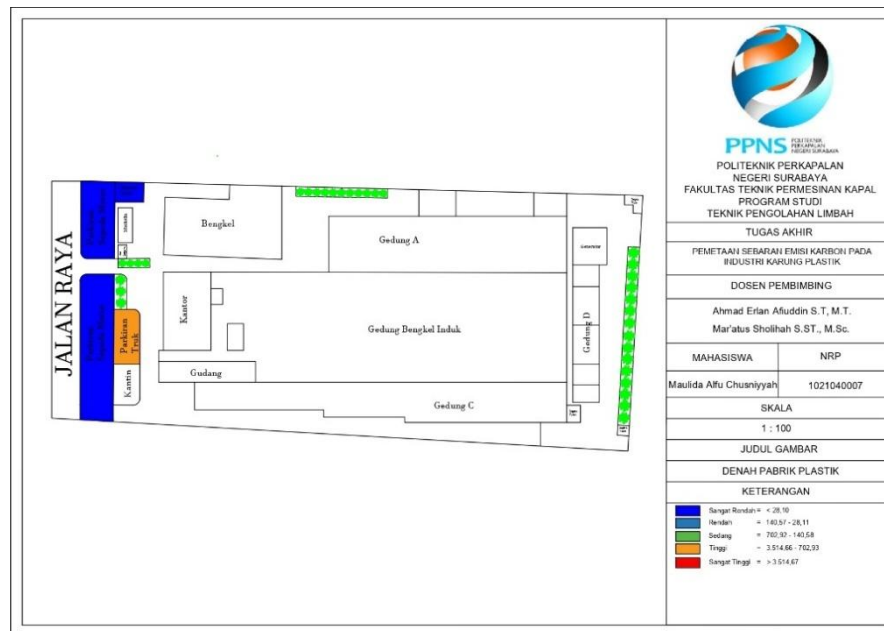


Gambar. 1 Grafik Emisi CO₂ pada Sektor Transportasi di Industri Karung Plastik

Gambar 1 mendeksripsikan mengenai nilai emisi CO₂ terbesar pada sektor transportasi yaitu truk engkel 2 (2) sebesar 235,16 Ton CO₂/tahun. Besarnya emisi berkaitan dengan panjang nya rute distribusi yang dilalui oleh truk engkel 2 (2). Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian Harijadi dkk (2024) mengenai pengiriman dari pabrik ke pelabuhan surabaya menghasilkan emisi karbon per unit produk berdasarkan total jarak tempuh pengiriman. Nilai emisi CO₂ terkecil pada sektor transportasi yaitu forklift sebesar 0,02 Ton CO₂/tahun. Rendahnya nilai emisi ini disebabkan oleh jarak tempuh forklift yang relatif pendek atau terbatas. Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian Byambakhorloo (2024) mengenai bahwa emisi karbon pengiriman paket sangat dipengaruhi oleh jarak tempuh pada fase *last-mile delivery* sehingga seiring bertambahnya jarak maka emisi karbon per paket meningkat

3.2 Peta Persebaran Emisi CO₂ Menggunakan *Software Autocad*

Pemetaan sebaran emisi CO₂ di area industri karung plastik disajikan dalam Gambar 2 dengan menggunakan *software Autocad* yang dapat berkontribusi pada akurasi penggambaran batas-batas area industri, lokasi parkir perusahaan serta integrasi elemen spasial persebaran emisi karbon yang dihasilkan dari aktivitas industri karung plastik (Kusuma Admaja dkk., 2020).



Gambar 2. Peta Persebaran Emisi Karbon di Area Industri Karung Plastik

Gambar 2 mendeskripsikan mengenai distribusi spasial emisi karbon di area parkir kendaraan aset menunjukkan tingkat emisi karbon yang tinggi dikarenakan pada area tersebut terdapat truk engkel yang memiliki fungsi untuk sebagai mobilisasi distribusi karung plastik sehingga menghasilkan emisi CO₂ yang tinggi. Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian Harijadi dkk (2024) mengenai pengiriman dari pabrik ke pelabuhan surabaya menghasilkan emisi karbon per unit produk berdasarkan total jarak tempuh pengiriman sedangkan parkir kendaraan karyawan dan pegawai menunjukkan tingkat emisi karbon yang rendah. Distribusi spasial emisi karbon pada *software Autocad* menggunakan pendekatan kuantitatif sektoral yang hasilnya divisualisasikan secara spasial menggunakan peta digital dengan pewarnaan berbasis rentang nilai emisi karbon (D. A. Putri dkk., 2017)

3.3 Skenario Mitigasi Emisi CO₂

Optimalisasi rute distribusi merupakan pendekatan skenario mitigasi yang strategis dalam efisiensi distribusi yang bertujuan untuk meminimalkan jarak tempuh dan menghindari rute yang mengalami kepadatan lalu lintas (Putra & Handoko, 2021). Mengatur ulang pola rute berdasarkan waktu pengiriman dapat mengurangi waktu distribusi sehingga penerapan optimalisasi rute distribusi dengan melakukan penjadwalan pengiriman menjadi jam 10 malam hingga jam 5 pagi. Penerapan optimalisasi rute distribusi dapat mengurangi emisi karbon sebesar 24,5% dengan membandingkan waktu tempuh pengiriman pada pagi hari dan malam hari (Utomo & Irfan, 2022). Hasil Perhitungan efisiensi optimasi jarak pada kendaraan aset lainnya dapat dihitung dengan rumus perhitungan yang sama sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Waktu Tempuh

Jenis Kendaraan	Waktu Tempuh pada Jam 09.00	Waktu Tempuh pada Jam 22.30	Perbedaan Waktu	Efisiensi Optimasi Jarak
(Unit)	(Menit)	(Menit)	(Menit)	%
Truk Engkel 2 (1)	286	178	108	37,76%
Truk Engkel 2 (2)	480	338	132	34,74%
Truk Engkel 3 (1)	298	185	113	37,92%
Truk Engkel 3 (2)	328	208	120	36,59%
Truk Engkel 3 (3)	210	135	75	35,71%
Pick up	154	125	29	18,83%
Rata-Rata Efisiensi Jarak			89	33,36%

Tabel 3 memaparkan mengenai diketahui bahwa rata-rata efisiensi optimasi jarak pada kendaraan aset dengan rute distribusi karung plastik yaitu sebesar 33,36% dengan rata-rata perbedaan waktu tempuh di pagi hari dan di malam hari sebesar 109 menit. Efisiensi optimasi jarak dapat berpengaruh pada emisi karbon yang dihasilkan oleh truk dikarenakan emisi karbon yang dihasilkan ketika mesin truk berhenti lebih banyak daripada mesin truk berkendara secara normal (Harijadi dkk, 2024).

4. KESIMPULAN

1. Emisi Karbon dari sektor transportasi sebesar 711, 12 TonCO₂/tahun dengan rincian yaitu kendaraan karyawan dan pekerja sebesar 7,15 TonCO₂/tahun dan kendaraan aset sebesar 703,97 TonCO₂/tahun
2. Peta sebaran emisi karbon industri karung plastik menggunakan *Software Autocad* untuk menunjukkan distribusi spasial emisi karbon pada parkir kendaraan truk menunjukkan tingkat emisi karbon yang tinggi pad aparkiran mobil dan sepeda motor menunjukkan tingkat emisi karbon yang rendah
3. Skenario mitigasi yang starategis untuk pengendalian emisi CO₂ pada Sektor Transportasi pada kendaraan aset yaitu optimalisasi rute distribusi karung plastik sebesar 33,65%

5. DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ghussain, Loiy. (2018). *Global Warming: Review On Driving Forces And Mitigation*. Environmental Progress & Sustainable Energy, 38 (2), 750.
- Amelia Safitri, L. (2022). *Literature Review: Kebijakan Dan Teknologi Untuk Mereduksi Dampak Buruk Dari Co2 Pada Lingkungan*, Journal Scientific Of Mandalika (Jsm) E-ISSN 2745-5955
- Bauer, Fredric., Nielsen, T., Nilsson, and L., Palm. (2022). *Plastics And Climate Change—Breaking Carbon Lock-Ins Through Three Mitigation Pathways*. One Earth, 5 (3), 361-376.
- Gobel, Indra Wirana Jaya, Linda Tondobala, & R. L. E. S. (2019). *Spatial Distribution of Carbon Dioxide (CO₂) Gas Emissions in Residential Areas in Singkir District, Manado City*. Jurnal Spasial, 6(3), 635.
- Harijadi, D. J., Panjaitan, T., & Adi, P. (2024). *Identifikasi & Perhitungan Jejak Karbon Sebagai Indikator Kinerja Lingkungan: Studi Kasus*. Jurnal Teknik Industri, Universitas Kristen Petra, 12(1), 33–40.
- Hutagalung, W. L. C., Sakinah, A. dan Rinaldi, R. (2020) . *Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik dengan Metode IPCC 2006 di TPA Talang Gulo Kota Jambi*, Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 5(1), hal. 59–68
- Ismail, Y., Nurwidyawati, A.D., & Rahayu, A.D. (2019). *Estimation of Vehicles Carbon Dioxide (CO₂) Emission*. JIE Scientific Journal on Research and Application of Industrial System.
- Kurnia, A. (2021). *Efek Rumah Kaca Oleh Kendaraan Bermotor*. Jurnal Tirta, 4, 1–9.
- Li, M. dkk. (2017). *Anthropogenic emission inventories in China: A review*, National Science Review, 4(6), hal. 834–866.