

Analisis Emisi Karbon dari Aktivitas Pengelolaan Sampah di TPS 3R Kecamatan Ponorogo

Anastasya Helmalia Putri¹, Ahmad Erlan Afiuddin^{1*}, dan Ulvi Pri Astuti¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

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

Abstrak

Pemanasan global terus meningkat seiring dengan berjalannya waktu. Salah satu penyebab terjadinya pemanasan global yaitu emisi karbon yang dihasilkan dari proses dekomposisi sampah. Emisi karbon terdiri dari karbon dioksida (CO₂) dan gas metana (CH₄). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis emisi karbon dari aktivitas pengelolaan sampah di TPS 3R yang ada di Kecamatan Ponorogo. Kecamatan Ponorogo merupakan salah satu kecamatan yang ada di Kabupaten Ponorogo yang terdapat banyak fasilitas umum seperti rumah sakit, sekolah, pusat perbelanjaan, dan kantor pemerintahan. Terdapat dua TPS 3R yang ada di Kecamatan Ponorogo yaitu TPS 3R Pasar Stasiun dan TPS 3R Jl. Sekar Putih. Perhitungan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) menggunakan metode *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) 2006. Hasil perhitungan emisi karbon dari aktivitas pengelolaan sampah di TPS 3R Pasar Stasiun sebesar 16,909 ton CO₂eq/tahun dan TPS 3R Jl. Sekar Putih sebesar 13,778 ton CO₂eq/tahun.

Keywords: Emisi Karbon, Pengelolaan Sampah, TPS 3R, Kecamatan Ponorogo

1. PENDAHULUAN

Jumlah timbulan sampah yang dihasilkan di Jawa Timur pada tahun 2023 sebesar 5.310.397,08 ton/tahun (SIPSN, 2023). Salah satu penyumbang sampah di Jawa Timur yaitu Kabupaten Ponorogo. Kabupaten Ponorogo merupakan urutan ke-17 dari 31 sebagai penyumbang sampah di wilayah Jawa Timur pada tahun 2023 yaitu dengan jumlah timbulan sampah sebesar 140.780,94 ton/tahun. Hasil penelitian oleh Krisdiantoro dan Ali (2022), menyebutkan bahwa perkiraan jumlah sampah per hari di Kecamatan Ponorogo pada tahun 2020 yaitu sekitar 193,59 m³/hari dengan jumlah penduduk di Kecamatan Ponorogo sebanyak 76.692 jiwa. Jumlah penduduk Kecamatan Ponorogo pada tahun 2023 sebesar 77.224 jiwa. Hal ini berpengaruh pada jumlah timbulan sampah yang dihasilkan yaitu 194,93 m³/hari dengan laju timbulan yaitu 0,0025 kg/orang.hari.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kristanto dan William (2019) menunjukkan bahwa timbulan sampah yang dihasilkan yaitu sebanyak 60% sampai 70% akan diangkut ke Tempat Penampungan Sementara (TPS) sedangkan 30% sampai 40% sampah akan dibakar, dibuang di sungai, atau bahkan dikelola secara mandiri oleh masyarakat. Jenis TPS yang terdapat di Kecamatan Ponorogo yaitu TPS dan Tempat Pengolahan Sampah 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). Pengelolaan sampah mulai dari penyimpanan, pengumpulan, pengolahan, pengangkutan, pembuangan serta penimbunan akan berdampak pada peningkatan emisi GRK (Kristanto dan William, 2019). Proses dekomposisi sampah organik pada timbunan sampah menghasilkan emisi karbon berupa biogas yang terdiri dari CO₂ sebesar 40% dan CH₄ sebesar 60% (Chuenwong, dkk (2022)). Gas CO₂ dan CH₄ termasuk dalam GRK yang dapat menyebabkan pemanasan global (Rini, dkk 2020).

Perhitungan emisi karbon dari aktivitas pengelolaan sampah di TPS 3R Kecamatan Ponorogo perlu dilakukan dikarenakan hingga saat ini belum pernah ada penelitian yang menghitung emisi karbon dari aktivitas pengelolaan sampah. Perhitungan emisi karbon didukung dengan adanya Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan nilai ekonomi karbon untuk pencapaian target kontribusi yang ditetapkan secara nasional dan pengendalian emisi gas rumah kaca dalam pembangunan nasional menyatakan bahwa berbagai dampak dan akibat perubahan iklim mempengaruhi kualitas kehidupan masyarakat. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui emisi karbon yang dihasilkan dari kegiatan pengelolaan di TP3R Kecamatan Ponorogo. Penelitian ini memiliki batasan masalah yaitu parameter CO₂ dan CH₄ dari aktivitas pengelolaan sampah di TPS 3R Kecamatan Ponorogo. Perhitungan emisi karbon dari aktivitas pengelolaan sampah di TPS 3R Kecamatan Ponorogo dapat menggunakan metode pendekatan IPCC (Rini, dkk, 2020). Hasil dari perhitungan emisi karbon pada penelitian ini akan dijadikan sebagai acuan pemilihan rekomendasi yang tepat untuk mengurangi emisi karbon pada aktivitas pengelolaan sampah di TPS 3R Kecamatan Ponorogo.

2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di seluruh TPS 3R yang ada di Kecamatan Ponorogo yaitu TPS 3R Pasar Stasiun dan TPS 3R JL. Sekar Putih.

2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan langsung di lokasi penelitian yaitu di TPS 3R Pasar Stasiun dan TPS 3R JL. Sekar Putih dengan cara melakukan pengukuran timbulan sampah dan komposisi sampah yang dilakukan selama 8 hari berturut-turut per lokasi sesuai dengan SNI-19-3694-1994 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan. Metode pengambilan sampel sampah yang dilakukan yaitu menggunakan metode *random sampling*. Metode *random sampling* yaitu mengambil sampel secara acak dari jumlah sampah masing-masing kontainer yang ada di lokasi sampling. Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampah dari kontainer yang ada dan dijadikan satu ke dalam kotak densitas ukuran 100 cm x 100 cm x 50 cm atau ukuran 500 liter. Data sekunder yang digunakan yaitu faktor emisi yang didapatkan dari buku pedoman IPCC tahun 2006.

2.3 Pengolahan dan Analisis Data

Data primer dan data sekunder yang telah terkumpul, dilakukan pengolahan data untuk dianalisis sehingga mendapatkan hasil akhir mengenai penelitian ini. Emisi karbon dihitung dari TPS 3R yang ada di Kecamatan Ponorogo. Metode pengolahan data dilakukan dengan menggunakan rumus sesuai pedoman IPCC 2006.

2.4 Perhitungan Emisi Karbon

Perhitungan emisi karbon dilakukan dengan menggunakan persamaan IPPC (2006) menggunakan rumus persamaan 1 sampai persamaan 5.

$$\begin{aligned}
 \text{DDOCm} &= W \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOCf} \\
 \text{Jumlah CH}_4 \text{ (Lo)} &= \text{DDOCm} \times \frac{16}{12} \times F \\
 \text{Total Emisi CH}_4 &= (\text{Jumlah Metana} - R) \times (1 - \text{OX}) \\
 \text{Emisi CO}_2 &= \text{Total Emisi CH}_4 \times ((1 - F) / F + \text{OX}) \times \frac{\text{MR CO}_2}{\text{MR CH}_4} \\
 \text{Total Emisi} &= (\text{Total Emisi CH}_4 + \text{Emisi CO}_2) \times 365 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

- MCF : Faktor koreksi metana 0,8
- DOC : Degradasi *Organic Carbon*, nilai *default* IPCC
- DDOCm : massa *decomposable* DOC
- DOCf : Nilai *default* DOCF untuk Indonesia adalah 0,5
- F : Nilai *default* F untuk fraksi gas metana adalah 0,5
- R : 0 karena Indonesia belum memiliki alat pengolahan CH₄
- OX : Nilai *default* 0,1 faktor oksidasi
- $\frac{16}{12}$: Rasio berat molekul CH₄/C
- $\frac{44}{16}$: MR CH₄ / MR CO₂

Berikut merupakan Angka *Default* DOC dari masing-masing komposisi sampah dapat dilihat pada Tabel 1.

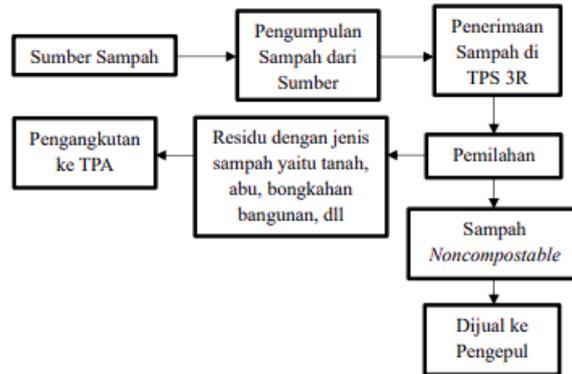
Tabel 1. Angka Default DOC Masing – Masing Komponen Sampah

Komposisi Sampah	Kandungan Bahan Kering (% berat basah)	DOC dalam Berat Basah (%)		DOC dalam Berat Kering (%)	
	Default	Default	Rentang	Default	Rentang
Kertas/Kardus	90	40	36 – 45	44	20 – 50
Tekstil	80	24	20 – 40	30	25 – 55
Sampah Makanan	40	15	8 – 20	38	20 – 50
Kayu	85	43	39 – 46	50	46 – 54
Sampah kebun	40	20	18 – 22	49	45 – 55
Diapers	40	24	18 – 32	60	44 – 80
Kulit dan karet	84	39	39	47	47
Plastik	100	-	-	-	-
Logam	100	-	-	-	-
Gelas	100	-	-	-	-
Lain-lain, sampah sulit terurai	90	-	-	-	-

Sumber: IPCC, 2006

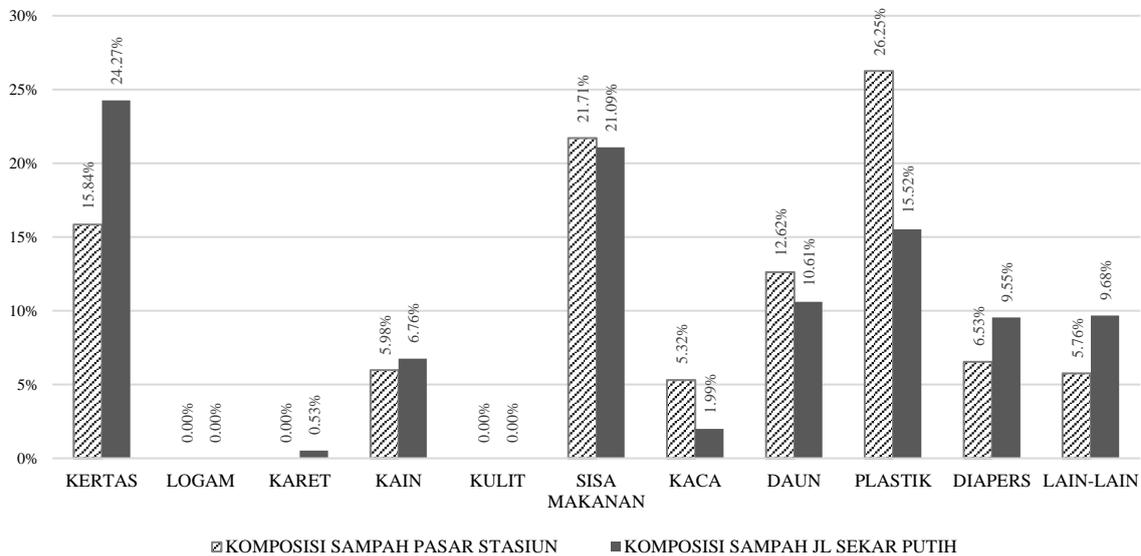
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas pengolahan sampah yang dilakukan di TPS 3R yang ada di Kecamatan Ponorogo dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Eksisting Aktivitas Pengolahan Sampah di TPS 3R

Aktivitas TPS 3R dimulai dengan pengumpulan sampah yang diangkut oleh petugas TPS 3R dari masing-masing sumber sampah. Sumber sampah dapat berasal dari rumah, kantor, industri, maupun sekolah. Perhitungan emisi karbon dari aktivitas pengelolaan sampah di TPS 3R dipengaruhi oleh pengolahan sampah yang dilakukan di TPS 3R tersebut. Pengolahan yang dilakukan di kedua TPS 3R yaitu hanya pemilahan sampah oleh petugas TPS 3R. Sampah yang dilakukan pemilahan yaitu sampah *noncompostable* dan mempunyai nilai jual seperti sampah kertas, sampah botol plastik, sampah kardus, sampah kaleng, sampah logam. Sampah yang menjadi residu akan diangkut oleh *truck armrol* yang diambil setiap pagi dan dibuang ke TPA. Total timbulan sampah yang dihasilkan di TPS 3R Pasar Stasiun selama 8 hari berturut-turut yaitu 449,5 kg dengan rata-rata timbulan yaitu 56,187 kg/hari. Total timbulan sampah yang dihasilkan di TPS 3R JL. Sekar Putih selama 8 hari berturut-turut yaitu 377 kg dengan rata-rata timbulan yaitu 47,125 kg/hari. Komposisi sampah di TPS 3R Pasar Stasiun dan TPS 3R Jl. Sekar Putih dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Komposisi Sampah TPS 3R di Kecamatan Ponorogo

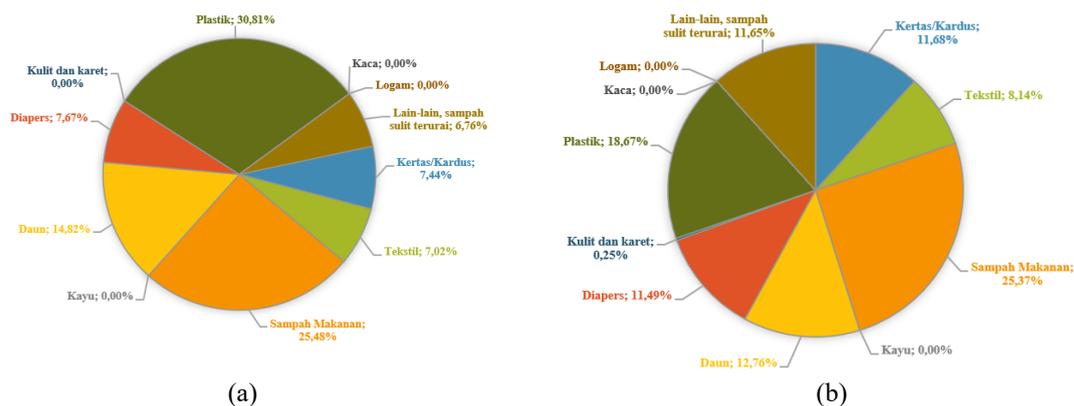
Komposisi sampah tertinggi yang ada di TPS 3R Pasar Stasiun yaitu plastik (HDPE, LDPE, PET, PVC, PP, PS, plastik campuran, dan plastik lainnya) sebesar 26,25% dan komposisi sampah tertinggi kedua yaitu sisa makanan dengan persentase sebesar 21,71%. Hal ini dikarenakan aktivitas yang ada di sekitar TPS 3R tersebut yaitu pasar, pemukiman, dan UMKM. Apabila sampah *noncompostable* dipilah maka total sampah yang dapat diolah sebesar 62,81% atau sebesar 49,50 kg/hari, sehingga sampah masuk ke TPA Mrican atau residunya sebesar 29,31 kg/hari. Komposisi sampah tertinggi di TPS 3R JL. Sekar Putih yaitu komposisi kertas (karton, HVS, dan kertas campuran) sebesar 24,27% dan komposisi sampah tertinggi kedua yaitu sisa makanan sebesar 21,09%. Aktivitas di sekitar TPS 3R JL. Sekar Putih yaitu adanya perkantoran, industri makanan, dan pemukiman. Sehingga total sampah tertinggi yaitu kertas dan sisa makanan. Apabila sampah *noncompostable* dipilah maka total sampah yang dapat diolah sebesar 61,33% atau sebesar 38,06 kg/hari, sehingga sampah masuk ke TPA Mrican atau residunya sebesar 24 kg/hari.

Hasil perhitungan timbunan sampah dan komposisinya dapat digunakan untuk perhitungan emisi karbon dari masing-masing TPS 3R yang ada di Kecamatan Ponorogo. Perhitungan emisi karbon menggunakan metode IPCC 2006. Berikut merupakan perhitungan emisi karbon dari TPS 3R di Kecamatan Ponorogo dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Emisi Karbon TPS 3R di Kecamatan Ponorogo

Komposisi Sampah	W (A)	MCF (B)	DOC (C)	DOCf (D)	F (E)	R (F)	OX (G)	Rasio berat molekul CH ₄ /C (H)	MR CO ₂ /CH ₄ (I)	DDOC _m (J = AxBxCxD)	Jumlah Metana (Lo) (K = JxHxE)	Total Emisi CH ₄ (L = (K-F) x (1-G))	Emisi CO ₂ (M = Lx((1E)/E+G)*I)	Total Emisi (kg CO ₂ eq/ tahun) (N = (L+M) *365)	Total Emisi (ton CO ₂ eq/ tahun) (O = N/1000)
TPS 3R Pasar Stasiun															
Kertas/ Kardus	8,938	0,8	40%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	1,43	0,951	0,856	2,589	1257,428	1,257
Tekstil	3,375	0,8	24%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	1,35	0,898	0,808	2,444	1187,016	1,187
Sampah Makanan	12,25	0,8	15%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	4,90	3,259	2,933	8,871	4308,429	4,308
Kayu	0	0,8	43%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Daun	7,125	0,8	20%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	2,85	1,895	1,706	5,160	2505,923	2,506
Diapers	3,688	0,8	24%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	1,48	0,981	0,883	2,671	1297,101	1,297
Kulit dan karet	0	0,8	39%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Plastik	14,813	0,8	0%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	5,93	3,940	3,546	10,727	5209,858	5,210
Logam	0	0,8	0%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Kaca	3	0,8	0%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Lain-lain, sampah sulit terurai	3,25	0,8	0%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	1,30	0,865	0,778	2,354	1143,053	1,143
Total Emisi Karbon Seluruh Komposisi															16,909
TPS 3R JL. Sekar Putih															
Kertas/ Kardus	11,438	0,8	40%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	1,83	1,217	1,095	3,313	1609,137	1,609
Tekstil	3,188	0,8	24%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	1,28	0,848	0,763	2,309	1121,247	1,121
Sampah Makanan	9,938	0,8	15%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	3,98	2,644	2,379	7,197	3495,279	3,495
Kayu	0	0,8	43%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Daun	5	0,8	20%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	2,00	1,330	1,197	3,621	1758,543	1,759
Diapers	4,5	0,8	24%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	1,80	1,197	1,077	3,259	1582,688	1,583
Kulit dan karet	0,25	0,8	39%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	0,04	0,026	0,023	0,071	34,292	0,034
Plastik	7,313	0,8	0%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	2,93	1,945	1,751	5,296	2572,044	2,572
Logam	0	0,8	0%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Kaca	0,938	0,8	0%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Lain-lain, sampah sulit terurai	4,563	0,8	0%	0,5	0,5	0	0,1	16/12	44/16	1,83	1,214	1,092	3,304	1604,846	1,605
Total Emisi Karbon Seluruh Komposisi															13,778

Berdasarkan hasil perhitungan emisi karbon pada Tabel 2, emisi karbon tertinggi di TPS 3R Pasar Stasiun dan TPS 3R JL. Sekar Putih yaitu sampah makanan. Emisi karbon dari komposisi sampah makanan di TPS 3R Pasar Stasiun sebesar 4,308 ton CO₂eq/tahun dan emisi karbon dari komposisi sampah makanan di TPS 3R JL. Sekar Putih sebesar 3,495 ton CO₂eq/tahun. Total emisi sampah di TPS 3R Pasar Stasiun dan TPS 3R JL. Sekar Putih secara berturut-turut sebesar 16,909 ton CO₂eq/tahun dan 13,778 CO₂eq/tahun. Besarnya emisi karbon dari masing-masing TPS 3R juga dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Emisi Karbon TPS 3R (a) TPS 3R Pasar Stasiun (b) TPS 3R Jl. Sekar Putih

Dari Gambar 3, dapat diketahui bahwa TPS 3R Jl. Sekar Putih yang mempunyai nilai emisi paling tinggi yaitu sampah makanan. Tingginya angka emisi karbon dari sampah makanan disebabkan karena timbulan sampah yang cukup tinggi. Selain itu, sampah makanan boleh dikata “basah” karena komposisinya yang hampir 50% – 70% berupa sampah yang mudah terurai (*organic degradable*) (Purwanta, 2009). Emisi sampah tertinggi di TPS 3R Pasar Stasiun yaitu plastik. Hal ini dikarenakan banyaknya timbulan sampah yang dihasilkan dari TPS 3R tersebut.

Emisi karbon dapat dikurangi dengan memaksimalkan pemanfaatan potensi *recovery* atau sampah yang berpotensi untuk dimanfaatkan kembali. Selain memanfaatkan kembali, pengurangan sampah atau *reduce* juga dapat mengurangi emisi yang dihasilkan dari pengelolaan sampah. Pengurangan sampah merupakan salah satu contoh paradigma baru pengelolaan sampah. Saat ini, pengurangan sampah dipromosikan dan didukung secara hukum oleh Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Pemerintah No. 81 tahun 2012, yang mendefinisikan pentingnya pengurangan sampah domestik melalui pengurangan, penggunaan kembali, dan daur ulang (3R). Peraturan ini penting karena Pemerintah Indonesia menargetkan pengurangan sampah sebesar 20% pada tahun 2019. Target ini diperbarui menjadi pengurangan sampah sebesar 30% pada tahun 2030 (Meidiana, dkk., 2020).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah emisi karbon yang dihasilkan dari aktivitas pengelolaan sampah di TPS 3R Pasar Stasiun sebesar 16,909 ton CO₂eq/tahun dan TPS 3R Jl. Sekar Putih sebesar 13,778 ton CO₂eq/tahun.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 1994. SNI 19-3964-1994. Metode Pengambilan Dan Pengukuran Contoh Timbulan Dan Komposisi Sampah Perkotaan: Jakarta.
- Chuenwong, Kannaphat., dkk. 2022. Municipal solid waste management for reaching net-zero emissions in ASEAN tourism twin cities: A case study of Nan and Luang Prabang. Heliyon.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: ISBN 4-88788-032-4.
- Krisdiantoro, Mn Gendut., dan Ali Mokhtar. 2022. Analisis Strategi Dalam Pengelolaan Sampah Di Kabupaten Ponorogo. Seminar Keinsinyuran.
- Kristanto, Gabriel A., William Koven. 2019. Estimating greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Depok, Indonesia. City and Environment Interactions.
- Meidiana C, Setiyono D A, Rohman N R N, Hadid A K. 2020. Emission Reduction from Transportation Sector Using Carbon Footprint Advances in Engineering Research 193 36 – 41.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2012. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2021. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon Untuk Pencapaian Target Kontribusi Yang Ditetapkan Secara Nasional Dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Pembangunan Nasional.
- Purwanta, Wahyu. 2009. Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Sektor Sampah Perkotaan di Indonesia. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol. 10 No. 1. Hal. 1 – 8.
- Rini, Titien Setiyo., dkk. 2020. Kajian Potensi Gas Rumah Kaca Dari Sektor Sampah Di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) Randegan, Kota Mojokerto. Journal of Research and Technology. Vol. 6 No. 1 Hal. 97 – 107.
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). 2022. Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah. [Online]. Available at: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>. [Accessed 4 Agustus 2024].