

Emisi Karbon dari Pengelolaan Sampah: Studi Kasus UPN Veteran Jawa Timur

Muhammad Faisal Fadhil¹⁾*, Nurvita Cundaningsih¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, UPN Veteran Jawa Timur, Jl Rungkut Madya, Surabaya

*Email: mfaisalf.ft@upnjatim.ac.id

Abstrak

Peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang disebabkan oleh aktivitas manusia telah menjadi penyebab utama pemanasan global yang terjadi saat ini dan diperkirakan akan terus berlanjut. Perguruan tinggi memiliki peran strategis dalam menekan peningkatan emisi GRK tidak hanya melalui pendidikan dan penelitian, tetapi juga sebagai teladan praktik keberlanjutan. Penelitian ini bertujuan mengukur besaran emisi karbon dari tiap tahapan pengelolaan sampah di UPN Veteran Jawa Timur serta mengidentifikasi sumber emisi utama sebagai prioritas intervensi. Data pengelolaan sampah tahun 2024 dihimpun dari catatan internal kampus (timbulan, komposisi, volume daur ulang, jarak angkut, dan jumlah residu ke TPA) dan dihitung dengan pendekatan bottom-up (activity data $\times$ emission factor). Hasil menunjukkan total emisi 16.118,19 kg CO₂e/tahun, didominasi pembuangan ke TPA 15.999,39 kg CO₂e ($\approx 99,3\%$), diikuti transportasi 117,41 kg CO₂e dan daur ulang 1,38 kg CO₂e; pola ini menegaskan bahwa aliran residu ke TPA merupakan penentu utama jejak karbon pengelolaan sampah kampus. Intervensi yang paling berdampak adalah pengurangan fraksi organik dan plastik yang berakhir di TPA melalui komposting skala kampus, pemilahan di sumber, dan pembatasan plastik sekali pakai. Temuan ini menyediakan dasar kuantitatif untuk perumusan kebijakan pengelolaan sampah rendah karbon di lingkungan perguruan tinggi.

Kata kunci: emisi gas rumah kaca, pengelolaan sampah, perguruan tinggi, UPN Veteran Jawa Timur

Abstract

The increase in greenhouse gas (GHG) emissions caused by human activities has become the main cause of current global warming and is expected to continue. Universities have a strategic role in suppressing the increase in GHG emissions not only through education and research, but also as role models for sustainable practices. This study aims to measure the magnitude of carbon emissions from each stage of waste management at UPN Veteran East Java and identify the main emission sources as intervention priorities. Waste management data for 2024 was collected from internal campus records (generation, composition, recycling volume, transport distance, and amount of residue to landfill) and calculated using a bottom-up approach (activity data $\times$ emission factor). The results show total emissions of 16.118,19 kg CO₂e/year, dominated by disposal to landfill 15,999.39 kg CO₂e ($\approx 99,3\%$), followed by transportation 117,41 kg CO₂e and recycling 1,38 kg CO₂e; this pattern confirms that the flow of residue to landfill is the main determinant of the carbon footprint of campus waste management. The most impactful interventions were reducing the organic and plastic fractions ending up in landfills through campus-scale composting, source sorting, and restrictions on single-use plastics. These findings provide a quantitative basis for formulating low-carbon waste management policies in higher education settings.

Keywords: greenhouse gas emissions, waste management, higher education, UPN Veteran Jawa Timur

1. PENDAHULUAN

Peningkatan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang disebabkan oleh aktivitas manusia telah menjadi penyebab utama pemanasan global yang terjadi saat ini dan diperkirakan akan terus berlanjut (Stocker *et al.*, 2013). Pendidikan Tinggi (PT) memiliki peran penting dalam mengatasi tantangan ini, tidak hanya melalui pendidikan dan penelitian, tetapi juga dengan

menjadi contoh praktik keberlanjutan (Clarke & Kouri, 2009; Geng *et al.*, 2013). Dalam upaya kuantifikasi emisi GRK, pendekatan penilaian siklus hidup (LCA) dan protokol GRK telah banyak digunakan oleh berbagai universitas untuk menghitung jejak karbon mereka (Baboulet & Lenzen, 2010; Güereca *et al.*, 2013; Lukman *et al.*, 2009; Samara *et al.*, 2022).

Penelitian mengenai emisi karbon dari pengelolaan sampah kampus telah dilakukan di berbagai wilayah. Clabeaux *et al.*, (2020) menemukan bahwa pembuangan ke tempat pembuangan akhir (TPA) menjadi penyumbang emisi terbesar di beberapa kampus di Amerika Serikat. Naderipour *et al.*, (2021) menekankan bahwa komposisi sampah dan efektivitas pemilahan merupakan faktor kunci yang memengaruhi besarnya emisi. Syafrudin *et al.*, (2021) di Asia Tenggara menunjukkan bahwa sampah organik, terutama bila tidak dikelola melalui komposting, menghasilkan emisi metana (CH₄) yang signifikan, gas rumah kaca dengan potensi pemanasan global 28 kali lebih besar daripada karbon dioksida (CO₂) dalam rentang waktu 100 tahun.

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur (UPN Veteran Jatim) sebagai salah satu institusi pendidikan tinggi di Indonesia, memiliki tanggung jawab untuk mengelola dampak lingkungan dari aktivitasnya, termasuk emisi karbon yang dihasilkan dari proses pengelolaan sampah. Oleh karenanya, UPN Veteran Jatim memerlukan data kuantitatif untuk memahami kontribusi tiap tahapan pengelolaan sampah terhadap total emisi. Hal tersebut sangat diperlukan dalam menyusun prioritas intervensi yang tepat.

Oleh karenanya, penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan menganalisis emisi karbon yang dihasilkan dari berbagai tahapan proses pengelolaan sampah di lingkungan UPN Veteran Jatim. Secara spesifik, penelitian ini akan mengidentifikasi sumber-sumber emisi GRK dalam siklus pengelolaan sampah, mulai dari pengumpulan, pemilahan, pengangkutan, hingga pembuangan akhir.

2. METODE

Metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini mengadopsi pendekatan berbasis data sekunder untuk mengkuantifikasi emisi gas rumah kaca (GRK) yang berasal dari aktivitas pengelolaan sampah di lingkungan UPN Veteran Jatim. Data mengenai volume sampah total dan tiap jenisnya, volume sampah yang didaur ulang dan jenisnya, serta volume sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) akan dikumpulkan dari catatan internal universitas yang tertuang dalam dokumen laporan tim pemeringkatan UPN Veteran Jawa

Timur tahun 2024. Data volume sampah tersebut merupakan estimasi timbulan, yang didapatkan melalui sampling timbulan sampah di lingkungan universitas yang dilakukan setiap tahun oleh tim pemeringkatan dengan mengacu pada SNI 19-3964-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan. Jarak dari universitas ke TPA akan ditentukan berdasarkan rata-rata jarak tempuh kendaraan roda empat (truk sampah) antara kedua titik tersebut.

Metode Estimasi Emisi Karbon

Untuk menghitung estimasi emisi karbon yang dihasilkan, studi ini akan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Chen & Lo (2016) dan IPCC (2006). Emisi GRK dari proses transportasi limbah akan dihitung dengan menggunakan Persamaan (1), sedangkan untuk metode pengelolaan sampah (daur ulang atau dibuang ke TPA) akan menggunakan Persamaan (2).

$$\text{Emisi Tranposrtasi} = \sum(EF_{trans} \cdot d \cdot m) \quad (1)$$

$$\text{Emisi Pengelolaan} = \sum(EF_{kelola} \cdot m) \quad (2)$$

Dimana EF_{trans} adalah faktor emisi transportasi (kg emisi/km/ton); d adalah jarak tempuh (km); m adalah massa sampah (ton); dan EF_{kelola} adalah fakotr emisi untuk tahapan pengelolaan sampah (kg emisi/ton).

Faktor Emisi

Faktor emisi untuk setiap kegiatan pengelolaan sampah akan merujuk pada Tabel 1. Kompilasi tersebut berasal dari gabungan faktor emisi yang dikeluarkan oleh IPCC dan data hasil studi lainnya, sehingga dapat dijadikan acuan untuk melakukan perhitungan emisi pengelolaan sampah di Indonesia (Sari *et al.*, 2021).

Tabel 1. Faktor emisi proses pengelolaan sampah (IPCC, 2006; Kristanto & Koven, 2019)

Sektor	Tipe Emisi	Faktor Emisi	Satuan
Transportasi	CO ₂	0,0191	kg CO ₂ /km/ton
	N ₂ O	0,0497	kg CO ₂ e/ton
Daur Ulang	CO ₂	0,05	kg CO ₂ /ton
TPA	CH ₄	300	kg CO ₂ e/ton

Faktor emisi transportasi adalah emisi GRK yang dihasilkan dari proses pengangkutan limbah untuk tiap tahapan proses pengolahan. Faktor emisi daur ulang adalah emisi GRK yang dihasilkan pada proses pemilahan, penyortiran dan penjualan sampah ke pihak pendaur ulang.

Sedangkan, faktor emisi dari TPA adalah emisi gas metana (NH₄) yang dihasilkan dari proses pembusukan sampah di TPA, sedangkan emisi CO₂ yang timbul tidak dianggap GRK karena dianggap biogenik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Inventarisasi timbulan sampah di UPN Veteran Jatim pada tahun 2024 (Tabel 2) mencatat total produksi sebesar 80,95 ton/tahun. Komposisi sampah terbesar adalah dari jenis sampah plastik sebesar 34,59% dan sampah makanan sebesar 34,08%, diikuti kertas 12,29% dan sampah kebun 11,45%.

Tabel 2. Data timbulan dan daur ulang sampah di UPN Veteran Jawa Timur Tahun 2024

Jenis Sampah	Jumlah (ton)	
	Total/Tahun	Daur Ulang/Tahun
Sampah Makanan	27,59	0
Plastik	28	24,45
Sampah Kebun	9,27	0
Kertas	9,95	2,36
Kain	2,21	0
Tissue	1,14	0
Logam	0,41	0,41
Kaca	0,30	0,30
Karet	0,10	0,10
Sampah B3	1,98	0
TOTAL	80,95	27,62
Dikirim ke TPA	53.33	

Berdasarkan populasi kampus sebanyak 24.786 orang, timbulan sampah per kapita di UPN Veteran Jatim hanya mencapai 3,27 kg/orang/tahun atau sekitar 0,009 kg/orang/hari. Angka ini sangat berbeda jika dibandingkan dengan rata-rata timbulan sampah di institusi perguruan tinggi lainnya yang berkisar 0,017 kg/orang/hari (Reni Masrida, 2017). Timbulan sampah per kapita yang rendah kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan cakupan data, seperti belum memperhitungkan faktor kapasitas maksimum gedung perkuliahan dan asumsi

kehadiran sivitas akademika setiap harinya dalam perhitungan perkapita, seperti yang dilakukan oleh Cahyani *et al.*, (2016).

Volume daur ulang sampah mencapai 27,62 ton atau 34,12% dari total timbunan. Sampah yang dapat di daur ulang dan bernilai, seperti plastik, kertas, logam, kaca, dan karet, dipilah dan disortir di TPS yang berada di lingkungan Universitas. Hasil pemilahan dan penyortiran kemudian dijual ke pihak ke-3. Sampai saat ini, belum ada proses pengolahan sampah di lingkungan UPN Veteran Jawa Timur, sehingga sisa sampah yang tidak terjual/tidak bernilai akan langsung diangkut ke TPA Benowo yang berjarak kurang lebih 32 Km dari Universitas. Total volume sampah residu yang dikirim ke TPA tercatat sebanyak 53,33 ton tiap tahunnya.

Tabel 3. Perhitungan emisi dari tiap kegiatan pengelolaan sampah

Uraian	Jumlah / tahun (ton)	Jarak ke TPA (km)	Emisi			Emisi
			Tipe	Faktor Emisi	Unit	
Transportasi	53,33	32	CO ₂	0,0191	kg CO ₂ /km/ton	32,596
			N ₂ O	0,0497	kg CO ₂ e/km/ton	84,818
Daur Ulang	27,62	-	CO ₂	0,05	kg CO ₂ /ton	1,380
TPA	53,33	-	CH ₄	300	kg CO ₂ e/ton	15999,394
TOTAL						16118,188 kg CO ₂ eq

Data hasil perhitungan emisi karbon menunjukkan bahwa total emisi per tahun yang dihasilkan dari proses pengelolaan sampah di UPN Veteran Jawa Timur sebesar 16118,188 kg CO₂eq. Tiap tahunnya, proses pembusukan sampah di TPA menghasilkan emisi 15999,394 kg CO₂eq, sedangkan kegiatan daur ulang menghasilkan emisi sebesar 1,380 kg CO₂. Sementara itu, Proses transportasi sampah sejauh 32 km ke TPA memberikan kontribusi tambahan sebesar 117,414 kg CO₂eq/tahun, yang terdiri dari 32,596 kg CO₂ dari karbon dioksida (CO₂) dan 84,818 kg CO₂eq dari N₂O. Untuk proses pemindahan sampah yang akan di daur ulang tidak dimasukkan ke dalam perhitungan dikarenakan pihak ke-3 atau pembeli menjemput langsung sampah ke TPS Universitas, sehingga menyulitkan untuk mendapatkan estimasi jarak dari TPS ke lokasi tempat pengolahan lanjutan.

Pola emisi yang terlihat menunjukkan dominasi pembusukan sampah di TPA sebagai sumber utama, dengan kontribusi lebih dari 99% dari total emisi. Sementara itu, transportasi dan daur ulang memberikan kontribusi relatif kecil, namun tetap penting sebagai bagian dari strategi mitigasi jangka panjang. Temuan ini menegaskan bahwa upaya pengurangan aliran residu ke TPA, terutama sampah organik dan plastik, merupakan strategi utama dalam

menekan emisi karbon dari pengelolaan sampah UPN Veteran Jawa Timur. Beberapa langkah strategis yang dapat diambil mencakup penerapan komposting skala kampus, peningkatan kapasitas pemilahan di sumber, dan pembatasan penggunaan plastik sekali pakai.

Namun, hasil perhitungan emisi ini masih memiliki keterbatasan, antara lain penggunaan faktor emisi generik yang belum mempertimbangkan kondisi spesifik TPA dan proses daur ulang lokal, serta ketiadaan analisis ketidakpastian sehingga rentang kepercayaan hasil tidak dapat ditentukan. Sehingga untuk kedepannya, perlu menambahkan data tersebut dalam perhitungan, untuk mendapatkan angka emisi yang lebih akurat.

4. KESIMPULAN

Pengelolaan sampah di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur pada tahun 2024 menghasilkan total emisi karbon sebesar 16.118,19 kg CO₂eq/tahun. Pembusukan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA) merupakan sumber emisi terbesar sebesar 15.999,39 kg CO₂eq/tahun (~99,3%), diikuti transportasi 117,41 kg CO₂eq, dan proses daur ulang 1,38 kg CO₂eq. Temuan ini menegaskan bahwa arus residu menuju TPA merupakan penentu utama jejak karbon pengelolaan sampah kampus.

Prioritas mitigasi yang paling berdampak adalah mengurangi fraksi organik dan plastik yang berakhir di TPA melalui komposting skala kampus, perluasan pemilahan di sumber, dan pembatasan plastik sekali pakai. Optimalisasi rute/armada pengangkutan dan penguatan skema daur ulang mendukung penurunan emisi, namun tidak akan signifikan tanpa pengurangan aliran residu ke TPA.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga tercinta, khususnya istri dan anak, atas doa, dukungan, dan pengertian yang tiada henti selama proses penelitian ini. Penghargaan yang tulus juga diberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur sebagai institusi tempat penulis bernaung, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan. Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan dosen di Program Studi Teknik Lingkungan atas masukan yang konstruktif, serta kepada tim pemerinkatan universitas yang telah membantu menyediakan data penting demi kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Baboulet, O., & Lenzen, M. (2010). Evaluating the environmental performance of a university. *Journal of Cleaner Production*, 18(12), 1134–1141. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.04.006>
- Cahyani, K. M. S., Samadikun, B. P., & Priyambada, I. B. (2016). Studi timbulan, komposisi dan karakteristik dalam perencanaan pengelolaan sampah di fakultas peternakan dan pertanian universitas diponegoro. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 1–9.
- Chen, Y. C., & Lo, S. L. (2016). Evaluation of greenhouse gas emissions for several municipal solid waste management strategies. *Journal of Cleaner Production*, 113, 606–612. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.058>
- Clabeaux, R., Carbajales-Dale, M., Ladner, D., & Walker, T. (2020). Assessing the carbon footprint of a university campus using a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 273, 122600. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122600>
- Clarke, A., & Kouri, R. (2009). Choosing an appropriate university or college environmental management system. *Journal of Cleaner Production*, 17(11), 971–984. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.02.019>
- Geng, Y., Liu, K., Xue, B., & Fujita, T. (2013). Creating a “green university” in China: A case of Shenyang University. *Journal of Cleaner Production*, 61, 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.013>
- Güereca, L. P., Torres, N., & Noyola, A. (2013). Carbon footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 47, 396–403. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.030>
- IPCC 2006. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.). IGES, Japan.
- Kristanto, G. A., & Koven, W. (2019). Estimating greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Depok, Indonesia. *City and Environment Interactions*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2020.100027>
- Lukman, R., Tiwary, A., & Azapagic, A. (2009). Towards greening a university campus: The case of the University of Maribor, Slovenia. *Resources, Conservation and Recycling*, 53(11), 639–644. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.04.014>
- Naderipour, A., Abdul-Malek, Z., Arshad, R. N., Kamyab, H., Chelliapan, S., Ashokkumar, V., & Tavalaei, J. (2021). Assessment of carbon footprint from transportation, electricity, water, and waste generation: Towards utilisation of renewable energy sources. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(1), 183–201. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-02017-4>
- Reni Masrida. (2017). Kajian timbulan dan komposisi sampah sebagai dasar pengelolaan sampah di Kampus II Universitas Bhayangkara Jakarta Raya. *Journal of Environmental Engineering & Waste Management*, 2(2), 69–78.
- Samara, F., Ibrahim, S., Yousuf, M. E., & Armour, R. (2022). Carbon footprint at a United Arab Emirates University: GHG Protocol. *Sustainability (Switzerland)*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/su14052522>
- Sari, D., Rizki, M., Nathania, B., Ahmad, M., Gunawam Gan, P., & Noor, N. (2021). Indonesia Zero Emissions Application (EMISI): Methodology for calculating individual emissions from food, clothing, electricity consumption, and solid waste. *World Resources Institute*. <https://doi.org/10.46830/writn.20.00095>

- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M. M. B., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. M. (2013). Climate change 2013 the physical science basis: Working Group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Vol. 9781107057999). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CB09781107415324>
- Syafrudin, Budiardjo, M. A., Yulastuti, N., & Ramadan, B. S. (2021). Assessment of greenhouse gases emission from integrated solid waste management in Semarang city, Central Java, Indonesia. *Evergreen*, 8(1), 23–35. <https://doi.org/10.5109/4372257>