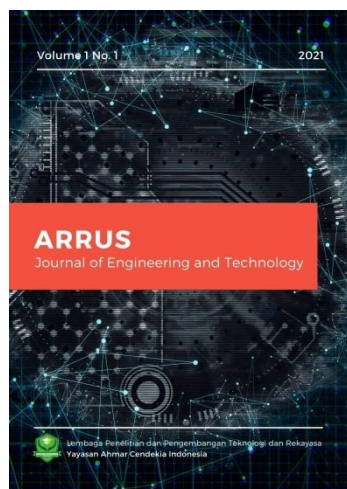




***Corresponding author:** Sentot Purboseno, Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

E-mail: sentot.purboseno@gmail.com

RESEARCH ARTICLE

Opportunities for the Application of Waste-to-Energy (WtE) Technology to Increase the Effectiveness of Waste Management and Mitigate Global Warming in Nganjuk Regency

Sentot Purboseno^{1*}, Widi Astuti²

¹Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

²Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pandanaran, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

Abstract: Waste-to-Energy (WtE) technology offers an innovative solution to improve sustainable waste management, especially in areas with significant waste management challenges such as Nganjuk Regency. This study explores the opportunities for implementing WtE in Nganjuk to reduce waste volume, reduce greenhouse gas (GHG) emissions, and provide alternative energy sources. By utilizing technologies such as incineration, pyrolysis, and gasification, WtE facilities can convert waste into renewable energy, reduce dependence on landfills, and reduce methane emissions that contribute to global warming. The results show that WtE implementation can generate environmental and economic benefits, including providing energy for local communities and reducing waste management costs. Community education and active participation in recycling and waste sorting programs are also key to the success of WtE implementation. Government policy support and incentives are identified as important factors in facilitating the adoption of this technology. This study provides important insights for the development of sustainable waste management strategies in Nganjuk and can serve as a model for other areas facing similar challenges. The recommendations provided include increasing cooperation between the government, private sector, and communities to maximize the potential of WtE technology in supporting sustainable development and climate change mitigation. Considering the composition of waste which mostly comes from household waste, where 61.5% is organic waste, the right WtE technology is a biogas digester.

Keywords: Waste, Energy, GHG

1. Introduction

Pemanasan global dan perubahan iklim adalah tantangan lingkungan global yang mendesak, dipicu oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Pengelolaan sampah yang tidak efektif merupakan salah satu kontributor utama emisi GRK, terutama metana, yang dihasilkan dari pembusukan sampah organik di tempat pembuangan akhir (TPA). Metana memiliki potensi pemanasan global yang jauh lebih besar dibandingkan karbon dioksida (Bogner et al., 2008). Kabupaten Nganjuk, yang mengalami pertumbuhan populasi dan aktivitas ekonomi yang pesat, menghadapi tantangan signifikan dalam pengelolaan sampah karena peningkatan volume sampah dan keterbatasan kapasitas TPA.



Metana, sebagai gas rumah kaca, memiliki potensi pemanasan global yang jauh lebih besar dibandingkan karbon dioksida dan berkontribusi signifikan terhadap pemanasan global serta perubahan iklim. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer menyebabkan cuaca ekstrem, kenaikan permukaan laut, dan perubahan ekosistem (Brodjonegoro, 2023). Oleh karena itu, strategi pengelolaan sampah yang efektif, seperti pengurangan, pengolahan, dan penggunaan kembali, dapat membantu mengurangi emisi GRK. Implementasi teknologi pengolahan sampah modern dan program edukasi masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang efektif sangatlah penting. Dengan demikian, pengelolaan sampah yang efisien merupakan salah satu strategi kunci dalam menghadapi tantangan pemanasan global dan perubahan iklim di Kabupaten Nganjuk.

Kerangka kerja untuk tata kelola pengolahan sampah sering membahas emisi GRK, tetapi tidak secara khusus mengatur metana (CH_4) itu sendiri. Dampak metana terhadap iklim dan kualitas udara, bersama dengan peningkatan konsentrasi atmosfer yang mengkhawatirkan dalam beberapa tahun terakhir, menegaskan bahwa mitigasi emisi CH_4 perlu dipercepat secara global (IPCC, 2014). Beberapa penelitian dengan topik tantangan dan peluang untuk penanganan lebih lanjut mitigasi emisi CH_4 dengan konteks tata kelola internasional untuk perubahan iklim dan polusi udara telah banyak dilakukan, antara lain adalah penelitian (Turner et al., 2016). Penelitian tersebut menunjukkan peningkatan signifikan dalam emisi metana di AS dan menyoroti kebutuhan untuk tindakan mitigasi yang lebih kuat dalam tata kelola polusi udara untuk mengurangi dampak iklim karena metana (SpringerLink). Sedangkan penelitian oleh (Jackson et al., 2020) menyoroti sumber utama emisi metana dari aktivitas manusia dan menekankan perlunya tata kelola dan kebijakan internasional yang lebih efektif untuk mengurangi emisi dari pertanian dan bahan bakar fosil. Semua penelitian menekankan bahwa mitigasi emisi GRK dari metana harus dilakukan segera dan menyeluruh.

Teknologi Waste-to-Energy (WtE) muncul sebagai solusi potensial untuk mengatasi tantangan pengelolaan sampah dan emisi gas rumah kaca. WtE mengubah sampah menjadi energi terbarukan melalui berbagai proses, termasuk insinerasi, pirolisis, gasifikasi, dan pencernaan anaerobik. Teknologi ini dapat mengurangi ketergantungan pada tempat pembuangan akhir (TPA), menurunkan emisi metana, dan menghasilkan energi yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan lokal (Kharmawphlang et al., 2024). Dalam konteks ini, WtE tidak hanya meningkatkan pengelolaan sampah tetapi juga berkontribusi pada penyediaan energi bersih, mendukung ketahanan energi, dan mengurangi dampak lingkungan dari pengelolaan sampah. Menurut (Saunois et al., 2019), dalam "The Global Methane Budget 2000–2017," penelitian tersebut melakukan analisis menyeluruh tentang anggaran metana global dan menekankan pentingnya mitigasi emisi metana dalam konteks perubahan iklim. Saunois mengeksplorasi tantangan dalam mengendalikan emisi CH_4 dan implikasinya terhadap kebijakan kualitas udara global. Integrasi teknologi WtE dalam strategi pengelolaan sampah dapat memainkan peran penting dalam mengurangi emisi metana dan mendukung upaya mitigasi perubahan iklim.

Indonesia telah mulai mengadopsi teknologi Waste-to-Energy (WtE) sebagai bagian dari strategi pengelolaan sampah berkelanjutan. Komitmen pemerintah untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dan meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah melalui kebijakan yang mendukung teknologi ramah lingkungan memberikan dorongan kuat untuk penerapan WtE di tingkat daerah. Kabupaten Nganjuk, dengan potensi besar untuk memanfaatkan teknologi ini, dapat menjadi pionir dalam penerapan WtE di Indonesia, dengan dukungan dari pemerintah daerah, sektor swasta, dan partisipasi aktif masyarakat.

(Suthar & al., 2020), dalam artikelnya "Challenges and opportunities for waste-to-energy technologies in Indonesia: A review," yang diterbitkan di *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, menyoroti tantangan dan peluang untuk adopsi teknologi WtE di Indonesia. Suthar mengeksplorasi bagaimana komitmen pemerintah dalam mengurangi emisi GRK dan kebijakan yang mendukung teknologi ramah lingkungan dapat mendorong penerapan WtE di tingkat daerah. Artikel ini menyoroti pentingnya kolaborasi antara pemerintah, sektor

swasta, dan masyarakat dalam memanfaatkan teknologi WtE untuk meningkatkan pengelolaan sampah dan mengurangi dampak lingkungan.

Studi lain oleh (Subagyo & al., 2018) juga mendukung pandangan ini dengan mengevaluasi potensi WtE di kota Bandung dan menunjukkan bagaimana teknologi ini dapat diintegrasikan ke dalam strategi pengelolaan sampah berkelanjutan. Penelitian-penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi WtE dapat memainkan peran penting dalam strategi pengelolaan sampah Indonesia yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi peluang penerapan teknologi WtE di Kabupaten Nganjuk, mengidentifikasi faktor kunci keberhasilan, dan memberikan rekomendasi untuk strategi implementasi yang efektif. Dengan memanfaatkan potensi teknologi ini, diharapkan dapat tercipta sistem pengelolaan sampah yang lebih efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan, yang juga dapat diterapkan di daerah lain dengan tantangan serupa.

2. Research Methods

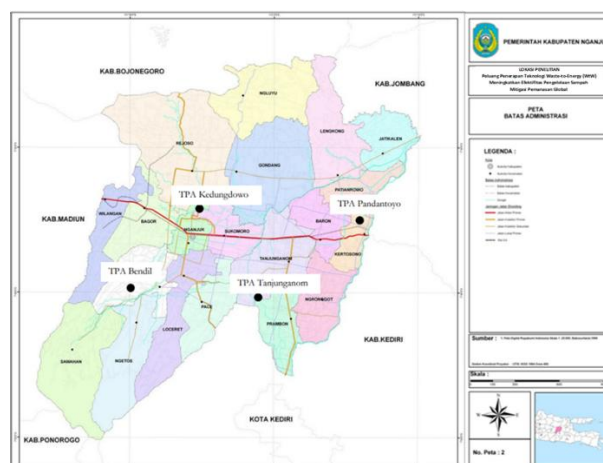
2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif (mixed-methods) untuk mengeksplorasi peluang penerapan teknologi Waste-to-Energy (WtE) di Kabupaten Nganjuk. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang potensi, tantangan, dan dampak implementasi WtE dalam pengelolaan sampah berkelanjutan.

2.2. Lokasi dan Subjek Penelitian

Studi dilakukan di Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur, Secara administratif Kabupaten Nganjuk terbagi dalam 20 Kecamatan dan 284 desa/ kelurahan. Sebagian besar kecamatan berada pada dataran rendah dengan ketinggian antara 45 - 95meter dan 4 (empat) kecamatan berada pada daerah pegunungan dengan ketinggian 150 – 750meter diatas permukaan laut, tertinggi di desa Ngliman Kecamatan Sawahan. Secara geografis terletak pada koordinat antara 111° 5' sampai dengan 112° 13' Bujur Timur dan 7° 20' sampai dengan 7° 50' Lintang Selatan dengan batasan wilayah sebagai berikut:

- (1). Batas Utara - Kabupaten Bojonegoro
- (2). Batas Timur - Kabupaten Jombang dan Kediri
- (3). Batas Selatan - Kabupaten Kediri dan Trenggalek
- (4). Batas Barat - Kabupaten Ponorogo dan Madiun



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.3. Pengumpulan Data

Data Sekunder: Data diperoleh dari laporan pemerintah, publikasi ilmiah, dan dokumen kebijakan terkait pengelolaan sampah dan teknologi WtE. Data ini digunakan untuk memahami konteks kebijakan dan praktik pengelolaan sampah di Nganjuk.

Wawancara Mendalam: Wawancara dilakukan dengan pemangku kepentingan kunci, termasuk pejabat pemerintah, pengelola sampah, dan ahli teknologi WtE. Tujuannya adalah untuk mendapatkan wawasan tentang tantangan dan peluang dalam implementasi teknologi WtE.

Observasi Lapangan: Observasi dilakukan di fasilitas pengelolaan sampah yang ada untuk menilai infrastruktur dan praktik pengelolaan saat ini. Observasi ini membantu mengidentifikasi area yang dapat ditingkatkan melalui penerapan teknologi WtE.

Survei: Survei kuantitatif dilakukan untuk mengumpulkan data dari masyarakat lokal mengenai persepsi mereka terhadap pengelolaan sampah dan potensi penggunaan energi dari sampah. Survei ini menggunakan kuesioner yang dirancang untuk mengukur pengetahuan, sikap, dan perilaku terkait pengelolaan sampah.

2.4. Analisis Data

Data kualitatif dianalisis menggunakan teknik analisis tematik untuk mengidentifikasi tema utama dan pola yang relevan dengan penelitian. Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan persepsi dan sikap masyarakat.

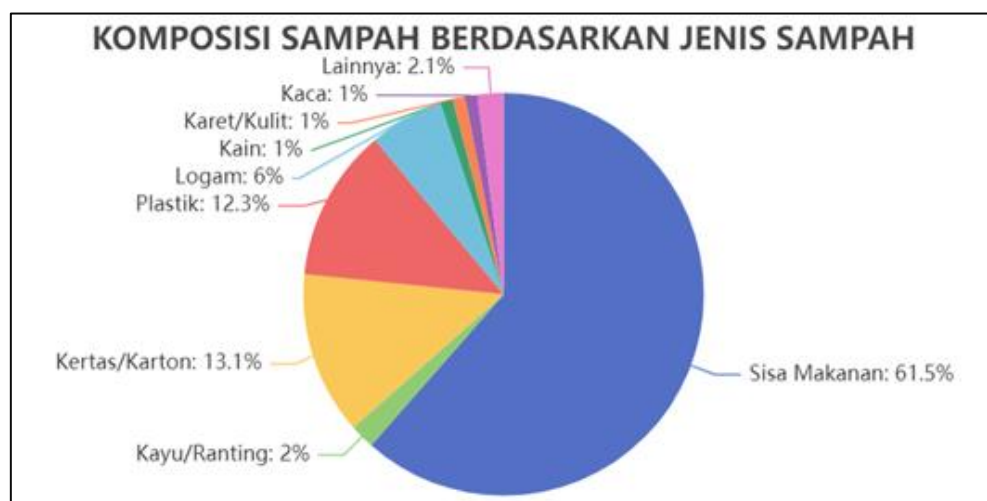
3. Results and Discussion

3.1. Kondisi Existing Pengelolaan Sampah

Berdasarkan survei dalam Laporan Review Master Plan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Nganjuk Tahun 2022, rata-rata berat timbunan sampah rumah tangga adalah 0,38 kg per orang per hari, atau sekitar 1,87 liter per orang per hari. Survei di tempat pembuangan sementara (TPS) menunjukkan bahwa rata-rata timbunan sampah di TPS adalah 0,65 kg per orang per hari, atau sekitar 3,2 liter per orang per hari. Secara keseluruhan, rata-rata timbunan sampah di Kabupaten Nganjuk adalah 0,515 kg per orang per hari, atau sekitar 2,5 liter per orang per hari. Densitas sampah campuran dari permukiman tercatat sebesar 205 kg/m³, sementara densitas sampah yang diangkut dalam gerobak adalah 153 kg/m³ (DKPU-ITS & Nganjuk, 2018).

Pada tahun 2023, total sampah yang dihasilkan di Kabupaten Nganjuk mencapai 163.086 ton, atau sekitar 446,81 ton per hari (SIPSN, 2023). Sumber utama sampah di daerah ini meliputi rumah tangga, pasar tradisional, kawasan industri, fasilitas publik, perkantoran, perniagaan, dan penyapuan jalan. Sampah rumah tangga menyumbang bagian terbesar, mencapai 40,85% dari total sampah. Pada tahun yang sama, TPA Kedungdowo menerima sekitar 101,9ton sampah per hari, yang setara dengan 36.709,37 ton per tahun. Kapasitas desain TPA ini telah terlampaui, yang menyebabkan dekomposisi sampah organik dan menghasilkan metana, sebuah gas rumah kaca dengan potensi pemanasan global jauh lebih besar dibandingkan karbon dioksida (DKPU-ITS & Nganjuk, 2018; KREASI CEMERLANG NUSANTARA, 2015).

Komposisi sampah di Kabupaten Nganjuk didominasi oleh sisa makanan, yang menyumbang 61,5% dari total sampah. Komponen lainnya termasuk kertas/karton, plastik, logam, kayu/ranting/daun, karet/kulit, kain/tekstil, kaca, dan lain-lain, terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Komposisi Sampah Kabupaten Nganjuk (SIPSN, 2023)

Saat ini, terdapat 76 TPS di Kabupaten Nganjuk yang tersebar di 9 kecamatan untuk menampung sampah rumah tangga (SRT) dan sampah sejenis rumah tangga (SSRT). Namun, tidak semua TPS ini aktif digunakan; 12 TPS sudah tidak aktif atau tidak dilayani oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Nganjuk. Beberapa TPS yang tidak aktif meliputi TPS 3R Petak, TPS 3R Kedondong, TPS Perumnas Ngrawan, TPS 3R Ganungkidul, TPS Dinas Pertanian, TPS Dinas Peternakan, TPS Imam Bonjol, TPS SD Katolik Jl. Kartini, TPS SDN Mangundikaran, TPS Klinik Ngrengket, TPS Puskesmas Wilangan, dan TPS Wilangan.

Sistem pengumpulan sampah di Kabupaten Nganjuk menggunakan berbagai jenis alat, termasuk gerobak dorong, tossa, gerobak becak, dan gerobak yang ditarik motor, dengan kapasitas antara 0,45 m³ hingga 1 m³. Kapasitas tossa dan gerobak tarik motor berkisar antara 1,4 m³ hingga 1,9 m³, sedangkan kapasitas pick up adalah 3,8 m³. Ritasi gerobak bervariasi antara 1 hingga 3 kali sehari, ritasi gerobak tarik motor 1 hingga 2 kali sehari, dan ritasi tossa 1 kali sehari (Romanda & Rachmanto, 2022).

Pengangkutan sampah menggunakan pendekatan yang sama untuk semua alternatif, dengan kapasitas kontainer sebesar 6 m³ dan sistem pengangkutan adalah sistem HCS menggunakan arm roll truck. Pengangkutan di Kabupaten Nganjuk dilakukan oleh arm roll, dump truck, tossa, dan pick up. Ritasi dump truck berkisar antara 1 hingga 3 kali sehari dengan rata-rata 1,5 kali per hari. Ritasi arm roll truck berkisar antara 1 hingga 6 kali per hari dengan rata-rata 3 kali per hari. Pada hari-hari tertentu, seperti tahun baru, ritasi arm roll dapat mencapai 4 hingga 6 kali per hari dengan rata-rata 4 kali per hari. Oleh karena itu, dalam perencanaan, ritasi arm roll direncanakan antara 4 hingga 5 kali per hari dengan rata-rata 4 kali per hari.

3.2. Analisis Timbulan Sampah

Penelitian yang dilakukan oleh (Kawai & Tasaki, 2016) dalam artikel "Revisiting estimates of municipal solid waste generation per capita and their reliability" membahas metode estimasi timbulan sampah per kapita dan faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi data. Penelitian ini dapat membantu memahami variasi timbulan sampah di berbagai daerah, termasuk Kabupaten Nganjuk. Di Kabupaten Nganjuk, rata-rata timbulan sampah rumah tangga adalah sekitar 0,38 kg per orang per hari. Namun, di tempat pembuangan sementara (TPS), angka ini meningkat menjadi 0,65 kg per orang per hari. Peningkatan ini kemungkinan disebabkan oleh tambahan sampah dari sumber komersial dan publik, yang memerlukan strategi pengelolaan sampah yang efektif untuk mengatasi volume yang lebih besar dan memaksimalkan penggunaan kembali dan daur ulang sumber daya sampah tersebut.

Artikel oleh (Miezah et al., 2015), berjudul "Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana," diterbitkan di Waste Management, mengeksplorasi bagaimana karakterisasi dan kuantifikasi sampah padat kota dapat meningkatkan pengelolaan sampah dengan fokus pada komposisi sampah organik

dan potensinya untuk pencernaan anaerobik. Studi ini memberikan wawasan penting tentang bagaimana analisis mendalam mengenai komposisi sampah dapat membantu dalam merancang strategi pengelolaan sampah yang lebih efektif.

Pada tahun 2023, Kabupaten Nganjuk menghasilkan total 163.086ton sampah, atau sekitar 446,81 ton per hari. Sampah rumah tangga menyumbang 40,85% dari total sampah, menandakan perlunya fokus khusus pada upaya pengurangan sampah dan program daur ulang di sektor ini. Selain itu, sampah organik mendominasi komposisi sampah di Nganjuk, dengan sisa makanan mencapai 61,5%. Hal ini menunjukkan adanya potensi besar untuk memanfaatkan pencernaan anaerobik guna menghasilkan biogas sebagai sumber energi terbarukan.

Untuk mengatasi tantangan pengelolaan sampah di Kabupaten Nganjuk, diperlukan penyesuaian sistem pengangkutan guna meningkatkan ritasi dan efisiensi. Hal ini dapat dicapai melalui koordinasi yang lebih baik antar alat angkut untuk meringankan beban tempat pembuangan akhir (TPA) dan meningkatkan penanganan sampah. Penelitian menunjukkan bahwa meningkatkan efisiensi logistik dan pengangkutan sampah dapat mengurangi biaya dan waktu pengelolaan sampah secara signifikan (Nations, 2023).

Mengingat tingginya persentase sampah organik di Nganjuk, penerapan teknologi pencernaan anaerobik dapat mengubah sampah menjadi energi terbarukan, mengurangi emisi metana, dan menghasilkan pupuk organik. Penelitian oleh (De Baere, 2006) menunjukkan bahwa pencernaan anaerobik adalah salah satu solusi yang paling efektif untuk mengurangi emisi metana dari sampah organik, sekaligus memproduksi biogas sebagai sumber energi.

Optimalisasi tempat pembuangan sementara (TPS) melalui pemanfaatan TPS yang tidak aktif dan peningkatan layanan di TPS yang ada akan meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah dan mengurangi tekanan pada TPA Kedungdowo, memungkinkan pengumpulan sampah yang lebih efektif. Edukasi masyarakat dan insentif untuk partisipasi aktif dalam pemilahan sampah dan program daur ulang sangat penting untuk mencapai pengelolaan sampah yang lebih baik.

Selain itu, diperlukan rencana jangka panjang untuk pengembangan fasilitas pengelolaan sampah baru dan peningkatan infrastruktur guna menangani peningkatan volume sampah yang berkelanjutan. Penelitian menunjukkan bahwa investasi dalam infrastruktur pengelolaan sampah yang modern dapat mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan.

Dengan memanfaatkan potensi pengolahan sampah organik ini, Kabupaten Nganjuk dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah dan mengurangi dampak lingkungan, selaras dengan temuan Miezah et al. Strategi ini tidak hanya akan mengurangi emisi metana dari tempat pembuangan akhir tetapi juga menyediakan energi terbarukan, mendukung keberlanjutan lingkungan dan pengelolaan sumber daya yang lebih efisien. Integrasi teknologi pencernaan anaerobik dapat membantu mengubah tantangan sampah menjadi peluang energi, memperkuat langkah-langkah keberlanjutan di Kabupaten Nganjuk.

Kapasitas desain TPA Kedungdowo telah terlampaui, menunjukkan kebutuhan mendesak untuk merencanakan fasilitas baru atau meningkatkan kapasitas yang ada. Dari 76 tempat pembuangan sementara (TPS) yang tersedia, hanya sebagian yang aktif, menandakan perlunya optimalisasi TPS yang ada dan peningkatan infrastruktur pengelolaan sampah. Sistem pengangkutan sampah di Kabupaten Nganjuk menggunakan berbagai alat dengan kapasitas dan frekuensi yang berbeda, seperti gerobak, tassa, dan arm roll truck. Ketidakteraturan dalam sistem pengangkutan ini dapat mengurangi efisiensi pengelolaan sampah secara keseluruhan.

3.3. Kontribusi Pengelolaan Sampah Pada Pengurangan Emisi GRK

Pengelolaan sampah yang tidak efektif, terutama di tempat pembuangan akhir (TPA), berkontribusi signifikan terhadap emisi gas rumah kaca (GRK), seperti metana, yang memiliki

potensi pemanasan global 25 kali lebih besar daripada karbon dioksida selama 100 tahun (Nations, 2023). Penelitian oleh (Saunois et al., 2019) menegaskan bahwa metana dari sampah merupakan salah satu kontributor utama emisi GRK global, menyoroti pentingnya strategi mitigasi yang lebih kuat dalam pengelolaan sampah. Di Kabupaten Nganjuk, kapasitas TPA yang telah terlampaui menyebabkan dekomposisi anaerobik sampah organik, menghasilkan metana dan berkontribusi pada pemanasan global (Kharmawphlang et al., 2024).

Sampah organik mendominasi komposisi sampah di Nganjuk, mencapai 61,5%, dan merupakan sumber utama emisi metana ketika dibiarkan membusuk di TPA. Menurut (De Baere, 2006), pengolahan sampah organik melalui teknologi pencernaan anaerobik dapat mengurangi emisi metana dengan mengubah sampah menjadi biogas yang dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan. Peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer, termasuk metana dari TPA, berkontribusi pada perubahan iklim global dengan menyebabkan cuaca ekstrem, kenaikan permukaan laut, dan perubahan ekosistem.

Strategi pengelolaan sampah yang efektif dapat membantu mengurangi emisi GRK dengan mengurangi jumlah sampah yang berakhir di TPA dan mempromosikan penggunaan kembali serta daur ulang. (Miezah et al., 2015) menunjukkan bahwa karakterisasi sampah yang tepat dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah dan mengidentifikasi peluang untuk daur ulang dan pemanfaatan energi. Untuk mengurangi dampak pemanasan global, mengadopsi teknologi Waste-to-Energy (WtE), seperti insinerasi dan pencernaan anaerobik, dapat membantu mengurangi volume sampah di TPA dan mengubahnya menjadi sumber energi, sehingga mengurangi emisi GRK.

Pengembangan fasilitas pengolahan sampah organik untuk memanfaatkan sisa makanan dan limbah organik lainnya dapat menghasilkan biogas dan mengurangi emisi metana. Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang efektif dan partisipasi aktif dalam pemilahan sampah dapat mengurangi jumlah sampah yang menuju TPA dan meningkatkan praktik daur ulang. Optimalisasi TPS dan pengangkutan sampah yang efisien dapat mengurangi tekanan pada TPA dan memastikan sampah dikelola dengan cara yang lebih berkelanjutan. Dengan mengimplementasikan strategi-strategi ini, Kabupaten Nganjuk dapat secara signifikan mengurangi kontribusinya terhadap pemanasan global dan mendukung upaya mitigasi perubahan iklim melalui pengelolaan sampah yang lebih efisien dan berkelanjutan.

3.4. Dukungan Pemerintah

Pemerintah Indonesia telah mengambil langkah-langkah signifikan untuk mendukung penerapan teknologi Waste-to-Energy (WtE) dan pengelolaan sampah berkelanjutan sebagai bagian dari kebijakan nasional untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN), pengelolaan sampah dan penggunaan teknologi ramah lingkungan seperti WtE menjadi prioritas utama, sebagaimana dicatat oleh (Chaerul et al., 2007), yang menyoroti upaya peningkatan infrastruktur pengelolaan sampah dan pengurangan emisi metana. Peraturan Presiden No. 35 Tahun 2018 juga mempercepat pengembangan instalasi pengolahan sampah menjadi energi listrik berbasis teknologi ramah lingkungan di berbagai kota besar di Indonesia, yang didukung oleh (Budhiarta et al., 2012). Di tingkat daerah, seperti di Kabupaten Nganjuk, pemerintah daerah didorong untuk mengimplementasikan program pengelolaan sampah yang terintegrasi dengan dukungan teknologi modern, mencakup optimalisasi tempat pembuangan sementara (TPS) dan promosi praktik daur ulang di tingkat komunitas, sesuai dengan temuan (Subagyo & al., 2018). Selain itu, pemerintah menyediakan insentif dan pendanaan untuk proyek-proyek inovatif yang melibatkan sektor swasta, yang sangat penting untuk mempercepat adopsi teknologi WtE, seperti yang dilaporkan oleh (Suthar & al., 2020). Edukasi masyarakat juga menjadi fokus, dengan kampanye kesadaran publik untuk meningkatkan partisipasi aktif dalam program daur ulang, sebagaimana dibahas oleh (Yoshida, 2012). Dukungan pemerintah ini mencerminkan komitmen yang kuat untuk mempromosikan adopsi teknologi WtE dan meningkatkan pengelolaan sampah di Indonesia, sejalan dengan upaya global untuk

mengurangi emisi GRK dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Untuk informasi lebih lanjut, referensi ke publikasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan serta dokumen perencanaan kebijakan nasional sangat dianjurkan.

4. Conclusion

Sebagai kesimpulan, Kabupaten Nganjuk menghadapi tantangan signifikan dalam pengelolaan sampah, terutama dengan dominasi sampah organik dan keterbatasan kapasitas tempat pembuangan akhir (TPA). Dengan meningkatnya volume sampah, terdapat kebutuhan mendesak untuk mengadopsi strategi pengelolaan yang lebih efektif dan berkelanjutan. Teknologi Waste-to-Energy (WtE), seperti pencernaan anaerobik, menawarkan solusi potensial untuk mengatasi tantangan ini dengan mengubah sampah organik menjadi energi terbarukan dan mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK), khususnya metana. Dukungan pemerintah melalui kebijakan nasional dan daerah, serta insentif untuk pengembangan teknologi ramah lingkungan, merupakan langkah penting dalam mendorong adopsi WtE dan meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah.

Edukasi masyarakat dan peningkatan partisipasi dalam program daur ulang juga memainkan peran penting dalam mencapai pengelolaan sampah yang lebih baik. Dengan implementasi strategi yang komprehensif, Kabupaten Nganjuk dapat secara signifikan mengurangi dampak lingkungan dari sampah, mendukung keberlanjutan, dan berkontribusi pada upaya mitigasi perubahan iklim. Kesuksesan ini akan membutuhkan kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat, serta penyesuaian kebijakan yang tepat untuk mendukung perkembangan teknologi dan infrastruktur pengelolaan sampah.

References

- Bogner, J., Pipatti, R., Hashimoto, S., Diaz, C., Mareckova, K., Diaz, L., Kjeldsen, P., Monni, S., Faaij, A., & Gao, Q. (2008). Mitigation of global greenhouse gas emissions from waste: conclusions and strategies from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report. Working Group III (Mitigation). *Waste Management & Research*, 26(1), 11–32.
- Brodjonegoro, S. S. (2023). Tantangan Pemanasan Global. <https://www.kompas.id/baca/opini/2023/12/15/tantangan-pemanasan-global>
- Budhiarta, I., Siwar, C., & Basri, H. (2012). Current status of municipal solid waste generation in Malaysia. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 2(2), 16–21.
- Chaerul, M., Tanaka, M., & V Shekdar, A. (2007). Municipal solid waste management in Indonesia: status and the strategic actions. 12(1), 41–49.
- De Baere, L. (2006). Will anaerobic digestion of solid waste survive in the future? *Water science and technology*, 53(8), 187–194.
- DKPU-ITS, & Nganjuk, D. L. H. (2018). Laporan Akhir Review Master Plan Pengelolaan Persampahan Kabupaten Nganjuk. DKPU Institut Teknologi Surabaya.
- Jackson, R. B., Saunio, M., Bousquet, P., Canadell, J. G., Poulter, B., Stavert, A. R., Bergamaschi, P., Niwa, Y., Segers, A., & Tsuruta, A. (2020). Increasing anthropogenic methane emissions arise equally from agricultural and fossil fuel sources. *Environmental Research Letters*, 15(7), 71002.
- Kawai, K., & Tasaki, T. (2016). Revisiting estimates of municipal solid waste generation per capita and their reliability. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 18, 1–13.
- Kharmawphlang, I. M., Paul, J., Dolo, S., & Hussain, N. (2024). Waste to Energy Technologies: A Sustainable Key Approach Towards Circular Economy and Energy Recycling. In *Trash or Treasure: Entrepreneurial Opportunities in Waste Management* (hal. 143–181). Springer.
- KREASI CEMERLANG NUSANTARA. (2015). Fasilitas Penyusunan DED Sistem Penanganan Persampahan (TPA) Kabupaten Nganjuk. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Pengembangan PLP, Satuan Kerja Pengembangan Air Minum dan Sanitasi Provinsi Jawa Timur.

- Mieczah, K., Obiri-Danso, K., Kádár, Z., Fei-Baffoe, B., & Mensah, M. Y. (2015). Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana. *Waste management*, 46, 15–27.
- Nations, U. (2023). Waste to Energy (WeT) Technologies. <https://unfccc.int/technology/waste-to-energy-technologies>
- Romanda, Y., & Rachmanto, T. A. (2022). PERENCANAAN PERLUASAN PELAYANAN TPST KARTOHARJO KAB. NGANJUK. *Envirous*, 2(2), 56–62.
- Saunio, M., Stavert, A. R., Poulter, B., Bousquet, P., Canadell, J. G., Jackson, R. B., Raymond, P. A., Dlugokencky, E. J., Houweling, S., & Patra, P. K. (2019). The global methane budget 2000–2017. *Earth System Science Data Discussions*, 2019, 1–136.
- Subagyo, H., & al., et. (2018). Municipal solid waste management and waste-to-energy potential in Bandung city, Indonesia. *International Journal of Technology*, 9(2), 379–389.
- Suthar, S., & al., et. (2020). Challenges and opportunities for waste-to-energy technologies in Indonesia: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 121, 109681.
- Turner, A. J., Jacob, D. J., Benmergui, J., Wofsy, S. C., Maasakkers, J. D., Butz, A., Hasekamp, O., & Biraud, S. C. (2016). A large increase in US methane emissions over the past decade inferred from satellite data and surface observations. *Geophysical research letters*, 43(5), 2218–2224.
- Yoshida. (2012). Global trends in waste management research during 1997–2011: A bibliometric analysis. *Scientometrics*, 96(2), 409–427.