

# SISTEM PENGELOLAAN SAMPAH BERKELANJUTAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP NETRALITAS KARBON PADA KOMUNITAS URBAN

Nurhaeni Sikki<sup>1</sup>, Ratna Deli Sari<sup>2</sup>, Erwan Komara<sup>3</sup>, Sri Wahyuni<sup>4</sup>, Bias Yustisio<sup>5</sup>, Aditia Muhammad Firmansyah<sup>6</sup>, Riecka Mutiara<sup>7</sup>  
<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup> Universitas Sangga Buana

<sup>1</sup> korespondensi: nurhaeni.sikki@usbypkp.ac.id

## ABSTRACT

*Suboptimal waste management is a major contributor to the rise in carbon emissions in urban areas. Without a sustainable waste management system, waste accumulation significantly contributes to climate change, highlighting the urgent need for effective strategies to minimize environmental impact and support the achievement of carbon neutrality. This study employs a qualitative and quantitative approach using a case study method on several urban communities that have adopted sustainable waste management systems. Data were collected through in-depth interviews, surveys, and secondary data analysis, while carbon footprint measurement was conducted to assess the effectiveness of the implemented systems. The findings reveal that implementing circular economy principles, such as waste reduction, recycling, and waste-to-energy conversion, significantly reduces carbon emissions. Additionally, community participation in waste sorting and the adoption of environmentally friendly technologies enhance management efficiency. However, challenges remain, including low public awareness and limited infrastructure, which must be addressed through education and more effective policies. Overall, the implementation of sustainable waste management systems plays a crucial role in mitigating carbon emissions in urban areas. Policy support and increased public awareness are essential to ensuring the long-term sustainability of these initiatives.*

*Keywords: Sustainable Waste Management System, Greenhouse Gas (GHG), Carbon Neutrality, Urban Communities*

## ABSTRAK

*Pengelolaan sampah yang kurang optimal menjadi faktor utama dalam meningkatnya emisi karbon di kawasan perkotaan. Tanpa adanya sistem yang berkelanjutan, akumulasi sampah berkontribusi terhadap perubahan iklim, sehingga diperlukan strategi pengelolaan yang mampu meminimalkan dampak lingkungan serta mendukung pencapaian netralitas karbon. Penelitian ini menerapkan pendekatan kualitatif dan kuantitatif dengan metode studi kasus pada beberapa komunitas perkotaan yang telah mengadopsi sistem pengelolaan sampah berkelanjutan. Data diperoleh melalui wawancara mendalam, survei, serta analisis data sekunder, sementara pengukuran jejak karbon dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas sistem yang diterapkan. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa penerapan konsep ekonomi sirkular, seperti pengurangan, daur ulang, serta pemanfaatan limbah menjadi energi (waste-to-energy), mampu menurunkan emisi karbon secara signifikan. Partisipasi masyarakat dalam pemilahan sampah serta penggunaan teknologi ramah lingkungan juga meningkatkan efisiensi pengelolaan. Meski demikian, masih terdapat kendala seperti rendahnya kesadaran masyarakat dan keterbatasan infrastruktur, yang perlu diatasi melalui edukasi dan kebijakan yang lebih efektif. Secara keseluruhan, penerapan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan berkontribusi besar dalam menekan emisi karbon di kawasan urban. Dukungan kebijakan serta peningkatan pemahaman masyarakat menjadi faktor penting dalam memastikan keberlanjutan program ini di masa depan.*

*Kata Kunci: Sistem Pengelolaan Sampah Berkelanjutan, Efek Rumah Kaca, Netralitas Karbon, Komunitas Urban*

## PENDAHULUAN

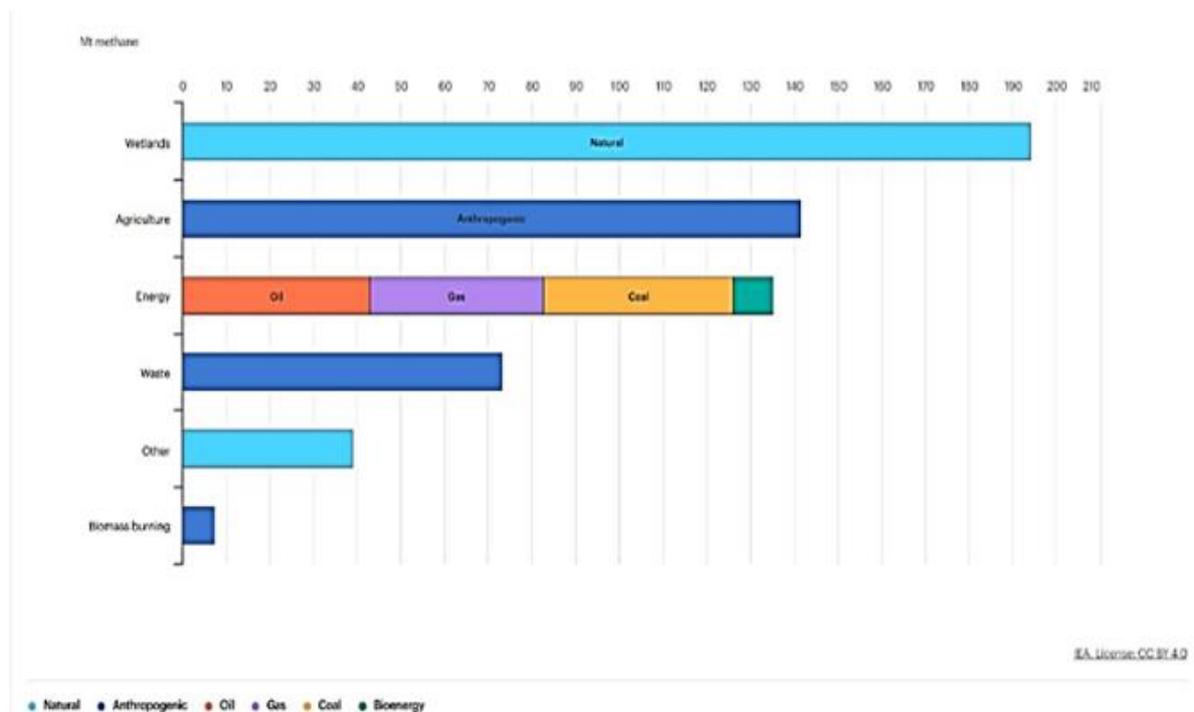
Pengelolaan sampah di kawasan perkotaan semakin menjadi isu yang sangat penting, seiring dengan tantangan besar yang timbul

akibat perubahan iklim dan upaya global untuk mencapai keberlanjutan. Sebagai rumah bagi lebih dari 50% populasi dunia, kota-kota besar berkontribusi sekitar 80% terhadap

Produk Domestik Bruto (PDB) global, mengonsumsi lebih dari dua pertiga energi dunia, serta menghasilkan lebih dari 70% emisi karbon tahunan global (1). Fenomena ini menunjukkan adanya dualitas di mana kota-kota menjadi pusat pertumbuhan ekonomi, tetapi juga penyumbang utama kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih efisien dan berkelanjutan dalam pengelolaan sampah yang dapat mendukung mitigasi perubahan iklim dan pencapaian netralitas karbon.

Urbanisasi yang pesat, khususnya di negara-negara berkembang, telah menyebabkan peningkatan volume sampah yang dihasilkan

setiap tahunnya. Kota-kota besar seperti Jakarta, Singapura, Tokyo, dan Kuala Lumpur mengalami peningkatan signifikan dalam penumpukan sampah akibat pertumbuhan populasi yang pesat dan industrialisasi yang tidak terkendali. Pengelolaan sampah yang buruk di kota-kota ini menimbulkan dampak lingkungan yang sangat besar, termasuk pencemaran tanah, air, dan udara, serta emisi gas rumah kaca (GRK) yang berbahaya, seperti metana, yang dihasilkan oleh tempat pembuangan akhir (TPA) yang tidak dikelola dengan baik (2). Hal ini mengarah pada peningkatan emisi karbon, yang semakin memperburuk perubahan iklim global.



Gambar 1: Sampah, Sumber Emisi Metana Terbesar Keempat Global Tahun 2021 (2).

Secara global, setiap individu menghasilkan rata-rata 0,74 kilogram sampah per hari, dengan kisaran antara 0,11 kilogram hingga 4,54 kilogram per orang per hari, tergantung

pada negara atau kawasan. Negara-negara dengan pendapatan tinggi menyumbang lebih dari sepertiga dari 2,01 miliar ton sampah yang dihasilkan secara global setiap tahunnya.

Sampah yang dibuang ini menghasilkan banyak produk sampingan, dengan metana sebagai salah satu yang paling berbahaya. Metana, yang memiliki potensi pemanasan global yang jauh lebih besar dibandingkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), bertanggung jawab atas sekitar 16% dari emisi gas rumah kaca global dan sekitar 30% dari kenaikan suhu global sejak Revolusi Industri, menurut International Energy Agency (3). Pada tahun 2021, sampah menjadi sumber emisi metana terbesar keempat, menghasilkan sekitar 73 megaton (4).

Pentingnya pengelolaan sampah yang berkelanjutan telah diakui secara luas oleh berbagai organisasi internasional, seperti Program Lingkungan PBB (3), yang mendorong penerapan model ekonomi sirkular. Model ini fokus pada pengurangan, penggunaan kembali, dan daur ulang sampah, serta pemanfaatan teknologi waste-to-energy (WtE) (5). Melalui penerapan pendekatan ini, kota-kota besar dapat mengurangi jejak karbon mereka sambil mengelola sampah dengan lebih efisien. Menurut laporan, solusi pengurangan sampah seperti pemilahan, komposting, dan daur ulang dapat mengurangi emisi dari sektor sampah hingga 84%, yang setara dengan menghapuskan semua kendaraan bermotor di AS selama satu tahun (6). Pendekatan ini juga dapat diterapkan pada sektor-sektor lain, mengingat bahwa lebih dari 70% emisi global berasal dari proses manufaktur, transportasi, penggunaan, dan pembuangan barang, yang mana pengurangan

sampah dapat secara signifikan menurunkan emisi di sektor-sektor tersebut (2).

Namun, tantangan utama dalam mewujudkan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan bukan hanya terletak pada volume sampah yang semakin meningkat, tetapi juga pada kompleksitas integrasi teknologi dan pendekatan baru dalam pengelolaan sampah itu sendiri. Banyak kota, terutama di negara-negara berkembang, menghadapi keterbatasan infrastruktur, rendahnya kesadaran masyarakat, serta kendala kebijakan yang menghambat penerapan pengelolaan sampah yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Hal ini semakin memperburuk tantangan dalam mencapai netralitas karbon di kota-kota besar yang memerlukan pengurangan emisi karbon secara signifikan, baik dari pengelolaan sampah maupun aktivitas perkotaan lainnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana sistem pengelolaan sampah yang lebih efisien dapat berkontribusi pada pengurangan emisi karbon di kota-kota besar. Melalui kajian literatur ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih dalam mengenai peran pengelolaan sampah dalam mengurangi emisi karbon, sekaligus memberikan rekomendasi praktis bagi pembuat kebijakan, perencana kota, dan pemangku kepentingan lainnya dalam merancang sistem pengelolaan sampah yang lebih efisien dan mendukung pencapaian tujuan netralitas karbon di kawasan perkotaan.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan kajian literatur untuk mengeksplorasi dan menganalisis hubungan antara pengelolaan sampah yang tidak efisien dan tingginya emisi karbon di kota-kota besar. Selain itu, kajian ini juga meneliti bagaimana sistem pengelolaan sampah berkelanjutan dapat menjadi solusi dalam mengatasi tantangan lingkungan di wilayah urban.

Proses kajian dilakukan dengan mengumpulkan, mengevaluasi, dan mensintesis informasi dari berbagai sumber yang kredibel, termasuk artikel ilmiah terpublikasi, laporan organisasi internasional seperti Bank Dunia, United Nations Environment Programme (UNEP), dan International Energy Agency (IEA), serta studi kasus dari kota-kota besar yang telah menerapkan strategi pengelolaan sampah berkelanjutan.

Data yang dianalisis mencakup volume sampah per kapita, kebijakan pengelolaan sampah, tingkat emisi karbon yang dihasilkan, serta teknologi dan metode yang diterapkan di berbagai kota. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi keberhasilan dan tantangan dalam implementasi teknologi waste-to-energy, program daur ulang, dan sistem komposting sebagai upaya untuk mengurangi emisi karbon.

Hasil dari kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai efektivitas strategi pengelolaan sampah yang telah diterapkan di berbagai kota serta mengidentifikasi faktor kunci yang

berkontribusi terhadap keberlanjutan sistem ini dalam mendukung target netralitas karbon.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

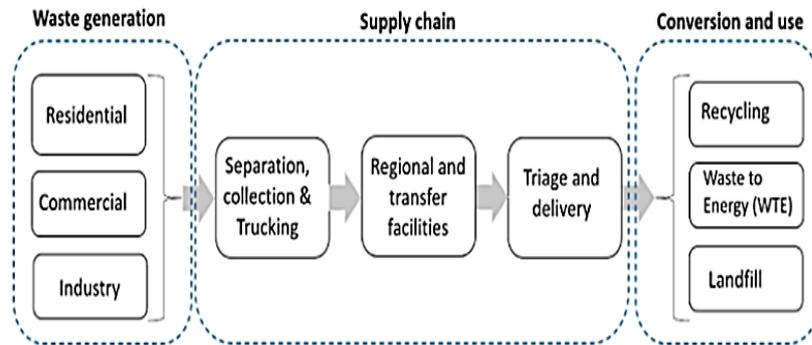
### **Pengelolaan Sampah Berkelanjutan**

Diperkirakan bahwa dua pertiga dari populasi dunia akan tinggal di kota-kota pada tahun 2050, yang akan menambah tekanan besar pada sektor sumber daya, material, perumahan, dan transportasi (7). Secara global, permintaan terhadap sumber daya diproyeksikan akan meningkat dua kali lipat dalam 40 tahun ke depan, sementara kota-kota saat ini sudah menyumbang sekitar 70% dari total emisi gas rumah kaca (GRK) di dunia (8). Untuk mengatasi tantangan yang dihadapi oleh kota-kota besar dalam pengelolaan sampah, salah satunya adalah peningkatan praktik daur ulang dan pengomposan untuk mengurangi emisi karbon yang dihasilkan oleh pengelolaan sampah konvensional.

Menghadapi tantangan ini, penelitian ini mengusulkan untuk mengevaluasi secara menyeluruh sistem pengelolaan sampah berkelanjutan dan bagaimana peranannya dalam mencapai netralitas karbon. Salah satu solusi yang diusulkan adalah peningkatan praktik daur ulang dan komposting, yang dapat membantu mengurangi emisi karbon yang ditimbulkan oleh sistem pengelolaan sampah konvensional. Model ekonomi sirkular, yang menekankan pada pengurangan, penggunaan kembali, dan daur ulang bahan, menjadi kerangka kerja yang sangat relevan untuk mengurangi sampah dan emisi karbon

di perkotaan . Dengan mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke TPA, meningkatkan tingkat daur ulang, dan memanfaatkan sampah untuk produksi energi, kota-kota dapat

mengurangi jejak karbon mereka sekaligus mempromosikan pembangunan berkelanjutan. Solusi daur ulang, komposting, dan WTE telah diterapkan di berbagai tempat.



**Gambar 2:** Alur atau proses pengelolaan sampah berkelanjutan (5).

Beberapa komponen utama dalam pengelolaan sampah berkelanjutan adalah sebagai berikut: Pengelolaan sampah berkelanjutan diawali dengan proses pengumpulan dari berbagai sumber, termasuk rumah tangga, tempat usaha, dan fasilitas lainnya. Sampah yang terkumpul dikelompokkan menjadi kategori seperti organik, anorganik, dan bahan berbahaya. Langkah ini sangat penting untuk mengurangi jumlah sampah yang langsung dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA), yang pada akhirnya membantu menekan emisi karbon akibat dekomposisi limbah yang tidak terkendali.

Tahap berikutnya adalah pemilahan sampah, di mana limbah organik, seperti sisa makanan dan dedaunan, dipisahkan dari limbah non-organik, seperti plastik, kaca, dan logam. Pemilahan ini bertujuan untuk memastikan bahwa bahan yang dapat didaur ulang atau

diolah lebih lanjut tidak tercampur dengan limbah yang tidak bisa diproses. Prinsip Reduce, Reuse, Recycle (3R) diterapkan dalam tahap ini untuk memaksimalkan efisiensi pengelolaan limbah dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

Limbah organik yang telah terpilah kemudian diolah melalui proses pengomposan untuk menghasilkan pupuk kompos yang berguna bagi peningkatan kualitas tanah dan mendukung pertanian perkotaan, sehingga mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Selain itu, limbah organik dapat diolah menjadi energi melalui teknologi anaerobic digestion, menghasilkan biogas yang dapat digunakan untuk pembangkitan listrik atau energi lainnya.

Limbah non-organik yang dapat didaur ulang, seperti kertas, plastik, dan logam, diproses ulang untuk dijadikan bahan baku dalam pembuatan produk baru. Proses ini

mengurangi ketergantungan pada bahan mentah baru sekaligus mengurangi emisi karbon yang dihasilkan selama proses ekstraksi dan pengolahan bahan baku. Energi yang digunakan dalam daur ulang juga jauh lebih sedikit dibandingkan dengan yang dibutuhkan untuk memproduksi barang dari bahan baku baru, sehingga membantu mengurangi jejak karbon secara signifikan.

Untuk limbah yang tidak dapat didaur ulang atau dikomposkan, digunakan teknologi waste-to-energy (WtE) yang mengubah limbah menjadi sumber energi melalui pembakaran untuk menghasilkan panas atau listrik. Meskipun menghasilkan emisi karbon, metode ini lebih efektif dalam mengurangi volume limbah yang dibuang ke TPA dan dapat menggantikan penggunaan bahan bakar fosil untuk produksi energi. Namun, penerapan teknologi WtE memerlukan kebijakan pengelolaan yang baik agar emisi gas rumah kaca dapat diminimalkan.

Setiap langkah dalam sistem pengelolaan sampah berkelanjutan ini dirancang untuk mengurangi emisi karbon secara keseluruhan. Tanpa pengelolaan yang baik, limbah dapat menghasilkan metana, salah satu gas rumah kaca yang signifikan dalam memperburuk pemanasan global. Dengan mengurangi limbah yang berakhir di TPA, meningkatkan proses daur ulang dan pengomposan, serta memanfaatkan limbah untuk energi terbarukan, kota-kota dapat memainkan peran penting dalam mencapai netralitas karbon dan memitigasi dampak perubahan iklim.

Sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan dapat diterapkan untuk mengurangi jejak karbon di kota-kota besar serta mendukung pencapaian netralitas karbon. Dengan langkah-langkah seperti pengumpulan sampah yang terorganisir, pemilahan yang tepat, pengelolaan sampah organik dan non-organik, serta pemanfaatan energi terbarukan yang berasal dari sampah, kota-kota dapat meminimalkan dampak negatif sampah terhadap lingkungan dan berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim.

Solusi pengurangan sampah, seperti pemilahan, komposting, dan daur ulang, berpotensi mengurangi emisi total sektor sampah hingga 84%, yang setara dengan menghilangkan seluruh kendaraan bermotor di AS selama satu tahun (2). Pendekatan ini juga dapat diterapkan di sektor lain, mengingat lebih dari 70% emisi global berasal dari manufaktur, transportasi, penggunaan, dan pembuangan barang. Oleh karena itu, fokus pada pengurangan sampah dapat secara signifikan menurunkan emisi di sektor-sektor tersebut, serta memperkuat ketahanan kota terhadap dampak perubahan iklim. Solusi zero-waste dapat membantu kota menjadi lebih tangguh, dengan mengurangi risiko banjir, memperbaiki kualitas tanah, dan mengurangi transmisi penyakit (3).

Model ekonomi sirkular, yang berfokus pada pengurangan, penggunaan kembali, dan daur ulang bahan, menjadi kerangka kerja yang relevan dalam mengurangi sampah dan emisi karbon di kota-kota besar. Dengan mengurangi volume sampah yang dibuang ke

tempat pembuangan akhir (TPA), meningkatkan tingkat daur ulang, serta memanfaatkan sampah untuk menghasilkan energi, kota-kota dapat mengurangi jejak karbon mereka sekaligus mendorong pembangunan berkelanjutan (9).

Seiring dengan itu, teknologi waste-to-energy (WtE), yang memanfaatkan sampah non-recyclable untuk menghasilkan energi, telah diterapkan di berbagai lokasi sebagai salah satu solusi dalam pengelolaan sampah berkelanjutan. Teknologi ini membantu mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA dan dapat menggantikan bahan bakar fosil dalam produksi energi. Meskipun demikian, perlu dicatat bahwa pengurangan emisi karbon melalui WtE harus diimbangi dengan kebijakan yang tepat untuk mencegah pencemaran udara oleh gas rumah kaca yang berbahaya (5).

Pengelolaan sampah yang berkelanjutan, yang melibatkan pengumpulan sampah yang terorganisir, pemilahan yang tepat, serta pengelolaan sampah organik dan non-organik, dapat secara signifikan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan memanfaatkan energi terbarukan yang berasal dari sampah, kota-kota besar dapat berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim, mengurangi emisi karbon, dan mendukung pencapaian netralitas karbon. Selain itu, solusi seperti waste-to-energy (WtE) menjadi alternatif yang lebih efisien untuk mengurangi sampah yang dibuang ke TPA dan menggantikan energi fosil, meskipun

pengelolaan emisi dari teknologi ini tetap memerlukan kebijakan yang hati-hati (7).

### **Tantangan Pengelolaan Sampah Di Kota-Kota Besar**

Di Indonesia, pengelolaan sampah di kota-kota besar seperti Jakarta dan Bandung menghadapi tantangan besar, terutama karena urbanisasi yang cepat dan pertumbuhan populasi yang terus meningkat. Jakarta, yang memiliki lebih dari 10 juta penduduk, menghasilkan sekitar 8.500 ton sampah setiap harinya, dengan sebagian besar sampah tersebut berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA) yang tidak dikelola dengan optimal (10). Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup, pada tahun 2022, Indonesia menghasilkan 36,3 juta ton sampah per tahun, dengan sebagian besar sampah berasal dari kawasan perkotaan yang padat (7). Bandung, yang memiliki sekitar 3 juta penduduk, menghadapi masalah serupa, terutama terkait dengan terbatasnya infrastruktur pengelolaan sampah dan kurangnya sistem pemilahan yang efisien (11). Pengelolaan sampah juga diterapkan di Kota Bandung, yang merupakan salah satu kota penghasil sampah terbesar di Indonesia. Sampah dengan potensi nilai ekonomi yang tinggi sangat melimpah di Indonesia (12). Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup, volume sampah yang dihasilkan di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 36,3 juta ton per tahun, yang berasal dari 173 kabupaten/kota di seluruh Indonesia (13).

Namun demikian, beberapa kota besar di Indonesia, termasuk Jakarta dan Bandung,

mulai berusaha untuk mengimplementasikan kebijakan pengelolaan sampah yang lebih ramah lingkungan. Sebagai contoh, program bank sampah yang dikembangkan oleh pemerintah dan masyarakat bertujuan untuk meningkatkan tingkat daur ulang serta mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA (14). Meskipun demikian, program ini masih menghadapi kendala, seperti rendahnya kesadaran publik dan keterbatasan fasilitas yang mendukung sistem pengelolaan sampah berbasis sirkular.

Penelitian terbaru oleh UNEP (2024) menunjukkan bahwa penerapan ekonomi sirkular, yang mencakup pengurangan, pemilahan, penggunaan kembali, dan daur ulang sampah, dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) secara signifikan di tingkat global (3). Untuk Indonesia, pengelolaan sampah yang berkelanjutan dapat menjadi solusi penting dalam mencapai target pengurangan emisi karbon nasional, sesuai dengan laporan World Bank (2024), yang mencatat bahwa pengelolaan sampah yang efisien dapat mengurangi emisi GRK secara substansial. Selain itu, penelitian oleh Cheng et al. (2022) juga mengungkapkan bahwa teknologi waste-to-energy (WtE) dan komposting dapat menjadi solusi efektif untuk mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA, serta menurunkan emisi metana, yang merupakan gas rumah kaca berbahaya (15).

Dengan meningkatnya kesadaran global terhadap perubahan iklim, kota-kota di Indonesia diharapkan, mengadopsi prinsip-prinsip ekonomi sirkular untuk mengurangi

jejak karbon mereka. Pendekatan ini mencakup pemanfaatan sampah sebagai sumber daya energi dan mendorong kebijakan yang mengintegrasikan pengelolaan sampah dalam strategi mitigasi perubahan iklim kota-kota besar. Lebih lanjut, ditunjukkan, bahwa strategi pengelolaan sampah yang berkelanjutan di lingkungan perkotaan dapat menjadi pilar utama dalam mencapai netralitas karbon global (7).

Secara keseluruhan, penerapan sistem pengelolaan sampah berkelanjutan di kota-kota besar Indonesia seperti Jakarta dan Bandung tidak hanya akan mengurangi dampak lingkungan dari sampah, tetapi juga berkontribusi pada pencapaian netralitas karbon. Untuk mewujudkan hal ini, dibutuhkan komitmen yang kuat dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat, dalam menciptakan sistem pengelolaan sampah yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Langkah-langkah yang diterapkan dalam sistem pengelolaan sampah berkelanjutan, mulai dari pengumpulan yang efisien hingga penggunaan energi terbarukan, berpotensi mengurangi emisi karbon secara keseluruhan. Sampah yang tidak dikelola dengan baik, seperti yang ditunjukkan oleh World Bank (2024), menghasilkan metana yang berkontribusi besar terhadap pemanasan global. Dengan mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke TPA, mengoptimalkan proses daur ulang, serta memanfaatkan teknologi WtE, kota-kota dapat berkontribusi lebih besar dalam mencapai tujuan netralitas

karbon dan memitigasi dampak perubahan iklim secara efektif.

### **Perbandingan Teknologi Pengelolaan Sampah**

Perbedaan dalam keberhasilan penerapan sistem pengelolaan sampah berkelanjutan di berbagai negara atau kota dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kebijakan pemerintah, infrastruktur yang tersedia, tingkat kesadaran masyarakat, dan jenis teknologi yang digunakan. Salah satu indikator penting yang dapat diukur adalah pengurangan emisi karbon yang dihasilkan oleh teknologi pengelolaan sampah, seperti waste-to-energy (WtE) dan daur ulang. Perbandingan antara kedua teknologi ini memberikan wawasan lebih dalam tentang efektivitas masing-masing dalam mengurangi jejak karbon di berbagai lokasi.

Waste-to-Energy (WtE) merupakan teknologi yang banyak diterapkan di kota-kota besar untuk mengurangi volume sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) serta menghasilkan energi. Di Singapura, misalnya, fasilitas WtE mampu mengurangi lebih dari 2.000 ton sampah setiap hari dan menghasilkan cukup energi untuk memenuhi lebih dari 25% kebutuhan listrik kota tersebut (3). Walaupun WtE mengurangi volume sampah secara signifikan, teknologi ini tetap menghasilkan emisi karbon, meskipun dalam jumlah yang lebih kecil dibandingkan dengan pembakaran sampah di TPA yang tidak terkontrol. Singapura juga menerapkan kebijakan ketat dalam pengelolaan emisi dari fasilitas WtE, yang diperkirakan dapat

mengurangi emisi karbon hingga 20% dengan penggunaan teknologi pemulihan energi yang lebih efisien (2).

Namun, daur ulang terbukti lebih efektif dalam mengurangi emisi karbon di beberapa negara Eropa. Jerman, misalnya, berhasil menerapkan sistem daur ulang yang luas, dengan tingkat daur ulang sampah mencapai 56,1% pada tahun 2020. Emisi karbon yang dihasilkan dari pengelolaan sampah menurun secara signifikan seiring dengan peningkatan efisiensi daur ulang (16). Jerman telah berhasil mengurangi emisi karbon dari sektor pengelolaan sampah lebih dari 50% sejak kebijakan daur ulang dan pengurangan sampah diterapkan pada tahun 2000 (3).

Sebagai perbandingan, Swedia menggunakan kombinasi WtE dan daur ulang untuk mengelola sampahnya. Negara ini memanfaatkan WtE untuk mengurangi sampah yang tidak dapat didaur ulang, namun juga memiliki tingkat daur ulang yang tinggi, sekitar 50%, yang berkontribusi pada pengurangan emisi karbon yang lebih besar. Sebuah menunjukkan bahwa Swedia mampu mengurangi emisi karbon sebesar 25% hanya melalui program daur ulang, sementara emisi karbon dari WtE-nya dikelola dengan teknologi yang lebih efisien dalam mengurangi emisi (17).

Sebaliknya, negara-negara dengan sistem pengelolaan sampah yang lebih terbatas, seperti Indonesia, menghadapi tantangan yang lebih besar dalam penerapan teknologi daur ulang dan WtE. Di kota-kota seperti Jakarta dan Bandung, meskipun ada upaya untuk

menerapkan kebijakan daur ulang dan program bank sampah, tingkat daur ulang masih tergolong rendah, dan sebagian besar sampah berakhir di TPA yang tidak terkelola dengan baik. Akibatnya, emisi karbon dari sampah di kota-kota ini tetap tinggi, dengan emisi metana dari TPA yang buruk pengelolannya menjadi salah satu penyumbang utama emisi gas rumah kaca di Indonesia (18). Tercatat bahwa untuk mencapai pengurangan emisi karbon yang signifikan, Indonesia perlu meningkatkan infrastruktur dan kesadaran masyarakat mengenai pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular (14).

Secara keseluruhan, tingkat keberhasilan implementasi sistem pengelolaan sampah berkelanjutan di berbagai negara dan kota sangat bergantung pada kebijakan yang diterapkan, infrastruktur yang ada, serta jenis teknologi yang digunakan. Meskipun teknologi WtE memberikan solusi untuk mengurangi volume sampah dan menghasilkan energi, daur ulang terbukti lebih efektif dalam jangka panjang untuk mengurangi emisi karbon, terutama di negara-negara dengan kebijakan pengelolaan sampah yang lebih baik dan kesadaran publik yang lebih tinggi. Oleh karena itu, untuk mencapai netralitas karbon secara efektif, kota-kota perlu menggabungkan teknologi ramah lingkungan seperti daur ulang dan komposting, serta memperbaiki pengelolaan sampah secara keseluruhan untuk meminimalkan emisi gas rumah kaca.

### **Dampak Sosial-Ekonomi Pengelolaan Sampah Berkelanjutan**

Pengelolaan sampah yang berkelanjutan memberikan manfaat sosial dan ekonomi yang substansial bagi masyarakat dan perekonomian lokal. Salah satu keuntungan utama adalah terciptanya lapangan pekerjaan baru dalam industri daur ulang, komposting, serta waste-to-energy (WtE). Sektor-sektor ini membuka berbagai peluang kerja mulai dari tahap pengumpulan dan pemilahan, hingga pengolahan sampah dan distribusi hasil daur ulang atau kompos. Dijelaskan bahwa peningkatan tingkat daur ulang di kota-kota besar berperan penting dalam menciptakan banyak pekerjaan baru, yang berkontribusi pada pengembangan ekonomi lokal dan industri (18). Di Jerman, sektor daur ulang telah berhasil menciptakan lebih dari 200.000 pekerjaan dan memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian negara, mendukung pertumbuhan ekonomi berbasis ekonomi sirkular (16).

Selain itu, penerapan teknologi waste-to-energy (WtE) juga menawarkan manfaat ekonomi yang sangat penting. Dengan mengubah sampah menjadi energi, WtE mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menghasilkan energi terbarukan yang lebih murah. Singapura, yang telah mengadopsi teknologi WtE secara ekstensif, mampu menghasilkan lebih dari 25% kebutuhan listrik kota dari proses pengolahan sampah ini (3). Penghematan biaya energi yang dihasilkan dari teknologi ini memberikan manfaat ekonomis yang besar,

sekaligus mengurangi emisi karbon karena mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.

Pengelolaan sampah berkelanjutan juga berdampak positif dalam mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk pengelolaan sampah. Dengan menurunkan volume sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA), kota-kota dapat menghemat biaya pengelolaan dan pemeliharaan TPA. Dalam jangka panjang, pengelolaan sampah berbasis sirkular dapat menghasilkan penghematan biaya yang signifikan. World Bank (2024) menyebutkan bahwa penerapan sistem ekonomi sirkular dapat mengurangi biaya pengelolaan sampah hingga 50%, dengan cara meningkatkan daur ulang dan pemanfaatan energi dari sampah.

Secara keseluruhan, pengelolaan sampah yang berkelanjutan memberikan manfaat yang tidak hanya bersifat lingkungan, seperti pengurangan jejak karbon, tetapi juga memberikan dampak sosial dan ekonomi yang besar, termasuk penciptaan pekerjaan baru, penghematan biaya energi, dan pengurangan pengeluaran pemerintah untuk pengelolaan sampah.

## SIMPULAN

Pengelolaan sampah yang berkelanjutan merupakan solusi penting dalam upaya mengurangi dampak lingkungan, khususnya emisi gas rumah kaca yang berkontribusi pada perubahan iklim global. Melalui pendekatan model ekonomi sirkular yang mencakup pengurangan, penggunaan kembali, daur ulang, dan pemanfaatan teknologi ramah

lingkungan seperti waste-to-energy (WtE), kota-kota dapat secara signifikan mengurangi jejak karbon dan mendukung pencapaian netralitas karbon. Selain memberikan manfaat lingkungan, pengelolaan sampah berkelanjutan juga menciptakan dampak sosial dan ekonomi yang positif, seperti peluang kerja baru dan penghematan biaya energi. Dengan mengintegrasikan teknologi, kebijakan, dan kesadaran masyarakat, pengelolaan sampah yang efisien dapat mendorong pembangunan kota yang lebih tangguh dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Kapoor KK, Tamilmani K, Rana NP, Patil P, Dwivedi YK, Nerur S. Advances in Social Media Research: Past, Present and Future. *Inf Syst Front*. 2018;20 (3):531–58.
2. The World Bank Group. A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 [Internet]. The World Bank Group, IBRD. DA. 2024. Available from: [https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends\\_in\\_solid\\_waste\\_management.html](https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html)
3. United Nation. Waste Management in ASEAN Countries: Summary Report [Internet]. 2024. Available from: <https://www.unep.org/resources/report/waste-management-asean-countries-summary-report>
4. Arasiyi BR. Praktik Jurnalisme Data dalam Framing Pemberitaan Isu Sampah. *Kompas* [Internet]. 2022; Available from: <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/70785>
5. Shadbahr J, Ebadian M, Gonzales-Calienes G, Kannangara M, Ahmadi L, Bensebaa F. Impact of waste

- management and conversion technologies on cost and carbon footprint - Case studies in rural and urban cities. *Renew Sustain Energy Rev* [Internet]. 2022;168 (August):112872. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112872>
6. C40 Cities Climate Leadership Group CKH. 6 city actions to improve waste management and reduce emissions. C40 Knowl Hub [Internet]. 2019; Available from: [https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Six-city-actions-to-improve-waste-management-and-reduce-greenhouse-gas-emissions?language=en\\_US](https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Six-city-actions-to-improve-waste-management-and-reduce-greenhouse-gas-emissions?language=en_US)
  7. APRILIA A. Waste Management in Indonesia and Jakarta: Challenges and Way Forward. Asia-Europe Found (ASEF) [Internet]. 2021;23th. Available from: [https://asef.org/wp-content/uploads/2022/01/ASEFSU23\\_Background-Paper\\_Waste-Management-in-Indonesia-and-Jakarta.pdf](https://asef.org/wp-content/uploads/2022/01/ASEFSU23_Background-Paper_Waste-Management-in-Indonesia-and-Jakarta.pdf)
  8. Wei T, Wu J, Chen S. Keeping Track of Greenhouse Gas Emission Reduction Progress and Targets in 167 Cities Worldwide. *Front Sustain Cities*. 2021;3 (July):1–13.
  9. Razzaq A, Sharif A, Najmi A, Tseng ML, Lim MK. Dynamic and causality interrelationships from municipal solid waste recycling to economic growth, carbon emissions and energy efficiency using a novel bootstrapping autoregressive distributed lag. *Resour Conserv Recycl*. 2021;166.
  10. Wirayuda AW. Kota dan jejak aktivitas peradaban. Airlangga University Press.; 2020.
  11. Komara, E., Setiawan, H., Sikki, N., Hersusetiyati, H., Kosasih, K., Paramarta, V., ... & Octaviani SD. Diseminasi dan Edukasi Pengelolaan Sampah Jamaah Masjid Kelurahan Sarijadi Kota Bandung. *J Abdimas Sang Buana*, 4 (2), 86-98. 2023;
  12. Wahyuni, S., Ayu, M. N., & Ansori S. Kesadaran Masyarakat melalui Pengelolaan Sampah dan Budidaya Maggot BSF Desa Cimekar. *J abdimas Sang Buana*, 5 (1), 1-9. 2024;
  13. Husnah SE. Manajemen dan Tata Kelola Lingkungan: Implementasi SDGs dalam KLHS. *Publica Indonesia Utama.*; 2022.
  14. Magazzino, C., & Falcone P. Waste Management and Greenhouse Gas Emissions: A Systematic Review. *J Environ Manag*. 2022;
  15. Cheng, L. et al. The Role of Waste-to-Energy and Composting in Carbon Reduction: A Review of Urban Practices. *Environ Res Lett* 17 (6), 56-68. 2022;
  16. Materials S, Division M, Government TM. 3Rs & Waste Management in Tokyo 1. 3Rs and Waste Management in Tokyo 2. TOKYO 2020 Sustainability Plan and SDG-12 3. Plastic Waste and Marine litter Sustainable Materials Management Division Bureau of Environment Tokyo Metropolitan Government. 2020;
  17. Hepburn C, Qi Y, Stern N, Ward B, Xie C ZD. Towards carbon neutrality and China's 14th five-year plan: clean energy transition, sustainable urban development, and investment priorities. *Env Sci Ecotechnol*. 2021;
  18. ASEF. Waste Management in Indonesian Cities: Challenges and Strategies. 2022;