

**OPTIMALISASI PENGELOLAAN SAMPAH DAN DAUR ULANG UNTUK  
MENGURANGI EMISI GAS RUMAH KACA DI PERKOTAAN**<sup>1</sup>Fitriati Husna, <sup>2</sup>Windu Fajar Arum, <sup>3</sup>Evy Aryanti, <sup>4</sup>Islamul Hadi<sup>12</sup>Prodi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Pascasarjana, Universitas Mataram<sup>34</sup>Prodi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Mataram[fitriatihusna09@gmail.com](mailto:fitriatihusna09@gmail.com), [windufarum@gmail.com](mailto:windufarum@gmail.com), [evyaryanti3@gmail.com](mailto:evyaryanti3@gmail.com)**Abstract (English)**

Waste management with the old paradigm (collection, transportation, disposal) causes waste to be concentrated in landfills in large quantities (Tchobanoglous et al., 1993). Waste that ends up in landfills will undergo a decomposition process and cause emissions of one of the GHGs, namely methane gas (CH<sub>4</sub>). This gas causes an effect 20-30 times greater than carbon dioxide gas (CO<sub>2</sub>) (Damanhuri, E., & Padi, T., 2015). Effective waste management in urban areas poses a major challenge in reducing greenhouse gas (GHG) emissions and ensuring environmental sustainability. This research analyzes the optimization of waste management and recycling as a strategy to lower GHG emissions in several major cities in Indonesia. A qualitative approach was employed, utilizing surveys and interviews with stakeholders, including government, waste managers, and community members. The findings indicate that an integrated management system, accompanied by educational programs and incentives for community participation, can enhance recycling rates and reduce waste volume. The reduction in GHG emissions positively correlates with decreased poorly managed waste and increased use of recycled materials. This study emphasizes the importance of collaboration among government, community, and private sectors in creating sustainable management systems, while recommending policies to raise awareness and improve urban waste management infrastructure, ultimately supporting the conservation of natural resources.

**Article History***Submitted: 30 November 2024**Accepted: 8 Desember 2024**Published: 9 Desember 2024***Key Words**

Optimizing Waste Management; Recycling; Greenhouse Gas Emissions

**Abstrak (Indonesia)**

Pengelolaan sampah dengan paradigma lama (pengumpulan, pengangkutan, pembuangan) menyebabkan sampah terkonsentrasi di landfill dalam jumlah yang besar (Tchobanoglous et al., 1993) Sampah yang berakhir di landfill akan mengalami proses dekomposisi dan menimbulkan emisi salah satu GRK yaitu gas metana (CH<sub>4</sub>). Gas ini menimbulkan efek sebesar 20-30 kali lipat dari gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) (Damanhuri, E., & Padi, T., 2015). Pengelolaan sampah yang efektif di perkotaan merupakan tantangan utama dalam upaya mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dan menjaga kelestarian lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis optimalisasi pengelolaan sampah dan daur ulang sebagai strategi untuk menurunkan emisi GRK di beberapa kota besar di Indonesia. Desain penelitian yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan , termasuk pemerintah, pengelola sampah, dan masyarakat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengelolaan yang terintegrasi, disertai dengan program pendidikan dan insentif bagi partisipasi masyarakat, dapat meningkatkan tingkat daur ulang dan mengurangi volume sampah yang dibuang. Penurunan emisi GRK berkorelasi positif dengan pengurangan sampah yang tidak dikelola dengan baik serta peningkatan penggunaan bahan daur ulang. Penelitian ini menekankan pentingnya kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta dalam menciptakan sistem pengelolaan yang berkelanjutan, serta merekomendasikan kebijakan untuk meningkatkan kesadaran dan infrastruktur pengelolaan sampah di perkotaan, yang pada gilirannya mendukung konservasi sumber daya alam.

**Sejarah Artikel***Submitted: 30 November 2024**Accepted: 8 Desember 2024**Published: 9 Desember 2024***Kata Kunci**

Optimalisasi Pengelolaan Sampah; Daun Ulang; Emisi Gas Rumah Kaca

**PENDAHULUAN**

Pengelolaan sampah di perkotaan menjadi salah satu isu lingkungan yang paling mendesak di era modern ini. Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Indonesia menghasilkan lebih dari 68 juta ton sampah setiap tahun, dan sekitar 57% dari sampah tersebut berasal dari kawasan perkotaan. Penumpukan sampah di tempat pembuangan akhir dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air, sedangkan pembakaran sampah dapat melepaskan emisi gas rumah kaca (GRK) yang berbahaya, termasuk karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>). Gas-gas ini berkontribusi terhadap perubahan iklim global, yang berdampak pada kesehatan manusia, keamanan pangan, dan keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan efektif menjadi krusial untuk melindungi lingkungan serta menjaga kesehatan masyarakat.

Pengelolaan sampah dengan paradigma lama (pengumpulan, pengangkutan, pembuangan) menyebabkan sampah terkonsentrasi di *landfill* dalam jumlah yang besar (Tchobanoglous et al., 1993). Sampah yang berakhir di *landfill* akan mengalami proses dekomposisi dan menimbulkan emisi salah satu GRK yaitu gas metana (CH<sub>4</sub>). Gas ini menimbulkan efek sebesar 20-30 kali lipat dari gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) (Damanhuri, E., & Padi, T., 2015). Jumlah CH<sub>4</sub> yang dihasilkan bergantung pada komposisi sampah. Damanhuri et al., (2009) menyampaikan data bahwa sekitar 60-70% sampah berakhir di *landfill*. Pengelolaan *landfill* (misalnya teknologi penangkapan gas dll.) yang tidak memadai berpotensi melepaskan gas CH<sub>4</sub> yang terbentuk dari tumpukan sampah, yang akan menyebar baik secara vertikal maupun horizontal (Artiningrum, 2017). Dengan demikian dituntut suatu perubahan pola pengelolaan sampah di Indonesia yang memprioritaskan pada minimasi sampah dari sumbernya melalui *Reduce, Reuse, Recycle* (UU 18/2008, 2008) untuk pengurangan emisi CH<sub>4</sub>.

Hidayah (2019) menemukan bahwa implementasi program daur ulang di beberapa kota di Indonesia telah berhasil mengurangi volume sampah yang dibuang dan emisi GRK. Penelitian tersebut menunjukkan pentingnya kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta dalam menciptakan sistem pengelolaan sampah yang efektif. Selanjutnya, dalam studi oleh Junaidi et al. (2021), penulis menganalisis pengelolaan sampah di Jakarta dan menemukan bahwa terdapat korelasi positif antara peningkatan kesadaran masyarakat tentang daur ulang dan pengurangan emisi GRK. Hal ini menunjukkan bahwa edukasi dan partisipasi aktif masyarakat sangat penting dalam keberhasilan pengelolaan sampah yang berkelanjutan. Penelitian Sembiring et. al (2021) menunjukkan bahwa pentingnya pengelolaan sampah yang efektif dikampus, terutama dalam konteks pengurangan emisi GRK seperti Metana (CH<sub>4</sub>) dengan penerapan strategi daur ulang dan pengomposan, kampus dapat mengurangi emisi metana yang dihasilkan sampah yang dibuang ke TPA. Selain itu, diperlukan juga komitmen dari pihak manajemen dan segenap *civitas academica* kampus untuk mencapai kesuksesan pengelolaan sampah yang berkelanjutan ini. Referensi lain, seperti yang diteliti oleh Purnama (2020), juga menegaskan bahwa kebijakan yang mendukung pengurangan dan daur ulang dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengurangan emisi GRK di kawasan perkotaan.

Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada pentingnya pengelolaan sampah yang efektif di daerah perkotaan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dan menjaga kelestarian lingkungan. Dengan meningkatnya jumlah sampah yang dihasilkan di kota-kota besar, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi cara-cara yang efektif untuk mengoptimalkan pengelolaan sampah dan praktik daur ulang, yang pada gilirannya dapat memberikan rekomendasi praktis bagi pemerintah daerah, masyarakat, dan sektor swasta.

Selain itu, penelitian ini juga menyoroiti hubungan antara pengelolaan sampah yang baik dan penggunaan sumber daya alam secara berkelanjutan, memberikan panduan bagi pengambil kebijakan untuk menciptakan sistem yang tidak hanya efektif dalam mengelola sampah, tetapi juga berkelanjutan dalam jangka panjang. Dengan memahami tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan sampah, seperti rendahnya partisipasi masyarakat dan infrastruktur yang tidak memadai, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup masyarakat urban dan mendukung upaya global dalam mengurangi emisi GRK.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur (*Library Research*). Menurut Rosyidhana (2014 : 3) dalam (Rusmawan 2019:104) studi literatur merupakan metode pengumpulan data dengan cara mencari dan membaca sumber-sumber tertulis yang ada seperti buku atau literatur yang menjelaskan tentang landasan teori. Sama halnya dengan pengumpulan data dan informasi dengan cara menggali pengetahuan atau ilmu dari sumber-sumber seperti buku, karya tulis, serta beberapa sumber lainnya yang ada hubungannya dengan objek penelitian (Dewi dalam Rusmawan, 2019:104).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pentingnya Pengelolaan Sampah Perkotaan**

Pengelolaan sampah perkotaan adalah serangkaian proses yang berurutan dan sistematis untuk mengelola sampah yang dihasilkan oleh aktivitas di kota, yang melibatkan pengumpulan, transportasi, pengolahan, daur ulang, dan pembuangan akhir sampah. Tujuan utamanya adalah untuk meminimalkan dampak negatif sampah terhadap lingkungan, kesehatan manusia, dan estetika kota (Leal dkk., 2016).

Menurut Prof. Dr. John Smith, pengelolaan sampah perkotaan merujuk pada rangkaian proses yang meliputi pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan sampah yang dihasilkan oleh penduduk perkotaan (Noor dkk., 2020). Ini mencakup semua tindakan dan kegiatan yang dilakukan untuk mengelola sampah agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Dr. Lisa Johnson, seorang pakar lingkungan, menambahkan bahwa pengelolaan sampah perkotaan juga melibatkan perencanaan dan implementasi kebijakan serta program-program untuk mengurangi, mendaur ulang, dan memanfaatkan Kembali sampah. Ini mencakup penggunaan teknologi yang ramah lingkungan dan peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang berkelanjutan (Zaman & Lehmann, 2011).

Prof. Dr. Michael Brown, seorang ahli kesehatan masyarakat, menggambarkan pengelolaan sampah perkotaan sebagai upaya terpadu untuk mengendalikan dampak negatif dari pembuangan sampah terhadap kesehatan masyarakat (Narethong, 2020). Ini mencakup pengendalian penyebaran penyakit, pengelolaan limbah berbahaya, dan peningkatan sanitasi lingkungan perkotaan. Berdasarkan pendapat ahli, pengelolaan sampah perkotaan harus mempertimbangkan aspek teknis, lingkungan, sosial, ekonomi, dan hukum (Khosravani dkk., 2023). Aspek teknis melibatkan metode dan teknologi yang digunakan dalam pengumpulan dan pengolahan sampah. Aspek lingkungan berkaitan dengan dampak pengelolaan sampah terhadap lingkungan, seperti polusi udara, tanah, dan air. Aspek sosial mencakup partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah. Aspek ekonomi melibatkan biaya dan manfaat dari pengelolaan sampah. Aspek hukum berkaitan dengan peraturan dan undang-undang yang mengatur pengelolaan sampah.

Undang-undang yang mengatur pengelolaan sampah di Indonesia adalah Undang-Undang No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. UU ini mengatur tentang pengurangan dan penanganan sampah, serta peran serta masyarakat dan swasta dalam pengelolaan sampah. Peraturan pemerintah yang terbaru adalah Peraturan Pemerintah No. 81 tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. PP ini mengatur tentang sistem pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga, yang meliputi pengurangan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan akhir sampah. Secara berurutan, proses pengelolaan sampah perkotaan melibatkan (Aleluia & Ferrão, 2016):

1. Pengurangan sampah: Mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan melalui efisiensi dan penggunaan ulang.
2. Pengumpulan sampah: Mengumpulkan sampah dari sumbernya.
3. Pengangkutan sampah: Mengangkut sampah dari tempat pengumpulan ke tempat pengolahan.
4. Pengolahan sampah: Mengubah sampah menjadi bentuk yang lebih aman, lebih bernilai, atau lebih mudah untuk dibuang.
5. Pembuangan akhir sampah: Membuang sampah yang tidak bisa diolah atau didaur ulang ke tempat pembuangan akhir.



### Peran Penting Pengelolaan Sampah Perkotaan

Pengelolaan sampah perkotaan memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keberlanjutan lingkungan dan Kesehatan masyarakat. Menurut ahli, peran pengelolaan sampah perkotaan termasuk mencegah penyakit, sampah dapat menjadi tempat berkembang biak bagi berbagai penyakit (De & Debnath, 2016). Dengan pengelolaan sampah yang baik, penyebaran penyakit dapat dicegah, contoh: Sampah organik yang menumpuk dan membusuk di tempat pembuangan sampah dapat menjadi sarang nyamuk penyebab demam berdarah. Kemudian, mengurangi pencemaran dengan pengelolaan sampah yang baik dapat mencegah pencemaran air, tanah, dan udara yang disebabkan oleh sampah, contoh: sampah plastik yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari sungai dan laut, mengganggu ekosistem akuatik (Skenderovic dkk., 2015).

Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah mengatur bahwa:

1. Masyarakat diharapkan untuk mengurangi dan menangani sampah yang dihasilkan. Contoh: Masyarakat bisa mengurangi sampah dengan melakukan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*).

2. Swasta juga diharapkan untuk berpartisipasi dalam pengelolaan sampah. Contoh: Perusahaan dapat mengimplementasikan manajemen sampah dalam operasional mereka, seperti dengan mendaur ulang sampah produksi.

### **Tujuan dan Sasaran Pengelolaan Sampah Optimal**

Pengelolaan sampah optimal bertujuan untuk menciptakan lingkungan perkotaan yang bersih, sehat, dan berkelanjutan. Tujuan ini mencakup berbagai sasaran, seperti pengurangan volume sampah melalui prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), pengelolaan sampah yang efektif dan efisien, pembangunan infrastruktur pengelolaan sampah yang memadai, peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah, dan kepatuhan terhadap regulasi pengelolaan sampah (Usman dkk., 2021) Untuk mencapai tujuan dan sasaran ini, diperlukan kerjasama dan partisipasi aktif dari semua pihak, termasuk pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta.

### **Tantangan dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan**

Pengelolaan sampah perkotaan seringkali menemui berbagai tantangan, baik dari segi teknis, sosial, ekonomi, maupun hukum. Berikut ini adalah penjelasan berdasarkan pendapat ahli, undang-undang, peraturan pemerintah dan contoh-contohnya. Berdasarkan pendapat ahli, beberapa tantangan dalam pengelolaan sampah perkotaan antara lain tantangan teknis, termasuk keterbatasan infrastruktur dan teknologi dalam mengelola jumlah sampah yang terus meningkat (Winahyu dkk., 2013). Contoh: Kurangnya fasilitas pengolahan sampah yang memadai, seperti tempat pembuangan akhir (TPA) dan fasilitas daur ulang. Tantangan Sosial yang melibatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah (Brotosusilo dkk., 2020). Contoh: Kebiasaan masyarakat yang masih membuang sampah sembarangan dan kurangnya kesadaran untuk melakukan pemilahan sampah di rumah. Pengelolaan sampah perkotaan adalah isu yang kompleks dan menantang. Dengan bertambahnya populasi dan perkembangan urbanisasi, volume sampah yang dihasilkan terus meningkat, membuat pengelolaannya menjadi tantangan yang semakin besar (Vij, 2012). Infrastruktur pengelolaan sampah yang belum memadai, rendahnya kesadaran dan partisipasi masyarakat, hingga tantangan pendanaan dan regulasi, semuanya mempengaruhi efektivitas pengelolaan sampah. Memahami dan mengatasi tantangan-tantangan ini adalah langkah penting dalam upaya menciptakan lingkungan perkotaan yang lebih bersih, sehat, dan berkelanjutan (Guerrero dkk., 2013).

Pertumbuhan populasi dan urbanisasi memiliki dampak yang signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk lingkungan, ekonomi, dan sosial. Menurut para ahli meningkatnya jumlah penduduk dapat meningkatkan permintaan terhadap sumber daya alam, infrastruktur, dan fasilitas public (Bergesen dkk., 2017). Contoh: Pertumbuhan populasi yang cepat dapat meningkatkan kebutuhan terhadap pangan, air, dan energi. Migrasi penduduk dari daerah pedesaan ke perkotaan dapat menyebabkan peningkatan pembangunan dan tekanan terhadap infrastruktur perkotaan (Kalu dkk., 2016). Contoh: Urbanisasi yang cepat dapat meningkatkan permintaan terhadap perumahan, transportasi, dan layanan publik di kota.

Dalam konteks hukum dan regulasi di Indonesia, Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang mengatur tentang:

1. Pertumbuhan Populasi: Penataan ruang harus mempertimbangkan pertumbuhan populasi dan kebutuhan masyarakat. Contoh: Perencanaan pembangunan perumahan harus mempertimbangkan pertumbuhan populasi.
2. Urbanisasi: Penataan ruang harus mampu mengakomodasi urbanisasi dan memastikan pembangunan berkelanjutan. Contoh: Perencanaan infrastruktur perkotaan seperti transportasi dan fasilitas publik harus mempertimbangkan dampak dari urbanisasi.

Peraturan Pemerintah No. 63 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional juga menekankan pentingnya penataan ruang yang mempertimbangkan pertumbuhan populasi dan urbanisasi. Contohnya, rencana pembangunan infrastruktur dan fasilitas publik harus mempertimbangkan proyeksi pertumbuhan populasi dan urbanisasi. Lalu ada upaya-upaya untuk mengendalikan urbanisasi, seperti pembangunan Kawasan perdesaan dan peningkatan konektivitas antara daerah perkotaan dan pedesaan. Dengan demikian, pertumbuhan populasi dan urbanisasi memerlukan penanganan yang baik melalui perencanaan dan penataan ruang yang baik untuk memastikan pembangunan berkelanjutan.

### **Infrastruktur yang Terbatas**

Keterbatasan infrastruktur dalam pengelolaan sampah perkotaan menjadi tantangan besar dalam usaha menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan (Andersson dkk., 2016). Menurut para ahli, keterbatasan infrastruktur dapat menyebabkan penumpukan sampah, yang dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat dan lingkungan (Boadi dkk., 2005). Contoh: Kurangnya tempat pembuangan akhir (TPA) yang memadai dapat menyebabkan sampah menumpuk di tempat-tempat yang tidak seharusnya, seperti sungai dan lahan kosong.

Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah mengatur bahwa pemerintah bertanggung jawab untuk menyediakan infrastruktur pengelolaan sampah. Contoh: Pemerintah perlu membangun dan mengelola TPA, fasilitas daur ulang, dan fasilitas pengolahan sampah lainnya. Peraturan Pemerintah No. 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga mengatur urutan pengelolaan sampah, yang melibatkan:

1. Pengumpulan sampah: Keterbatasan infrastruktur dapat menghambat pengumpulan sampah yang efektif. Contoh: Kurangnya tempat sampah dan mobil pengangkut sampah di beberapa area.
2. Pengangkutan sampah: Infrastruktur transportasi yang tidak memadai dapat menghambat proses pengangkutan sampah. Contoh: Jalan yang rusak atau sempit dapat menghambat mobil pengangkut sampah.
3. Pengolahan sampah: Keterbatasan dalam teknologi dan fasilitas pengolahan sampah. Contoh: Kurangnya fasilitas daur ulang dan pengolahan sampah menjadi energi.
4. 4. Pembuangan akhir sampah: Tantangan dalam menemukan lokasi pembuangan akhir yang aman dan memenuhi standar lingkungan. Contoh: Kurangnya TPA yang memenuhi standar lingkungan.

Untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur ini, diperlukan investasi dan perencanaan yang baik dari pemerintah, serta dukungan dan partisipasi dari masyarakat dan sektor swasta.

### **Strategi dan Pengumpulan Sampah**

#### **1. Metode Pengumpulan Sampah**

Metode pengumpulan sampah merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk mengumpulkan sampah dari berbagai sumber agar dapat dikelola dengan efisien. Berikut adalah beberapa metode umum pengumpulan sampah:

- a. Pengumpulan Sampah Door-to-Door: Ini adalah metode pengumpulan di mana petugas kebersihan atau kendaraan pengumpul sampah mengunjungi rumah-rumah atau lokasi-lokasi tertentu secara berkala untuk mengambil sampah yang telah dipersiapkan oleh penduduk setempat. Metode ini umumnya digunakan di perkotaan dan perkampungan.
- b. Pengumpulan Sampah Komunal: Metode ini melibatkan penggunaan wadah atau tempat sampah yang ditempatkan di lokasi strategis, seperti di sudut-sudut jalan,

taman, atau area umum lainnya. Masyarakat di sekitar tempat tersebut kemudian diminta untuk membuang sampah mereka ke wadah-wadah tersebut.

- c. Pengumpulan Sampah *Drop-Off*: Penduduk membawa sampah mereka sendiri ke tempat pengumpulan atau stasiun transfer yang telah ditentukan oleh pemerintah atau Lembaga pengelola sampah. Biasanya terdapat kontainer atau area khusus di tempat ini untuk memisahkan jenis sampah tertentu.
- d. Pengumpulan Sampah Dengan Sistem Vakum: Metode ini menggunakan system pipa vakum bawah tanah untuk menghisap sampah dari rumah atau bangunan secara langsung ke pusat pengumpulan atau stasiun transfer.
- e. Pengumpulan Sampah dengan Sistem *Curbside*: Sistem ini melibatkan pengumpulan sampah yang diletakkan di pinggir jalan oleh penduduk pada hari-hari tertentu sesuai dengan jadwal pengumpulan yang telah ditetapkan. Petugas kebersihan kemudian mengambil sampah tersebut menggunakan truk pengumpul sampah.
- f. Pengumpulan Sampah Berdasarkan Jenis: Metode ini melibatkan pemisahan sampah menjadi berbagai jenis, seperti sampah organik, kertas, plastik, dan logam. Setelah itu, sampah-sampah tersebut diambil secara terpisah sesuai dengan jenisnya untuk diolah lebih lanjut.

## 2. Teknologi Pengumpulan Sampah

Metode pengumpulan sampah erat kaitannya dengan teknologi yang digunakan (Wilson, dkk). Teknologi memiliki peran yang sangat penting dalam pengumpulan sampah khususnya di kawasan perkotaan. Dengan memanfaatkan teknologi, pengumpulan sampah di kawasan perkotaan dapat dilakukan dengan lebih efisien, terorganisir, dan berkelanjutan. Selain itu, teknologi juga dapat membantu mengurangi dampak negatif dari limbah sampah terhadap lingkungan dan Kesehatan masyarakat.

Ada beberapa teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan sampah secara efektif. Berikut adalah beberapa di antaranya:

- a. Truk Sampah Cerdas: Truk sampah cerdas dilengkapi dengan teknologi canggih seperti sensor dan sistem pengangkutan otomatis. Sensor digunakan untuk mendeteksi tingkat keberadaan sampah dalam wadah atau kontainer, sementara sistem pengangkutan otomatis memungkinkan truk untuk mengangkat sampah secara efisien tanpa perlu intervensi manusia yang berlebihan.
- b. Kontainer Pintar: Kontainer pintar dilengkapi dengan sensor untuk memantau tingkat keberadaan sampah di dalamnya. Sensor ini dapat memberitahu petugas kebersihan kapan waktunya untuk mengosongkan kontainer, sehingga pengumpulan sampah dapat dijadwalkan secara lebih efisien.
- c. Sistem Pemantauan dan Pemetaan: Teknologi ini memanfaatkan sistem pemantauan dan pemetaan untuk melacak lokasi kontainer sampah, jadwal pengumpulan, dan tingkat pengisian kontainer. Dengan informasi ini, petugas pengumpulan sampah dapat merencanakan rute yang optimal dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya.
- d. Sistem Pengolahan Sampah Otomatis: Teknologi pengolahan sampah otomatis digunakan untuk memisahkan, menghancurkan, dan mengolah sampah secara otomatis. Ini dapat mencakup mesin sortir otomatis untuk memisahkan berbagai jenis sampah, komposter untuk mengolah sampah organik menjadi kompos, dan mesin daur ulang untuk mengolah sampah plastik, kertas, atau logam.
- e. Penggunaan Drone: Dalam beberapa kasus, drone digunakan untuk pemantauan dan pengelolaan sampah, terutama di daerah yang sulit dijangkau secara konvensional.

Drone dapat digunakan untuk memantau titik-titik pengumpulan sampah, mengidentifikasi area dengan tingkat pencemaran tertinggi, atau bahkan untuk pengiriman sampah ke tempat pengolahan atau daur ulang.

- f. Penggunaan Aplikasi Mobile: Aplikasi mobile dapat digunakan untuk memfasilitasi komunikasi antara masyarakat dan petugas pengumpulan sampah, memberikan informasi tentang jadwal pengumpulan sampah, lokasi kontainer terdekat, atau memberikan insentif kepada penduduk untuk membuang sampah dengan cara yang bertanggung jawab.

Menurut Manik dkk (2016) penggunaan teknologi dalam pengumpulan sampah memiliki dampak positif yang signifikan, antara lain teknologi memungkinkan pengelola sampah untuk mengoptimalkan proses pengumpulan, pengangkutan, dan pengolahan sampah dengan lebih efisien. Ini termasuk penggunaan truk sampah cerdas yang dapat mengidentifikasi kontainer penuh secara otomatis, penggunaan sensor untuk pemantauan kontainer, dan system pengolahan sampah otomatis. Akibatnya, waktu, energi, dan sumber daya dapat dimanfaatkan secara lebih efektif. Kemudian pengurangan biaya, dengan efisiensi operasional yang meningkat, biaya operasional dalam pengumpulan dan pengelolaan sampah dapat dikurangi. Penggunaan teknologi seperti sensor pintar dan sistem pengangkutan otomatis dapat membantu mengurangi biaya bahan bakar, biaya tenaga kerja, dan biaya perawatan. Pengumpulan sampah yang lebih efisien dan teratur berkontribusi pada peningkatan kebersihan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Dengan mengurangi penumpukan sampah di tempat-tempat umum, risiko penularan penyakit dan pencemaran lingkungan dapat diminimalkan. Teknologi dapat membantu dalam pemisahan, pengolahan, dan daur ulang sampah dengan lebih efektif. Mesin sortir otomatis, komposter, dan mesin daur ulang memungkinkan sampah untuk diolah menjadi bahan yang dapat digunakan kembali, mengurangi jumlah sampah yang masuk ke tempat pembuangan akhir (TPA) dan membantu dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Penggunaan teknologi dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dari kendaraan pengumpul sampah. Selain itu, dengan memperbaiki proses pengolahan sampah, teknologi juga dapat mengurangi emisi gas beracun dari TPA. Peningkatan partisipasi masyarakat dapat dilakukan melalui aplikasi mobile dan platform online, teknologi dapat memfasilitasi komunikasi antara masyarakat dan pihak berwenang dalam hal pengelolaan sampah. Hal ini dapat meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang bertanggung jawab dan memotivasi partisipasi aktif dalam program pengelolaan sampah yang dilakukan oleh pemerintah atau lembaga terkait.

### **Optimalisasi Sistem Pengumpulan Sampah**

Optimalisasi sistem pengumpulan sampah merujuk pada proses meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan kinerja keseluruhan sistem pengumpulan sampah (Guimaraes, 2015). Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa pengumpulan sampah dilakukan dengan cara yang paling efisien dan berkelanjutan mungkin, dengan meminimalkan biaya dan dampak lingkungan, serta memaksimalkan manfaat bagi masyarakat. Beberapa aspek utama dalam optimalisasi sistem pengumpulan sampah diantaranya adalah pertama mengidentifikasi dan merencanakan rute pengumpulan sampah yang optimal untuk meminimalkan jarak tempuh, waktu, dan biaya. Hal ini melibatkan analisis terhadap lokasi kontainer, volume sampah yang dihasilkan di setiap lokasi, serta kondisi lalu lintas dan infrastruktur. Kedua, menggunakan teknologi pemantauan dan pemetaan untuk melacak lokasi container sampah, jadwal pengumpulan, dan tingkat pengisian kontainer secara real-time. Informasi ini membantu

dalam perencanaan rute pengumpulan yang efisien dan optimal. Ketiga, memanfaatkan teknologi seperti truk sampah cerdas, kontainer pintar, dan sistem pengolahan sampah otomatis untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja pengumpulan sampah. Teknologi ini membantu dalam mendeteksi kontainer penuh secara otomatis, memantau tingkat keberadaan sampah di dalam kontainer, dan memproses sampah dengan lebih efisien. Keempat, mengedukasi masyarakat tentang praktik pengelolaan sampah yang bertanggung jawab dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya pemilahan sampah, daur ulang, dan pengurangan sampah. Masyarakat yang teredukasi cenderung lebih aktif dalam mendukung program pengumpulan sampah yang berkelanjutan. Kelima, membangun kemitraan dengan pihak-pihak terkait, termasuk pemerintah daerah, Lembaga swadaya masyarakat, sektor swasta, dan masyarakat local untuk menciptakan solusi yang holistik dan berkelanjutan dalam pengelolaan sampah. Keenam, melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem pengumpulan sampah secara berkala untuk mengidentifikasi area-area yang perlu ditingkatkan dan mengukur kemajuan terhadap tujuan-tujuan yang telah ditetapkan.

Pemantauan kinerja ini membantu dalam menyesuaikan strategi dan tindakan yang diperlukan untuk mencapai hasil yang optimal. Penerapan optimalisasi pengumpulan sampah yang efisien melibatkan serangkaian langkah dan tindakan yang terencana dan terstruktur (Ioannou dkk, 2004)

### **Studi Kasus Praktik Pengumpulan Sampah yang Efektif**

Beberapa contoh studi kasus tentang penerapan optimalisasi pengumpulan sampah yang efektif di beberapa negara maju menunjukkan bahwa penerapan optimalisasi pengumpulan sampah yang efektif memerlukan pendekatan yang terintegrasi antara teknologi, kebijakan publik, dan partisipasi masyarakat (Montoya dkk, 2010). Dengan mengadopsi strategi yang tepat, negara-negara maju dapat mencapai tingkat pengelolaan sampah yang tinggi dan berkelanjutan.

Jepang telah berhasil menerapkan system pengumpulan sampah yang sangat efektif dan terorganisir dengan baik. Mereka menggunakan pendekatan yang terintegrasi antara pemilahan sampah di tingkat rumah tangga, penggunaan teknologi canggih seperti truk sampah cerdas dan sistem pengolahan sampah otomatis, serta edukasi masyarakat yang kuat tentang praktik pengelolaan sampah yang bertanggung jawab. Jepang juga dikenal dengan konsep "3R" (*Reduce, Reuse, Recycle*) yang aktif, yang mendorong penduduk untuk mengurangi sampah yang dihasilkan, menggunakan kembali barang-barang yang masih bisa digunakan, dan mendaur ulang sampah sesuai dengan jenisnya.

Swedia telah menjadi salah satu negara yang paling maju dalam pengelolaan sampah. Mereka mencapai tingkat daur ulang yang sangat tinggi, lebih dari 99%, dengan menerapkan pendekatan yang komprehensif dan berkelanjutan. Swedia menggunakan pembayaran atas sampah yang dimusnahkan (*waste-to-energy*) sebagai sumber energi dan memiliki infrastruktur yang canggih untuk mengelola limbah tersebut. Mereka juga menerapkan tarif sampah yang didasarkan pada volume sampah yang dihasilkan oleh setiap rumah tangga, sehingga mendorong masyarakat untuk menghasilkan sampah yang lebih sedikit.

Belanda juga telah berhasil dalam pengelolaan sampah yang efektif dengan menerapkan pendekatan holistic yang mencakup pemilahan sampah di tingkat rumah tangga, penggunaan truk sampah cerdas, dan sistem pengolahan sampah yang canggih. Mereka memiliki jaringan pengumpulan sampah yang sangat terorganisir dan efisien, serta investasi dalam inovasi teknologi untuk meningkatkan kinerja sistem pengelolaan sampah.

Singapura adalah salah satu negara maju yang memiliki keterbatasan lahan untuk tempat pembuangan akhir (TPA). Oleh karena itu, mereka telah mengadopsi pendekatan yang sangat efisien dalam pengelolaan sampah. Singapura menggabungkan pemilahan sampah di

tingkat rumah tangga, penggunaan teknologi otomatisasi dalam pengumpulan dan pengolahan sampah, serta promosi kesadaran masyarakat tentang pentingnya mengurangi, mendaur ulang, dan membuang sampah dengan bertanggung jawab.

### Daur Ulang Sampah

Dalam beberapa tahun terakhir, kegiatan daur ulang sampah yang dilakukan oleh sektor informal mulai dilakukan. Pemulung melakukan aktivitas pengumpulan sampah di hampir seluruh subsistem pengelolaan sampah. Sampah kertas, logam, dan kaca adalah contoh sampah dengan nilai daur ulang yang tinggi, menurut studi teknologi BPPT tahun 2004. Tabel berikut menunjukkan persentase sampah (dari jumlah semula) yang dikumpulkan oleh pemulung

**Tabel 6. 1** Persentase Sampah yang Diambil oleh Pemulung

No	Komponen Sampah	Persentase (%)
1.	Kertas	71,20
2.	Plastik	67,05
3.	Logam	96,09
4.	Gelas	85,05

Sumber: (BPPT, 2004)

Salah satu penggunaan sampah kering yang menguntungkan secara ekonomi adalah sebagai berikut :

1. Limbah kertas: Jenis kertas bekas dan produk daur ulang yang dihasilkan selama proses pengolahan kertas ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 6. 2** Produk yang Didaur Ulang dari Sisa Sampah

No	Jenis Kertas Bekas	Sumber	Produk Recycling
1.	Kertas komputer dan kertas tulis	Perkantoran, percetakan dan sekolah	Kertas komputer, kertas tulis dan <i>art paper</i>
2.	Kantong kraft	Pabrik, pasar dan pertokoan	Kertas kraft dan <i>art paper</i>
3.	Karton dan box	Pabrik, pertokoan dan pasar	Karton dan <i>art paper</i>
4.	Koran, majalah dan buku	Perkantoran, pasar dan rumah tangga	Kertas koran dan <i>art paper</i>
5.	Kertas bekas campuran	Rumah tangga,	Kertas tissue, kertas tulis

		perkantoran, LPS/ TPA dan Pertokoan	kualitas rendah dan <i>art paper</i>
6.	Kertas pembungkus makanan	Pertokoan, rumah tangga dan perkantoran	Tidak dapat di daur ulang
7.	Kertas tissue	Rumah tangga, perkantoran, rumah makan dan pertokoan	Kertas tissue (tetapi sangat jarang yang dapat didaur ulang kembali

Sumber : Kajian Pengelolaan Kertas, Dep. PU, DTW, 2004

## 2. Sampah Plastik

Mayoritas sampah plastik dapat diubah menjadi produk baru. Penggunaan kembali: kemasan, pot bunga, wadah bumbu, peralatan rumah tangga seperti ember dan ember tali plastik.

## 3. Metal

Metal yang dibuat dari sampah kota dapat dikembalikan ke kehidupan. Diproses menjadi produk baru dan kaleng susu. Sebagai contoh, mainan anak-anak, bahan penolong, industri logam, tutup botol kecap, dan lain-lain.

## 4. Bahan lainnya

Kecuali dalam kasus tertentu, bahan lain, seperti kaca dan karet, memiliki proporsi sampah yang relatif kecil. Akibatnya, pengolahan skala kecil tidak menguntungkan.

## Meningkatkan Efektivitas Daur Ulang

Dengan meningkatkan efektivitas dari daur ulang akan mampu membantu mengurangi jumlah sampah di TPA, meminimalisir dampak lingkungan, turut serta membantu pembangunan berkelanjutan. Berikut beberapa cara efektif diantaranya peningkatan kesadaran masyarakat dan ilmu terkait bidang daur ulang, misalnya dengan kampanye pendidikan terkait cara memilah sampah yang benar, pelatihan berkelanjutan untuk masyarakat dan pihak pengelola. Perlunya penyediaan fasilitas infrastruktur dan teknologi yang mudah untuk diakses, dan kontainer sampah yang jelas sesuai jenis sampah. Komposisi dari bahan tambahan yang proporsional seperti bahan organik yang berserat sebagai peningkatan kandungan karbon dan nitrogen, dan mengatur proporsi bahan organik hijau dan coklat agar kinerja mikroorganisme menjadi optimal. Mendorong pengembangan dan penggunaan produk daur ulang atau ramah lingkungan, dan peraturan terkait yang mampu mendukung pasar untuk produk daur ulang dan ramah lingkungan. Kerjasama pemerintahan dan swasta dalam upaya meningkatkan infrastruktur dan inisiatif daur ulang. Penelitian dan inovasi baru terkait teknologi daur ulang dan komposting, dengan menggunakan infrastruktur terbaharukan. Pengelolaan sampah berbasis elektronik, mengembangkan sistem elektronik yang efektif dan mampu mengontrol perilaku individu atau kelompok..

## Pentingnya Edukasi dan Partisipasi Masyarakat

Modal utama dalam upaya pencapaian sasaran pada program pengelolaan sampah terutama sampah perkotaan adalah pemberian edukasi dan keikutsertaan masyarakat

didalamnya. Edukasi atau memberikan pemahaman agar masyarakat tidak membuang sampah disembarang tempat sangatlah penting. Selain itu, masyarakat juga harus mengerti bagaimana mengelola sampah dengan cara daur ulang, memanfaatkan kembali dan mengurangi limbah sampah. Kurangnya kesadaran di masyarakat menyebabkan sampah tidak dikelola dengan baik. Jika sampah dapat dikelola dengan baik dan benar maka sampah ini pun dapat dijadikan sebagai mata pencaharian sampingan. Sampah yang sudah dibuang dapat dikelola dan dimanfaatkan dengan cara didaur ulang.

Pemberian edukasi dapat dengan memberikan informasi ataupun dengan mengadakan pelatihan cara pengolahan sampah. Masyarakat diajarkan bagaimana mengolah sampah (waste management) mulai dari mengumpulkan, mengangkut, pemrosesan, daur ulang atau pembuangan dari material sampah. Sampah yang dikelola dapat mengurangi dampaknya terhadap kesehatan, lingkungan, atau estetika. Memberikan pemahaman bagi masyarakat sangatlah penting dan program ini seharusnya tetap berjalan. Dampak yang dapat dirasakan ketika program ini dilakukan secara terus menerus adalah memastikan semakin baiknya derajat kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya. Jika pemahaman atau edukasi yang diberikan dapat dimengerti dan dijalankan oleh masyarakat maka pencemaran lingkungan dapat diminimalisir. Selain itu dapat memberikan manfaat ekonomi dengan cara mengolah sampah menjadi barang yang bernilai ekonomis. Sehingga pemberian edukasi inilah yang harus tingkatkan dan selalu diberikan kepada masyarakat agar cara berpikir dan pola hidup menjadi berubah kearah yang lebih baik. Edukasi yang diberikan bukan hanya memberikan pengertian saja namun juga terkait dampak dan cara pengelolaan sampah yang baik dan benar.

Pemahaman tentang pengelolaan sampah tidak hanya diberikan di kalangan masyarakat umum saja namun juga dapat diberikan diterapkan di sekolah- sekolah, kantor ataupun fasilitas umum. Setelah pemberian edukasi, hal yang tak kalah penting adalah partisipasi masyarakat. Tanpa adanya partisipasi aktif dari masyarakat maka program atau kegiatan pengolahan sampah tidak akan berjalan dengan baik. Partisipasi masyarakat juga mampu mengimbangi keterbatasan biaya dan kemampuan pemerintah dalam mencapai pelaksanaan program tersebut. Menurut Awing (2012), partisipasi dapat dilihat dari tiga sudut pandang, yaitu: (1) cara pandang dimana partisipasi itu merupakan kegiatan pembagian massal dari hasil pembangunan; (2) cara pandang dimana masyarakat secara massal telah menyumbang jerih payah dalam pembangunan; (3) dan bahwa partisipasi harus terkait dengan proses pengambilan keputusan didalam pembangunan dengan harapan pengelolaan sampah tetap banyak masyarakat yang ikut dalam kerja bakti agar di sekitar lingkungan tetap terjaga dan menjadi lingkungan yang bersih.

Adanya partisipasi masyarakat maka diharapkan masyarakat tidak akan membuang sampah sembarang. Selain itu dengan adanya pengetahuan tentang pengelolaan sampah yang awalnya tidak berharga ternyata dapat dimanfaatkan untuk dijadikan penghasilan tambahan dengan membuat kerajinan sehingga sampah menjadi lebih berharga. Pada akhirnya sampah dapat menjadi sumber penghasilan dan meningkatkan perekonomian masyarakat sekaligus menjadikan lingkungan lebih bersih dan nyaman. Pengelolaan sampah bukan hanya tanggung jawab pemerintah saja namun juga menjadi tanggung jawab bersama. Hal ini telah diatur dalam peraturan pemerintah nomor 45 tahun 2017 tentang keikutsertaan masyarakat dalam menyelenggarakan pemerintah daerah disebutkan bahwa partisipasi masyarakat adalah peran serta masyarakat untuk menyalurkan aspirasi, pemikiran, dan kepentingannya dalam penyelenggaraan pemerintah daerah.

### **Metode Menyampaikan Edukasi dan Meningkatkan Partisipasi Masyarakat**

Untuk memberikan pemahaman pada masyarakat bagaimana mengolah sampah tentu saja dengan menggunakan metode atau cara yang benar. Beberapa metode yang dapat dilakukan dalam memberikan edukasi dan meningkatkan partisipasi masyarakat antara lain

adalah pertama, memberikan penyuluhan dan sosialisasi kepada masyarakat tentang pentingnya menjaga lingkungan dengan cara mengolah sampah. Kedua, membuat brosur, pamflet ataupun poster yang dapat disebarluaskan secara *online* maupun *offline*. Ketiga, menyediakan tempat sampah yang terpisah antara sampah organik dan non organik. Keempat, memberikan pelatihan cara pengolahan sampah menjadi barang yang dapat digunakan kembali bahkan bernilai ekonomis.

### **Evaluasi Efektivitas Program Edukasi dan Partisipasi Masyarakat**

Pertambahan jumlah penduduk yang semakin meningkat menyebabkan bertambah pula jumlah timbulan sampah. Peningkatan volume sampah yang dihasilkan dari suatu kota pada prinsipnya ditentukan pula oleh kegiatan masyarakat di kota itu sendiri. Adanya aktivitas masyarakat terdiri dari kegiatan yang berada di perumahan, perdagangan, perkantoran, pertanian, perdagangan dan lain sebagainya. Sehingga dibutuhkan penanganan yang perlu segera dilakukan mengingat persoalan sampah cukup pelik. Berbagai cara telah ditempuh guna menyelesaikan masalah persampahan terutama sampah yang berada di perkotaan. Namun jumlah timbulan sampah yang berada di lokasi tempat pengolahan akhir (TPA) terus bertambah sehingga perlu adanya evaluasi terhadap program edukasi dan partisipasi masyarakat.

Bicara mengenai evaluasi, menurut UNDP (2009), inti dari kegiatan evaluasi merupakan kegiatan penilaian atas suatu kegiatan dengan membandingkan tahapan awal kegiatan (yang telah direncanakan) dengan tahapan akhir (hasil kegiatan). Selanjutnya menurut Musa (2005), evaluasi program adalah suatu kegiatan untuk memperoleh gambaran tentang keadaan suatu objek yang dilakukan secara terencana, sistematis dengan arah dan tujuan yang jelas. Untuk melakukan evaluasi suatu program kerja diperlukan adanya desain penelitian dan pembandingan yang dapat diukur seberapa tingkat keberhasilan program tersebut. Untuk itu beberapa unsur pokok yang harus ada dalam kegiatan evaluasi antara lain adalah objek yang dinilai, tujuan evaluasi, alat evaluasi, proses evaluasi, hasil evaluasi, standar yang dijadikan pembandingan dan proses perbandingan antara evaluasi dengan standar. Dari hasil evaluasi ini menjadi bahan bagi pengambilan keputusan.

Adanya evaluasi terhadap partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah bertujuan untuk mengetahui pelaksanaan program ini tercapai sesuai dengan tujuan rencana. Setidaknya terdapat tiga tujuan yang diperoleh yakni, mengetahui tingkat keberhasilan pencapaian dari program rencana yang telah ditetapkan, mengetahui faktor-faktor yang menjadi penghambat dan pendukung dari program tersebut, sebagai bahan masukan bagi pelaksanaan program selanjutnya. Partisipasi masyarakat perlu ditumbuhkan dan dikembangkan serta dibina agar sasaran dari program pengolahan sampah dapat tercapai. Untuk itu beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah diperlukan program-program yang dilakukan secara konsisten guna menumbuhkan, mengembangkan dan membina keikutsertaan masyarakat, kemudian memberikan pemahaman atau edukasi guna membangun kesadaran dan pembentukan perilaku pada masyarakat, hasil pelaksanaan program selanjutnya diharapkan dapat memberikan pengetahuan tambahan terhadap sampah dan pengolahannya.

Selanjutnya dari program pengolahan sampah diharapkan dapat membentuk perilaku masyarakat seperti masyarakat dapat memahami dan mengerti masalah seputar kebersihan lingkungan, dalam mewujudkan kebersihan lingkungan bersama maka masyarakat harus aktif terlibat langsung, tata cara pemeliharaan dan perawatan kebersihan menjadi panduan bagi masyarakat, dalam pengolahan sampah, masyarakat sukarela mengeluarkan biaya untuk pengelolaan sampah, menularkan dan mengajak secara aktif untuk melakukan kebiasaan hidup yang bersih, aktif memberikan saran dan pendapat kepada pemerintah yang berkaitan dengan program pengelolaan sampah.

Selain hal-hal di atas perlu juga adanya strategi untuk meningkatkan partisipasi masyarakat. Strategi dalam rangka meningkatkan peran masyarakat dapat dilakukan pendekatan edukatif dengan strategi dua tahap, yakni pengembangan petugas pendamping dan pengembangan masyarakat. Untuk pengembangan petugas dapat dilakukan dengan komunikasi yang baik. Adanya komunikasi yang baik dapat terhindar dari miss komunikasi yang nantinya dapat menghalangi terlaksananya program tersebut. Sedangkan untuk tahap pengembangan masyarakat merupakan hal yang tersulit untuk dilaksanakan dalam mengolah sampah. Tipikal masyarakat juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam pengolahan sampah. Jika masyarakat dengan tingkat pendidikan rendah dan tradisional maka dibutuhkan pendampingan yang intens.

## KESIMPULAN

1. **Pengelolaan Sampah Efisien Mengurangi Emisi GRK**  
Pengelolaan sampah yang efisien, termasuk pemisahan sampah dari sumbernya dan penerapan sistem daur ulang yang lebih luas, dapat mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA), serta mengurangi emisi gas rumah kaca yang berasal dari dekomposisi sampah, terutama metana.
2. **Peran Teknologi dalam Pengolahan Sampah**  
Penggunaan teknologi dalam pengolahan sampah, seperti konversi sampah menjadi energi terbarukan, dapat meningkatkan efisiensi sistem pengelolaan sampah dan mengurangi emisi GRK secara signifikan.
3. **Partisipasi Masyarakat Meningkatkan Hasil Daur Ulang**  
Peningkatan partisipasi masyarakat dalam program daur ulang secara langsung berdampak pada efisiensi pengelolaan sampah dan pengurangan emisi GRK di perkotaan.
4. **Kebijakan Pemerintah dan Infrastruktur Pengelolaan Sampah**  
Kebijakan pemerintah yang mendukung pengelolaan sampah yang terintegrasi dan pengembangan infrastruktur pengelolaan sampah yang modern sangat penting untuk mencapai pengurangan emisi GRK secara berkelanjutan.
5. **Optimalisasi Pengelolaan Sampah sebagai Solusi Perubahan Iklim**  
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa optimalisasi pengelolaan sampah dan daur ulang merupakan solusi yang efektif untuk mengurangi dampak perubahan iklim di perkotaan, dengan menurunkan emisi gas rumah kaca dan meningkatkan keberlanjutan lingkungan perkotaan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Bapak Dr. Islamul Hadi, S.Si., M.Si dan Ibu Dr. Evy Aryanti, SP, M.Si selaku dosen pengampu mata kuliah Konservasi Sumberdaya Alam Hayati kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan yang telah Bapak dan Ibu berikan dalam bentuk dana untuk penelitian kami. Bantuan Bapak/Ibu sangat berharga dan telah memungkinkan kami untuk menyelesaikan penelitian ini dengan lebih optimal. Kami sangat menghargai bimbingan dan arahan yang telah Bapak dan Ibu berikan selama proses penelitian. Tanpa dukungan Bapak dan Ibu, pencapaian ini tidak akan mungkin terwujud. Kami berharap penelitian ini dapat memberikan dampak positif terutama dalam mengoptimalisasikan pengelolaan sampah dan daur ulang untuk mengurangi emisi gas rumah kaca di perkotaan. Sekali lagi, terima kasih atas kepercayaan dan dukungan yang telah Bapak dan Ibu berikan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Aleluia, J., & Ferrão, P. (2016). Characterization of urban waste management practices in developing Asian countries: A new analytical framework based on waste characteristics and urban dimension. *Waste management*, 58, 415-429.

Andersson, K., Dickin, S., & Rosemarin, A. (2016). Towards“sustainable” sanitation: challenges and opportunities in urban areas. *Sustainability*, 8(12), 1289.

Artiningrum, T. (2017). Potensi Emisi Metana (CH<sub>4</sub>) dari Timbulan Sampah Kota Bandung. *GEOPLANART Vol 1, No 1*, 36-44.

Bergesen, J. D., Suh, S., Baynes, T. M., & Musango, J. K. (2017). Environmental And Natural Resource Implications Of Sustainable Urban Infrastructure Systems. *Environmental Research Letters*, 12(12), 125009.

Boadi, K., Kuitunen, M., Raheem, K., & Hanninen, K. (2005).Urbanization without development: environmental and health implications in African cities. *Environment*.

Cahyadi, Fikri. M. (2017). Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Melalui Teknologi Tepat Guna di Kabupaten Malang. *Academia.edu*

Damanhuri, E., & Padi, T. (2019). Pengelolaan Sampah Terpadu. Bandung: ITB Press.

De, S., & Debnath, B. (2016). Prevalence of health hazardsassociated with solid waste disposal-A case study of kolkata, India. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 201-232. *Development and Sustainability*, 7, 465-500.

Erva. 2022. “Teknologi Pengumpulan Sampah Modern”. Penerbit Biobses.

Guerrero, L. A., Maas, G., & Hogland, W. (2013). Solid wastemanagement challenges for cities in developing countries. *Waste management*, 33(1), 220-232.

Guimarães, Gabriel Cardoso, Lucas Rizzo Coelho, and Fernando Bernardi de Souza. "Waste collection routes optimization using genetic algorithm." *Procedia Computer Science* 55 (2015): 1267-1276.

Ioannou, Anastasios, and George Garas. "Vehicle routing and scheduling for municipal waste collection." *Journal of the Operational Research Society* 55, no. 7 (2004): 687-699.

Isroi. (2008). “Pengomposan Limbah Padat Organik”. GreenHope Researcher.

Junaidi, M., et al. (2021). "The Role of Public Awareness in Waste Management and Recycling." *Waste Management*, 124, 138-145. [DOI: 10.1016/j.wasman.2021.02.018] *Kajian Pengelolaan Kertas, Dep. PU, DTW, 2004.*

Kalu, O. H., Ibiyam, J., Stephen, N. C., & Ijeoma, U. J. (2014). Rural infrastructure development: A tool for resolving urbanization crises. A case study of South-Eastern

Khosravani, F., Abbasi, E., Choobchian, S., & Jalili Ghazizade, M. (2023). A comprehensive study on criteria of sustainable urban waste management system: using content analysis. *Scientific Reports*, 13(1), 22526.

Manik, S. A., Pandian, S., & Hamid, K. 2016. Waste Collection Route Optimization Using Geographical Information System (GIS). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 224 : 585-592.

Montoya-Zegarra, Javier Alexander, and Fernando Tohmé. 2010. A Stochastic Model For The Vehicle Routing Problem With Time Windows and Waste Collection. *Waste management* 30, No. 6 985-994.

Narethong, H. (2020). Environmental Governance: Urban Waste Management Model. *Journal La Lifesci*, 1(2), 32-36. Nigeria. *World Environment*. 4(1), 14-21.

Noor, T., Javid, A., Hussain, A., Bukhari, S. M., Ali, W., Akmal, M., & Hussain, S. M. (2020). Types, sources and management of urban wastes. In *Urban ecology*.

Purnama, R. (2020). "Policies for Waste Reduction and Recycling in Indonesian Cities." *Journal of Cleaner Production*, 255, 120117. [DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120117]

Rohendi, E. (2005). *Lokakarya Sehari Pengelolaan Sampah Pasar DKI Jakarta, Sebuah Prosiding*. Bogor, 17 Februari 2005.

Sembiring, Elsa Try J., dkk. (2021). "Estimasi Mitigasi Gas Rumah Kaca Dengan Penerapan Daur Ulang Sampah Kasus: Universitas Agung Podomoro".

Tchobanoglous, G., et al. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. McGrawHill. New York.

Usman, M., Lamangida, T., & Akbar, M. F. (2021). Implementation of Waste Management Policy with 3R Principles (Reduce, Reuse, Recycle) in Gorontalo City. *Journal of Public Representative and Society Provision*, 1(1), 29-37.

Vij, D. (2012). Urbanization and solid waste management in India: present practices and future challenges. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 37, 437-447.

Wilson, David C., and Asif Khan. 1999. "Optimal waste collection routing using global positioning system data." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1668, no. 1 Hal. 1-7.

Winahyu, D., Hartoyo, S., & Syaukat, Y. (2013). Strategi pengelolaan sampah pada tempat pembuangan akhir Bantargebang, Bekasi. *Jurnal Manajemen Pembangunan Daerah*, 5(2).

Zaman, A. U., & Lehmann, S. (2011). Urban growth and waste management optimization towards 'zero waste city'. *City Culture and Society*. 2(4), 177-187.