



# Faktor-Faktor Kunci dalam Efektivitas Sistem Pengangkutan Sampah<sup>1</sup>

## *Key Factors in the Effectiveness of Solid Waste Transportation System*

Rian Yaitsar Chaniago<sup>a, 2</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember

### ABSTRAK

*Pengangkutan sampah dari sumber menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dan atau Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) dengan kendaraan yang didesain untuk mengangkut sampah merupakan salah satu bagian terpenting dalam pengelolaan sampah. Tidak terangkutnya sampah menyebabkan sejumlah dampak negatif. Berbagai model pengangkutan sampah di desain untuk mengoptimalkan proses pengangkutan sampah, namun terdapat beberapa hambatan dalam implementasinya. Oleh karena itu, studi ini mengkaji faktor-faktor kunci dalam efektivitas sistem pengangkutan sampah dengan metode kajian literatur dari jurnal, laporan tugas akhir, dan sumber relevan lainnya terkait dengan sistem pengangkutan sampah. Sistem pengangkutan sampah terdiri atas Hauled Container System (HCS) dan Stationary Container System (SCS). HCS menggunakan sistem pengosongan kontainer dan kegiatan pemindahan sampah dilakukan secara mekanis dan SCS menggunakan sistem pemindahan sampah dilakukan secara manual oleh petugas sampah ke dalam armada pengangkutan sampah. Hasil kajian ini menemukan beberapa faktor yang mempengaruhi sistem pengangkutan sampah, yaitu: rute pengangkutan, waktu pengangkutan, jarak pengangkutan, biaya pengangkutan, jumlah ritasi, jumlah, jenis, dan kondisi armada pengangkutan yang digunakan, sistem pengangkutan sampah, kerjasama antar pemangku kepentingan, dan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Semua elemen ini harus diperhatikan agar tercapai perencanaan dan implementasi sistem pengangkutan sampah yang optimal di suatu daerah.*

*Kata kunci: Efektivitas, Faktor Kunci, Sistem Pengangkutan Sampah*

### ABSTRACT

Waste transportation from the source to the landfill and or integrated waste management sites using vehicles designed to transport waste is one of the most important parts of waste management. Uncollected waste has a number of negative impacts. Waste transportation is the activity of transporting waste. Various waste transportation models are designed to optimize the waste transportation process, but several challenges emerge in their implementation. This study investigates the key factors in the effectiveness of solid waste transportation system by means of literature review of journals, final assignment reports, and other sources relevant to waste transportation systems. Waste transportation systems consists of Hauled Container System (HCS) and Stationary Container System (SCS). HCS uses a container emptying system and waste transfers are done mechanically and SCS uses a system where waste is transferred manually by waste officers into the waste transportation fleet. This study revealed that the factors that affect the waste transportation system are transportation route, transportation time, transportation distance, transportation cost, number of routes, number, type, and condition of the transportation fleet used, waste transportation system, cooperation between stakeholders, and applicable laws and regulations. All of these factors must be considered to achieve optimal planning and implementation of the waste transportation system in an area.

*Keywords: Effectiveness, Key Factors, Solid Waste Transport System*

<sup>1</sup> Info Artikel: Diterima (*received*) 23 Agustus 2024. Disetujui (*accepted*) 27 Desember 2024. Diterbitkan (*published*) 30 Desember 2024.

<sup>2</sup> Email: [yaitsarchaniago@unej.ac.id](mailto:yaitsarchaniago@unej.ac.id)

## **PENDAHULUAN**

Pengelolaan sampah menjadi tantangan utama bagi pemerintah Indonesia (Qonitan et al., 2021). Tata Kelola pengelolaan sampah yang buruk menyebabkan pencemaran air, tanah, dan udara serta membahayakan bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup. Perubahan gaya hidup, peningkatan jumlah penduduk, dan perubahan pola konsumsi merupakan faktor utama dalam peningkatan produksi sampah (Kahfi, 2017; Rizvanoğlu et al., 2020). Tingkat produksi limbah bervariasi tergantung pada status ekonomi suatu negara (Das et al., 2019). Semakin cepat pertumbuhan ekonomi berkembang maka variasi sampah yang dihasilkan juga beragam (Cheng et al., 2020).

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh sampah telah menjadi permasalahan secara global (Ferronato & Torretta, 2019). Pengelolaan sampah yang tidak tepat akan menimbulkan berbagai permasalahan (Febriyanti et al., 2023). Permasalahan sampah akan berdampak pada beberapa sekto, seperti: aspek politik, aspek ekonomi, aspek kelembagaan, dan aspek lingkungan (Debrah et al., 2021). Di Indonesia pengelolaan sampah belum berjalan optimal. Hal ini dibuktikan dari beberapa penelitian. Kota Bandung hanya mampu menangani 62,73%, Kabupaten Teluk Bintuni sebesar 37.81%, dan Kabupaten Bolaang Mongondow sebesar 21.64% (Alfian & Phelia, 2021; Hattam & Tangahu, 2024; Riruma et al., 2021). Beberapa daerah tidak mampu mengelola sampah yang meningkat tiap tahunnya (Kumar et al., 2017).

Salah satu kegiatan paling penting dalam pengelolaan sampah adalah pengangkutan sampah (Rizvanoğlu et al., 2020; Zainun et al., 2016). Tidak tersedianya infrastruktur pengelolaan sampah seperti TPS dan armada pengangkutan sampah dapat menghambat kinerja pengangkutan (Henry et al., 2006). Keterbatasan Tempat Penampungan Sementara berpengaruh terhadap perilaku masyarakat (C. N. Sari et al., 2023). Sampah yang tidak diangkat menyebabkan penumpukan sampah (Fauziah & Suparmi, 2022). Penumpukan sampah biasa terjadi pada tanah kosong dan trotoar jalan dan berdampak negatif terhadap estetika lingkungan (P. N. Sari, 2016; Siswandi & Wahyudin, 2020). Tumpukan sampah tersebut pada akhirnya menjadi tempat berkembang biaknya berbagai vektor penyakit (Ritonga & Usiono, 2023). Masalah Kesehatan yang biasa terjadi adalah diare dan penyakit kulit (Elamin et al., 2018). Persoalan ini, jika tidak diatasi, akan menimbulkan konflik sosial yang berakibat pada penutupan lokasi Tempat Penampungan Sementara (TPS) oleh masyarakat (Hermawan, 2018). Selain itu, tidak diangkatnya sampah juga menyebabkan permasalahan lingkungan yang lebih serius. Masyarakat lebih memilih untuk membakar sampah atau membuang sampah di badan air untuk menangani sampah rumah tangganya (Faridawati & Sudarti, 2021; Henry et al., 2006). Oleh karena itu, artikel ini mengkaji faktor kunci dalam efektivitas sistem pengangkutan sampah.

## **METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan adalah kajian literatur. Kajian literatur merupakan sebuah metode yang digunakan untuk meringkas dan mengevaluasi kumpulan tulisan dan topik tertentu. Fokus dalam metode ini adalah menemukan berbagai teori untuk selanjutnya dipecahkan melalui pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan (Pusparani, 2021). Kajian literatur ini mengumpulkan berbagai informasi terkait dengan sistem pengangkutan sampah. Sumber yang digunakan dalam penulisan kajian ini berasal dari jurnal, buku, peraturan, dan

lainnya. Kata kunci yang digunakan dalam kajian ini berkaitan dengan sistem pengangkutan sampah.

### **Permasalahan pengangkutan sampah**

Penerapan paradigma lama pengelolaan sampah yakni kumpul-angkut-buang untuk penanganan sampah kota masih dilaksanakan di beberapa daerah di Indonesia (Chaerul & Mulananda, 2018). Presentase pelayanan sangat bergantung pada efektivitas pengangkutan sampah. Seperti yang terjadi di Kota Pontianak, penambahan jumlah penduduk setiap tahunnya mengakibatkan peningkatan volume sampah dan penurunan tingkat pelayanan (Kamal & Youlla, 2018). Pemerintah Kota Pontianak masih harus bekerja keras untuk meningkatkan pelayanan dan tentunya membutuhkan biaya yang sangat besar untuk pengangkutan sampah. Hal serupa juga terjadi di Kota Malang. Dari total timbulan sampah yakni sebesar 646,07 ton/hari, hanya sebanyak 516,84 ton/hari yang terangkut ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) (Putra et al., 2020).

### **Sistem pengangkutan sampah**

Pengangkutan sampah adalah kegiatan mengangkut sampah dari sumber atau Tempat Penampungan Sementara (TPS) atau Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) menuju TPA dengan kendaraan bermotor yang didesain untuk mengangkut sampah (Permen PUPR No 03 Tahun 2013). Optimalisasi pengangkutan menjadi fokus utama dalam pengelolaan sampah (Ramadhanti & Nahdalina, 2022). Jumlah sampah yang diangkut setiap hari tergantung pada kapasitas kendaraan dengan mempertimbangkan kepadatan dan aktivitas masyarakat (Sahib & Hadi, 2023). Sistem pengangkutan sampah berdasarkan Permen PUPR No 03 Tahun 2013, terbagi menjadi dua, yakni Sistem Kontainer Angkat dan Sistem Kontainer Tetap.

#### ***Sistem Kontainer Angkat atau Hauled Container System (HCS)***

Sistem Kontainer Angkat menggunakan pola pengangkutan yang menggunakan sistem pengosongan kontainer. Jenis kendaraan yang digunakan adalah *arm roll truck*. Proses pengangkutan dimulai dari *pool* (tempat parkir kendaraan pengangkutan sampah) dengan membawa kontainer kosong menuju lokasi TPS tujuan. Kemudian mengganti atau mengambil kontainer tersebut untuk selanjutnya dibuang ke TPA. Hal ini dilakukan sampai dengan ritasi terakhir pengangkutan sampah (Permen PUPR No 03 Tahun 2013). Waktu operasional dengan sistem ini adalah 53 jam per minggu (Ramadan et al., 2017).

#### ***Sistem Kontainer Tetap atau Stationary Container System (SCS)***

Sistem Kontainer Tetap menggunakan kontainer kecil serta kendaraan pengangkutan berupa *dump truck* atau *compactor truck*. Proses pengangkutan pada sistem ini dimulai dari *pool* menuju kontainer pertama. Sampah kemudian akan dipindahkan kedalam truk sampah. Untuk metode pemindahan dapat dilakukan secara manual (*dump truck*) dan secara mekanis (*compactor truck*). Pada sistem ini, dalam satu ritasi pengangkutan sampah dapat terdiri dari beberapa titik TPS. Kondisi ini tergantung dari volume sampah yang dihasilkan oleh suatu TPS dan pembagian jadwal pengangkutan. Untuk wilayah dengan volume sampah yang cukup besar seperti pasar, dalam satu ritasi terdiri dari satu titik TPS saja. Setelah diangkut, sampah akan diangkut menuju TPA. Hal ini dilakukan sampai dengan ritasi terakhir (Permen PUPR No 03 Tahun 2013). Waktu operasional dengan sistem ini adalah 45 jam per minggu (Ramadan et al., 2017).

## **Faktor kunci dalam efektivitas sistem pengangkutan sampah**

Berbagai model pengangkutan sampah telah dikembangkan untuk menjelaskan proses pengangkutan sampah. Model pengangkutan sampah dirancang untuk menyederhanakan sistem pengangkutan sampah melalui berbagai pertimbangan (Haerani et al., 2019). Efisiensi pengangkutan sampah bervariasi dipengaruhi oleh beberapa faktor (Arda et al., 2020; Lubis, 2017). Oleh karena itu, jika tidak direncanakan dengan tepat, akan mengakibatkan jarak tempuh yang lebih jauh, bahkan berakibat pada tidak terangkutnya sampah (Malakahmad & Khalil, 2011). Terdapat beberapa faktor yang menjadi dasar dalam pertimbangan perencanaan sistem pengangkutan sampah, antara lain: rute pengangkutan, waktu pengangkutan, jarak tempuh, biaya pengangkutan, jumlah ritasi, serta jumlah, jenis, dan kondisi armada pengangkut sampah, dan sistem pengangkutan sampah, kerjasama antar pemangku kepentingan, dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

### ***Rute pengangkutan***

Rute pengangkutan sampah harus memperhatikan peraturan lalu lintas, kondisi lalu lintas, pekerja, ukuran, tipe alat angkut, timbulan sampah yang diangkut, dan pola pengangkutan sampah (Permen PUPR No 03 Tahun 2013). Permasalahan yang sering terjadi adalah tidak ada rute tetap yang ditetapkan sebagai jalur pengangkutan sampah (Nguyen-Trong et al., 2017). Padahal rute pengangkutan sampah berpengaruh terhadap jarak tempuh pengangkutan sampah. Pada akhirnya akan berhubungan langsung dengan tingkat emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dan biaya operasional yang dikeluarkan (Akhtar et al., 2017). Rekayasa waktu tempuh dapat dilakukan dengan melakukan rekayasa pada rute pengangkutan sampah. Dampak positifnya adalah dapat meningkatkan jumlah ritasi dalam satu kali jadwal pengangkutan (Mahmudah & Herumurti, 2016). Optimalisasi rute pengangkutan sampah mengurangi biaya operasional untuk pengangkutan sampah (Ramadan et al., 2017). Pemilihan rute pengangkutan sampah tambahan harus memperhatikan faktor waktu tempuh dan jarak tempuh (Ambariski & Herumurti, 2016). Rute pengangkutan yang paling efektif adalah rute dengan jarak tempuh terpendek dan biaya pengangkutan yang paling murah (Zainun et al., 2016).

### ***Waktu pengangkutan***

Waktu pengangkutan sampah merupakan salah satu faktor yang terpenting dalam pengangkutan sampah. Waktu pengangkutan sampah menentukan efektivitas dari sistem pengangkutan sampah. Jadwal pengangkutan setiap armada memiliki jadwal masing-masing (Sakti et al., 2019). Pengangkutan sampah yang tidak tepat akan berdampak pada peningkatan biaya operasional (Sulemana et al., 2018). Permasalahan yang sering terjadi adalah keterlambatan jadwal pengangkutan sampah (Andrian et al., 2020). Keterlambatan pengangkutan sampah akan berdampak pada penumpukan sampah di suatu TPS (Mamahit et al., 2021). Faktor yang mempengaruhi adalah kondisi jalan, lalu lintas, kepatuhan masyarakat terhadap jadwal pengangkutan sampah, cuaca, kondisi lalu lintas, dan jadwal pengangkutan sampah yang tidak tepat (Cahyani et al., 2021; Martin et al., 2023; Nindya et al., 2013; Permen PUPR No 03 Tahun 2013).

Perencanaan jadwal pengangkutan sampah adalah elemen terpenting. Perencanaan harus mempertimbangkan tingkat partisipasi masyarakat, jam kerja petugas, dan sumberdaya manusia, dan ketersediaan armada pengangkutan sampah. Jam kerja petugas pengangkutan sampah adalah 8 jam kerja (Ambariski & Herumurti, 2016; Pramatha et al., 2013; Widodo & Hadid, 2023). Jam kerja pengangkutan sampah tiap daerah berbeda-beda. Jam sibuk

untuk pengangkutan sampah adalah jam jam 07.00-09.00 (Sahil et al., 2016) karena bertepatan dengan jam berangkat kerja dan/atau sekolah. Partisipasi masyarakat dibutuhkan terutama dalam efektivitas waktu pengangkutan. Partisipasi masyarakat yang rendah membuat sampah diletakkan hanya di samping TPS saja (tidak diletakkan di dalam TPS), sehingga petugas pengangkutan memerlukan waktu tambahan untuk pemindahan sampah ke dalam truk (Shafa & Darwin, 2022).

### **Jarak tempuh**

Jarak tempuh merupakan salah satu faktor yang digunakan dalam mempertimbangkan sebuah sistem pengangkutan sampah. Jarak tempuh berhubungan dengan biaya operasional pengangkutan sampah. Semakin jauh jarak tempuh, semakin tinggi juga biaya operasional pengangkutan sampah. Selain itu, jarak tempuh yang tinggi menyebabkan permasalahan lain yakni pelepasan emisi gas rumah kaca (Anifah et al., 2021). Jarak pengangkutan sampah dipengaruhi oleh jumlah ritasi dan jarak antara TPS dengan TPA (Mahmudah & Herumurti, 2016). Seperti yang terjadi di Kota Bandung, penanganan sampah hanya 62,73%. Hal ini dipengaruhi oleh jarak dari sumber ke TPA yakni 45 km, yang pada akhirnya membuat waktu pengangkutan sampah dalam satu ritasi membutuhkan waktu rata-rata 10 jam (Alfian & Phelia, 2021).

### **Biaya pengangkutan**

Anggaran untuk biaya operasional pengangkutan sampah merupakan anggaran yang terbesar dalam pengelolaan sampah suatu daerah (Ramadan et al., 2017). Anggaran pengangkutan selaras dengan tingkat pelayanan dan luas zona pelayanan sampah. Sebagai perbandingan, pengangkutan sampah untuk Kota Jakarta pada tahun 2019 adalah sebesar Rp. 3.700.000.000.000, sedangkan untuk Kota Yogyakarta pada tahun 2019 hanya sebesar Rp. 20.014.317.361 (Aprilia, 2021). Biaya pengangkutan terbagi menjadi dua, yakni biaya investasi dan biaya pemeliharaan. Biaya investasi meliputi harga truk, suku bunga, inflasi, dan umur teknis truk sampah. Biaya pengangkutan sampah meliputi biaya operator, biaya pemeliharaan, biaya pergantian, biaya bahan bakar, biaya pajak tahunan, biaya KIR, dan biaya APD operator (Permendagri No 07 Tahun 2021). Permasalahan biaya operasional ditemukan di beberapa daerah. Keterbatasan anggaran membuat pengadaan truk sampah juga terbatas (Suryanto & Widjadjakusuma, 2005). Seperti yang terjadi pada Kota Lamongan, biaya operasional yang terbatas membuat pengadaan armada juga terbatas. Pada akhirnya operasional armada hanya bisa dilakukan maksimal satu ritasi per hari (Jannah, 2020). Biaya operasional ini dapat dikurangi secara signifikan dengan merekayasa jadwal, rute, dan frekuensi pengangkutan sampah (Mojtahedi et al., 2021; Rızvanoğlu et al., 2020).

### **Jumlah ritasi**

Jumlah ritasi pengangkutan tiap armada bervariasi. Jumlah ritasi mempertimbangkan efisiensi dan efektivitas pengangkutan sampah (Permen PUPR No 03 Tahun 2013). Oleh karena itu dalam evaluasi sistem pengangkutan sampah, ritasi dapat ditambahkan terutama pada armada yang masih memiliki waktu pengangkutan sampah yang kurang (Anindita, 2014). Berdasarkan Permen PUPR No 03 Tahun 2013, efisiensi penggunaan armada pengangkutan dengan jenis *dump truck* akan tercapai jika jumlah ritasi perharinya minimum tiga ritasi dengan petugas pengangkutan berjumlah tiga orang. Efisiensi armada pengangkutan sampah berjenis *arm roll truck* akan terpenuhi jika jumlah ritasi perhari minimum berjumlah lima ritasi dengan jumlah petugas minimal berjumlah satu orang.

### ***Jumlah, jenis, dan kondisi armada pengangkut sampah***

Jumlah, jenis, dan kondisi armada pengangkut sampah berperan penting dalam efektivitas pengangkutan sampah. Keterbatasan armada pengangkutan sampah membuat sampah pada TPS menjadi menumpuk dan mengurangi estetika lingkungan suatu daerah pelayanan (Ridho, 2020). Jumlah armada pengangkutan yang tersedia juga berpengaruh pada jumlah ritasi yang diterapkan untuk satu kali jadwal pengangkutan (Zalukhu & Mirwan, 2018).

Jenis kendaraan berpengaruh signifikan terhadap efektivitas pengangkutan sampah karena armada yang digunakan bervariasi yakni ada yang menggunakan *dump truck* dan ada yang menggunakan *arm roll truck* (Chattopadhyay et al., 2009). Pengangkutan sampah dengan *arm roll truck* memiliki waktu kerja lebih singkat dibandingkan dengan menggunakan *dump truck* (Istingadah & Warmadewanthi, 2022) karena *arm roll truck* dioperasikan secara mekanis, sedangkan *dump truck* dilakukan secara manual.

Kondisi armada juga mempengaruhi kinerja dari pengangkutan sampah. Berdasarkan Permen PUPR No 03 Tahun 2013, umur teknis armada untuk adalah 5-7 tahun. Namun, fakta di lapangan menunjukkan, beberapa daerah masih menggunakan armada dengan umur yang lebih tua. Seperti dalam penelitian Kadariswan (2017), armada pengangkutan sampah ada yang telah berumur 22 tahun. Di Kota Jambi kondisi truk pengangkutan yang digunakan termasuk dalam kategori rusak sehingga air lindi dan sampah berceceran selama proses pengangkutan sampah (Fauziah & Suparmi, 2022).

### ***Sistem pengangkutan sampah***

Sistem pengangkutan sampah yang diterapkan di berbagai daerah bervariasi. Hal ini tergantung dari kemampuan ekonomi daerah dan kondisi geografis daerah pelayanan. Dalam penelitian (Chaerul et al., 2022), di Kabupaten Manokwari dan Rizal et al., (2017) di Kota Pontianak menggunakan *Hauled Container System (HCS)* dengan tiga tahap, yakni truk berangkat dari pool dengan membawa container kosong, lalu dilakukan penukaran kontainer pada Lokasi TPS, dan selanjutnya sampah diangkut menuju TPA. Kabupaten Marabahan menerapkan sistem pengangkutan sampah yang telah ada saat ini dengan *Stationary Container System (SCS)* (Ridha et al., 2016). Kombinasi antara sistem HCS dan SCS diterapkan pada penelitian Chaniago (2018) di Kabupaten Tabalong dan Awaluddin (2020) di Kabupaten Polewali Mandar.

### ***Kerjasama antar pemangku kepentingan***

Pemangku kepentingan yang terlibat dalam pengangkutan sampah adalah institusi pemerintah, swasta, dan masyarakat. Perubahan pola pikir masyarakat diperlukan dalam keberhasilan pengangkutan sampah di suatu daerah. Stigma yang berkembang di masyarakat adalah bahwa pengangkutan sampah sepenuhnya menjadi tanggung jawab pemerintah daerah sepenuhnya (Guerrero et al., 2013). Padahal, peran masyarakat dan swasta sangat dibutuhkan dalam pengangkutan sampah (Ramadan et al., 2017). Selain itu, dari sisi kelembagaan juga dibutuhkan terutama dalam perencanaan pengelolaan sampah. Hal ini karena jumlah sarana dan prasarana persampahan yang tersedia sekarang seringkali dipengaruhi juga oleh sumber daya manusia dan tata kinerja instansi dalam mengatur pengelolaan sampah (Muhardi, 2015).

### ***Peraturan perundang-undangan***

Pengelolaan sampah sepenuhnya bergantung pada peraturan perundang-undangan (Tumija et al., 2019). Kebijakan dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan masyarakat di suatu daerah (Puspita et al., 2023). Di dalam peraturan perundangan ini selain berisi tentang pedoman pengangkutan sampah, namun juga berisi tentang retribusi pengelolaan sampah (Ramadan et al., 2017). Retribusi pengelolaan sampah termasuk kedalam golongan retribusi jasa umum yang besar tarif pengelolaannya diserahkan kepada pemerintah daerah. Besar tarif retribusi diperoleh dengan metode subsidi silang (Harmayani et al., 2023). Retribusi untuk rumah tangga menerima beban paling tinggi dibandingkan dengan kategori lainnya. Hal ini karena volume yang dihasilkan lebih besar dari kategori lainnya (Sidik et al., 2022). Hambatan dalam retribusi sampah adalah sarana dan prasarana, partisipasi masyarakat, tidak adanya sanksi yang tegas terkait retribusi, dan minimnya pengawasan dari dinas lingkungan hidup (Tumija et al., 2019). Hal ini menjadi tantangan pemerintah daerah agar target penanganan sampah dapat terpenuhi.

### ***Inovasi dalam pengangkutan sampah***

Pengangkutan sampah yang tidak berkelanjutan mengarah pada berbagai dampak tidak langsung pada manusia dampak kesehatan (Koiwanit & Hamontree, 2020). Teknologi pengurangan emisi gas buang diperlukan untuk mengurangi dampak negatif selama proses pengangkutan sampah. Kendaraan listrik menjadi kategori baru yang ditawarkan oleh produsen kendaraan berat. Produsen otomotif telah menghadirkan truk pengumpul sampah bertenaga listrik yang baru. Contoh pertama adalah Zoeller E-PTO dan sistem penggerak listrik yang menggantikan truk konvensional (Nowakowski & Wala, 2020).

## **KESIMPULAN**

Pengelolaan sampah menjadi tantangan utama bagi pemerintah Indonesia. Tata kelola pengelolaan sampah yang buruk menyebabkan pencemaran air, tanah, dan udara serta membahayakan bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup. Perubahan gaya hidup, peningkatan jumlah penduduk, dan perubahan pola konsumsi merupakan faktor utama dalam peningkatan produksi sampah. Pengangkutan sampah merupakan bagian terpenting dalam pengelolaan sampah. Presentase penanganan sampah bergantung pada Efektivitas pengangkutan sampah di suatu daerah. Berdasarkan hasil kajian, ditemukan beberapa faktor kunci dalam efektivitas sistem pengangkutan sampah antara lain: rute pengangkutan, waktu pengangkutan, jarak pengangkutan, biaya pengangkutan, jumlah ritasi, jumlah, jenis, dan kondisi armada pengangkutan yang digunakan, sistem pengangkutan sampah, kerjasama antar pemangku kepentingan, dan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Semua elemen ini harus diperhatikan agar perencanaan dan implementasi sistem pengangkutan sampah di suatu daerah dapat berjalan secara optimal.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Akhtar, M., Hannan, M. A., Begum, R. A., Basri, H., & Scavino, E. (2017). Backtracking Search Algorithm in CVRP Models for Efficient Solid Waste Collection and Route Optimization. *Waste Management*, 61, 117–128.

- Alfian, R., & Phelia, A. (2021). Evaluasi Efektivitas Sistem Pengangkutan dan Pengelolaan Sampah di TPA Sarimukti Kota Bandung. *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE)*, 2(1), 16–22.
- Ambariski, P. P. D., & Herumurti, W. (2016). Sistem Pengangkutan Sampah Berdasarkan Kapasitas Kendaraan Pengangkut dan Kondisi Kontainer di Surabaya Barat. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 64–69.
- Andrian, R., Meidiana, C., & Sari, N. (2020). Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah dari TPS di Kecamatan Purworejo Menuju TPA Jetis. *Planning for Urban Region and Environment*, 9(1), 133–142.
- Anifah, E. M., Rini, I. D. W. S., Hidayat, R., & Ridho, M. (2021). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kegiatan Pengelolaan Sampah di Kelurahan Karang Joang, Balikpapan. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 3(1), 17–33.
- Anindita, D. (2014). *Optimalisasi Sistem Pengangkutan Sampah di Wilayah Utara Kabupaten Sidoarjo*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Aprilia, A. (2021). *Waste Management in Indonesia and Jakarta*.
- Arda, M., Andriany, D., & Manurung, Y. H. (2020). Analisis SWOT dalam Menentukan Strategi Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Kota Medan. *Prosiding Konferensi Nasional Ekonomi Manajemen Dan Akutansi*, 1–12.
- Awaluddin. (2020). Sistem Pengangkutan Sampah di Kecamatan Polewali Kabupaten Polewali Mandar. *Plano Madani*, 9(2), 37–48.
- Cahyani, P. D., Adys, A. K., & Abdi. (2021). Kinerja Dinas Lingkungan Hidup dalam Pengelolaan Sampah di Kabupaten Gowa. *Kajian Ilmiah Mahasiswa Administrasi Publik*, 2(5), 1595–1614.
- Chaerul, M., & Mulananda, A. M. (2018). Minimization of Municipal Solid Waste Transportation Route in West Jakarta Using Tabu Search Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 148(1), 1–7.
- Chaerul, M., Puturuhu, M., & Artika, I. (2022). Optimasi Rute Pengangkutan Sampah dengan Menggunakan Metode Nearest Neighbour (Studi Kasus: Kabupaten Manokwari, Papua Barat). *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 10(1), 55–68.
- Chaniago, R. Y. (2018). *Perencanaan Sistem Pengangkutan Sampah di Kabupaten Tabalong*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Chattopadhyay, S., Dutta, A., & Ray, S. (2009). Municipal solid waste management in Kolkata, India - A review. *Waste Management*, 29(4), 1449–1458.
- Cheng, J., Shi, F., Yi, J., & Fu, H. (2020). Analysis of the Factors That Affect the Production of Municipal Solid Waste in China. *Journal of Cleaner Production*, 259.
- Das, S., Lee, S. H., Kumar, P., Kim, K. H., Lee, S. S., & Bhattacharya, S. S. (2019). Solid Waste Management: Scope and the Challenge of Sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 228, 658–678.
- Debrah, J. K., Vidal, D. G., & Dinis, M. A. P. (2021). Raising awareness on solid waste management through formal education for sustainability: A developing countries evidence review. *Recycling*, 6(1), 1–21.
- Elamin, M. Z., Ilmi, K. N., Tahrirah, T., Zarnuzi, Y. A., Suci, Y. C., Rahmawati, D. R., Kusumawardhani, R., Dwi, D. M. P., Rohmawati, R. A., Bhagaskoro, P. A., & Nasifa, I. F. (2018). Analisis Pengelolaan Sampah pada Masyarakat Desa Disanah Kecamatan Sreseh Kabupaten Sampang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(4), 368–375.



- Faridawati, D., & Sudarti, S. (2021). Analisis Pengetahuan Masyarakat Tentang Dampak Pembakaran Sampah Terhadap Pencemaran Lingkungan Desa Tegalwangi Kabupaten Jember. *Jurnal Sanitasi Lingkungan*, 1(2), 50–55.
- Fauziah, R., & Suparmi. (2022). Sistem Pengangkutan Sampah Kota Jambi. *Jambura Health and Sport Journal*, 4(2).
- Febriyanti, R., Rahayu, N. V. A., Pitaloka, W. D., Yakob, A., & Samsuri, M. (2023). Edukasi Pemilahan Sampah sebagai Upaya Penanganan Masalah Sampah di SD Muhammadiyah Baitul Fallah Mojogedang. *Buletin KKN Pendidikan*, 5(1), 37–45.
- Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste Mismanagement in Developing countries: A Review of Global Issues. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 16, Issue 6, pp. 1–28). MDPI AG.
- Guerrero, L. A., Maas, G., & Hogland, W. (2013). Solid Waste Management Challenges for Cities in Developing Countries. *Waste Management*, 33(1), 220–232.
- Haerani, D., Syafrudin, & Budi, S. S. (2019). Review Modeling of Solid Waste Transportation Routes Using Geographical Information System (GIS). *E3S Web of Conferences*, 1–5.
- Harmayani, K. D., Widhiawati, I. A. R., Andika, I. B. M. B., & Sumbertiasih, M. (2023). Tata Cara Pemungutan dan Besaran Retribusi Pengelolaan Persampahan/ Kebersihan di Kabupaten Buleleng. *Jurnal Kelitbangan Kabupaten Buleleng*, 2(2), 10–29.
- Hattam, M. N., & Tangahu, B. V. (2024). Penilaian Kinerja Pengelolaan Sampah Daerah Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(3), 9999–10009.
- Henry, R. K., Yongsheng, Z., & Jun, D. (2006). Municipal Solid Waste Management Challenges in Developing Countries - Kenyan Case Study. *Waste Management*, 26(1), 92–100.
- Hermawan, F. (2018). Optimization Of Transportation of Municipal Solid Waste from Resource to Intermediate Treatment Facility with Nearest Neighbour Method (Study on six Sub Sub District in DKI Jakarta Province). *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 1(1), 86–99.
- Istingadah, J., & Warmadewanthi, I. D. A. A. (2022). Optimasi Pengangkutan Sampah di Kecamatan Kebumen Kabupaten Kebumen. *Jurnal Teknik ITS*, 11(1), 17–22.
- Jannah, W. (2020). Optimasi Rute Pengangkutan Sampah di Kota Lamongan dengan Menggunakan Metode Saving Matrix. *Indonesian Journal of Spatial Planning*, 1(1), 56–62.
- Kadariswan, A. (2017). *Kajian Sistem Transfer dan Pengangkutan Sampah di Kecamatan Mejayan, Kabupaten Madiun*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kahfi, A. (2017). Tinjauan Terhadap Pengelolaan Sampah. *Tinjauan Terhadap Pengelolaan Sampah Ashabul Kahfi Jurisprudentie* |, 4(1), 12–25.
- Kamal, M. A., & Youlla, D. (2018). Municipal Solid Waste Transportation Optimisation with vehicle Routing Approach: Case Study of Pontianak City, West Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 131(1).
- Koiwanit, J., & Hamontree, C. (2020). Greenhouse Gas Emissions Comparison of Solid Waste Transportation System: A Case Study in Thailand. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 424(1), 1–6.
- Kumar, S., Smith, S. R., Fowler, G., Velis, C., Kumar, S. J., Arya, S., Rena, Kumar, R., & Cheeseman, C. (2017). Challenges and Opportunities Associated with Waste Management in India. In *Royal Society Open Science* (Vol. 4, Issue 3, pp. 1–11). Royal Society. <https://doi.org/10.1098/rsos.160764>

- Lubis, H. (2017). Penyediaan Pelayanan Publik dalam Persoalan Sampah di Kota Pekanbaru Tahun 2014-2016. *Jom FISIP*, 4(2), 1–16.
- Mahmudah, R. A., & Herumurti, W. (2016). Analisis Sistem Pengangkutan Sampah di Wilayah Surabaya Utara. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 103–108.
- Malakahmad, A., & Khalil, N. D. (2011). Solid Waste Collection System In Ipoh City. *International Conference on Business*, 174–179.
- Mamahit, C., Najoran, H., & Monintja, D. (2021). Evaluasi Kebijakan Pengelolaan Persampahan di Kota Manado. *Jurnal Governance*, 1(2), 1–9.
- Martin, Harafah, L. O. M., & Yunus, L. (2023). Analisis Sistem Pengelolaan Sampah Di Kota Raha Kabupaten Muna. *Jurnal Perencanaan Wilayah PPS UHO*, 8(1), 56–68. <https://journal.uho.ac.id/index.php/jpw/index>
- Mojtahedi, M., Fathollahi-Fard, A. M., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Newton, S. (2021). Sustainable Vehicle Routing Problem for Coordinated Solid Waste Management. *Journal of Industrial Information Integration*, 23.
- Muhardi, Z. (2015). Kajian Optimalisasi Rute Pengangkutan Sampah di Kota Pontianak. *Jurnal Teknik Sipil*, 1, 1–4.
- Nguyen-Trong, K., Nguyen-Thi-Ngoc, A., Nguyen-Ngoc, D., & Dinh-Thi-Hai, V. (2017). Optimization of mMunicipal Solid Waste Transportation by Integrating GIS Analysis, Equation-based, and Agent-based Model. *Waste Management*, 59, 14–22.
- Nindya, U. A., Wasianti, I., & Makmur, H. (2013). Efektivitas Pelaksanaan Pengangkutan Sampah di Kecamatan Sumbersari Oleh Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya dan Tat a Ruang Kabupaten Jember. *Artikel Penelitian Mahasiswa*, 1–9.
- Nowakowski, P., & Wala, M. (2020). Challenges and innovations of transportation and collection of waste. In *Urban Ecology: Emerging Patterns and Social-Ecological Systems* (pp. 457–478). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820730-7.00023-9>
- Permen PUPR No 03 Tentang Penyelenggaraan Prasarana Dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Rumah Tangga (2013).
- Permendagri No 07 Tahun 2021 Tentang Tata Cara Perhitungan Tarif Retribusi Dalam Penyelenggaraan Penanganan Sampah.
- Pramartha, I. K. T. S., Widhiawati, I. A. R., & Ciawi, Y. (2013). Analisis Pengelolaan Pengangkutan Sampah di Kecamatan Klungkung Kabupaten Klungkung. *Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil*, 2(2), 1–6.
- Pusparani, M. (2021). Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Pegawai (Suatu Kajian Studi Literatur Manajemen Sumber Daya Manusia). *Jurnal Ilmu Manajemen Terapan*, 2(4), 534–543.
- Puspita, K. A., Rachmawati, I., & Sampurna, H. (2023). Pengaruh Implementasi Kebijakan Pengelolaan Sampah terhadap Partisipasi Masyarakat di Kota Sukabumi. *Jurnal Ilmu Administrasi*, 14(1), 1–11.
- Putra, A. H., Amalia, A., Putro, R. K. H., & Darmayani, L. F. (2020). Waste Transportation Route Optimization in Malang using Network Analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 506(1).
- Qonitan, F. D., Suryawan, I. W. K., & Rahman, A. (2021). Overview of Municipal Solid Waste Generation and Energy Utilization Potential in Major Cities of Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1858(1), 1–10.

- Ramadan, B. S., Safitri, R. P., Cahyo, M. R. D., & Wibowo, Y. G. (2017). Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Kecamatan Jati, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah. *Jurnal Presiptasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16(1), 8–15.
- Ramadhanti, M., & Nahdalina. (2022). Optimalisasi Sistem Angkutan Sampah Menggunakan Vehicle Routing Problem dengan Batasan Kapasitas Angkut. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 21(2), 196–210.
- Ridha, M. R., Abdi, C., & Mahyudin, R. P. (2016). Studi optimasi rute pengangkutan sampah kota marabahan dengan sistem informasi geografis. *Jukung*, 2(2), 38–51.
- Ridho, M. F. (2020). *Analisis Kebutuhan Armada Pengangkutan Sampah di Kota Medan*. Universitas Medan Area.
- Riruma, N., Sinaga, N., & Lekitoo, M. N. (2021). Kajian Pengelolaan Sampah Rumah Tangga (SRT) dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga (SSRT) di Kabupaten Teluk Bintuni. *CASSOWARY*, 4(1), 39–51. <https://pasca.unipa.ac.id/>
- Ritonga, Y., & Usiono. (2023). Sampah dan Penyakit: Systematic Literature Review. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(4), 5148–5157.
- Rizal, A. S., Widodo, S., & Nurhayati. (2017). Strategi Pengembangan Pengangkutan Sampah Kota Pontianak. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(2), 1–6.
- Rızvanođlu, O., Kaya, S., Ulukavak, M., & Yeřilnacar, M. İ. (2020). Optimization of Municipal Solid Waste Collection and Transportation Routes, Through Linear Programming and Geographic Information System: a Case Study From řanlıurfa, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(1).
- Sahib, F. S., & Hadi, N. S. (2023). Truck Route Optimization in Karbala City for Solid Waste Collection. *Materials Today: Proceedings*, 80, 2489–2494.
- Sahil, J., Al Muhdar, M. H. I., Rochman, F., & Syamsuri, I. (2016). Sistem Pengelolaan dan Upaya Penanggulangan Sampah Di Kelurahan Dufa-Dufa Kota Ternate. *Jurnal Bioedukasi*, 4(2), 478–487.
- Sakti, S., Yu, V. F., & Sopha, B. M. (2019). Heterogeneous Fleet Location Routing Problem for Waste Management: A Case Study of Yogyakarta, Indonesia. *International Journal of Information and Management Sciences*, 30, 1–16.
- Sari, C. N., Al-illahiyah, L. H., Kaban, L. B., Hasibuan, M. R., Nasution, R. H., & Sari, W. F. (2023). Keterbatasan Fasilitas Tempat Pembuangan Sampah dan Tantangan Kesadaran Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah (Studi Kasus Di Desa Jandi Meriah Kec. Tiganderket Kab. Karo). *Journal of Human and Education*, 3(2), 268–276.
- Sari, P. N. (2016). Analisis Pengelolaan Sampah Padat di Kecamatan Banuhampu Kabupaten Agam. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 10(2), 157–165.
- Shafa, S. Z., & Darwin, I. S. (2022). Kajian Optimalisasi Sistem Pengangkutan Sampah di Kecamatan Subang, Kabupaten Subang. *Bandung Conference Series: Urban & Regional Planning*, 2(2), 287–295.
- Sidik, A. S. S., Rosmini, Setiawan, Y., Susilo, H., Nugraha, H. S., & Setiawan, H. (2022). *Kajian Akademik tentang Potensi dan Tarif Retribusi Pengelolaan Persampahan Kota Bontang*.
- Siswandi, E., & Wahyudin. (2020). Pemetaan Tempat Penampungan Sampah (TPS) Ilegal Menggunakan Geographic Information System (GIS). *Jurnal Sains Informasi Geografis*, 3(2), 65–77.
- Sulemana, A., Donkor, E. A., Forkuo, E. K., & Oduro-Kwarteng, S. (2018). Optimal Routing of Solid Waste Collection Trucks: A Review of Methods. In *Journal of Engineering (United Kingdom)* (Vol. 2018). Hindawi Limited.

- Suryanto, D. A., & Widjadjakusuma, J. (2005). Kajian Sistem Pengangkutan Sampah Kota Depok. *Seminar Nasional PESAT*, 39–51.
- Tumija, Ramadhan, A. F., & Kusmana, D. (2019). Optimalisasi Pemungutan Retribusi Pelayanan Persampahan/Kebersihan dalam Meningkatkan Pendapatan Asli Daerah di Kabupaten Sumedang Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Media Birokrasi*, 1(1), 187–201.
- Widodo, D. E., & Hadid, M. (2023). Analisis Transportasi Pengangkutan Sampah di Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 21(2), 137–144.
- Zainun, N. M., Samsu, K. N. S. K., & Rohani, M. M. (2016). Proposing An Effective Route for Transporting Solid Waste Using GIS Approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 160(1), 1–9.
- Zalukhu, S. A., & Mirwan, M. (2018). Analisis Model Dinamik dalam Pengangkutan Sampah di Kota Bangkalan. *Jurnal Envirotek*, 10(1), 28–36.