



Ketersediaan Dan Kebutuhan Prasarana Persampahan Di Kecamatan Rantepao, Kabupaten Toraja Utara

Availability and Infrastructure Needs for Solid Waste Management in Rantepao District, North Toraja Regency

Novry Erik Sandi¹, Muh. Fuad Aziz², Emil Salim Rasyidi¹, Rivqa Musjhtahida Arsyad¹, Arista Asrib³

¹ Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

² Dinas Penataan Ruang Kota Makassar

³ Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Selatan

eriknovry@gmail.com

Artikel info

Artikel history:

Diterima; 02-08-2026

Direvisi; 31-08-2026

Disetujui; 01-09-2026

Abstract. *This study evaluates the availability of solid waste infrastructure and estimates future facility needs in Rantepao District for the 2023-2043 period. A quantitative descriptive approach was applied using field observation, document review, an exponential population projection, and two waste-generation scenarios. The population is projected to increase from 28,231 people in 2023 to 33,538 people in 2043. Under the national small-city planning rate of 2.75 liters per person per day, waste generation reaches 92.23 cubic meters per day, requiring 19 temporary storage units with a five-cubic-meter design capacity and eight transport vehicles operating two trips per day. A sensitivity scenario using the local empirical rate of 5.25 liters per person per day increases the requirement to 36 units and 15 vehicles. The findings indicate that the baseline estimate should be treated as a minimum planning scenario. Asset verification, local waste sampling, source separation, spatially balanced facilities, and optimized collection routes are required before investment decisions are finalized.*

Abstrak. *Penelitian ini mengevaluasi ketersediaan prasarana persampahan dan memperkirakan kebutuhan fasilitas di Kecamatan Rantepao untuk periode 2023-2043. Pendekatan deskriptif kuantitatif digunakan melalui observasi, telaah dokumen, proyeksi penduduk eksponensial, dan dua skenario timbulan sampah. Penduduk diproyeksikan meningkat dari 28.231 jiwa pada 2023 menjadi 33.538 jiwa pada 2043. Berdasarkan angka perencanaan kota kecil sebesar 2,75 liter per jiwa per hari, timbulan sampah mencapai 92,23 meter kubik per hari sehingga diperlukan 19 unit tempat penampungan sementara berkapasitas desain lima meter kubik dan delapan kendaraan pengangkut dengan dua ritasi per hari. Skenario sensitivitas menggunakan angka empiris lokal 5,25 liter per jiwa per hari meningkatkan kebutuhan menjadi 36 unit dan 15 kendaraan. Hasil menunjukkan bahwa estimasi dasar harus diperlakukan sebagai skenario kebutuhan minimum. Verifikasi aset, pengukuran timbulan lokal, pemilahan dari sumber, pemerataan lokasi fasilitas, dan optimasi rute perlu dilakukan sebelum keputusan investasi ditetapkan.*

Keywords:

solid waste infrastructure;

population projection;

waste generation;

temporary storage;

Rantepao

Corresponding author:

Email: eriknovry@gmail.com



Artikel akses terbuka di bawah lisensi CC BY 4.0

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah merupakan bagian penting dari pelayanan dasar perkotaan karena berhubungan langsung dengan kesehatan masyarakat, kualitas lingkungan, dan efisiensi pemanfaatan ruang. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 menempatkan pengelolaan sampah sebagai proses yang komprehensif dari pengurangan di sumber hingga penanganan akhir, sedangkan Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 menegaskan tanggung jawab pemerintah daerah dalam penyelenggaraan pelayanan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga. Dalam praktiknya, pertumbuhan penduduk, perubahan pola konsumsi, dan peningkatan aktivitas ekonomi menaikkan volume serta kompleksitas sampah yang harus dikumpulkan dan diangkut. Kondisi tersebut menjadikan kecukupan tempat penampungan, armada, rute pelayanan, dan fasilitas pengolahan sebagai unsur utama dalam kinerja sistem persampahan.

Literatur menunjukkan bahwa persoalan persampahan di kota-kota berkembang bukan hanya disebabkan oleh keterbatasan kapasitas pembuangan akhir, tetapi juga oleh kelemahan pada mata rantai pewadahan, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan, dan pengolahan. Ketidacukupan infrastruktur dapat memicu pembuangan terbuka, pembakaran sampah, penumpukan di ruang publik, pencemaran, serta risiko kesehatan (Feronato & Torretta, 2019; David et al., 2020). Kinerja pelayanan juga dipengaruhi oleh ketersediaan data timbulan, inventaris aset, kemampuan pembiayaan, dan konsistensi implementasi kebijakan (Bharadwaj & Nepal, 2020; Keita, 2021). Oleh karena itu, perencanaan kebutuhan prasarana tidak cukup menggunakan proyeksi penduduk saja, tetapi perlu menguji ketidakpastian angka timbulan serta menghubungkannya dengan kapasitas operasional fasilitas dan kendaraan.

Kecamatan Rantepao merupakan pusat pemerintahan, perdagangan, jasa, dan pariwisata Kabupaten Toraja Utara. Jumlah penduduk pada tahun 2023 mencapai 28.231 jiwa dengan laju pertumbuhan tahunan 0,865 persen dan kepadatan sekitar 2.744 jiwa per kilometer persegi (Badan Pusat Statistik Kabupaten Toraja Utara, 2024). Konsentrasi kegiatan pada kawasan pusat kota, pasar, permukiman padat, dan koridor wisata meningkatkan kebutuhan pelayanan persampahan yang teratur. Naskah awal penelitian mengidentifikasi bahwa sampah yang diangkut masih bercampur, fasilitas pengumpulan dan pengangkutan terbatas, serta pengelolaan belum sepenuhnya mengurangi sampah dari sumber. Temuan tersebut sejalan dengan penelitian lokal yang menunjukkan belum terpenuhinya standar sistem persampahan, rendahnya pemilahan, keterbatasan sarana pengumpulan, dan belum tersedianya tempat pengolahan sampah berbasis pengurangan, penggunaan kembali, dan daur ulang secara memadai (Dalame et al., 2022).

Kajian terdahulu di Rantepao lebih banyak menekankan strategi pengelolaan terpadu atau perencanaan transportasi sampah. Sementara itu, kebutuhan total prasarana untuk horizon dua puluh tahun dan pengaruh perbedaan asumsi timbulan belum dibahas secara kritis. Celah ini penting karena penggunaan satu angka timbulan dapat menghasilkan kebutuhan investasi yang jauh berbeda. Penelitian ini menawarkan pembaruan berupa proyeksi kebutuhan dengan dua skenario: angka normatif kota kecil dan angka empiris lokal. Pendekatan tersebut memungkinkan pemerintah membedakan kebutuhan minimum dan kebutuhan pada kondisi timbulan yang lebih tinggi, sekaligus menghindari keputusan yang terlalu rendah atau berlebihan.

Penelitian bertujuan untuk: (1) mengevaluasi kondisi ketersediaan prasarana persampahan berdasarkan indikator teknis operasional; (2) memproyeksikan penduduk dan volume timbulan sampah Kecamatan Rantepao pada 2023-2043; serta (3) memperkirakan kebutuhan tempat penampungan sementara dan kendaraan pengangkut dalam dua skenario. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar awal bagi audit aset, penetapan prioritas investasi, pemerataan pelayanan, dan pengembangan sistem persampahan yang terintegrasi dari sumber hingga tempat pemrosesan akhir.

2. METODE

2.1. Pendekatan, Lokasi, dan Data Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan dukungan evaluasi kualitatif. Lokasi penelitian adalah Kecamatan Rantepao, Kabupaten Toraja Utara, yang terdiri atas lembang dan kelurahan dengan karakter pusat perkotaan. Tahun dasar proyeksi adalah 2023 dan tahun akhir adalah 2043. Data utama meliputi jumlah penduduk dan laju pertumbuhan, kondisi kualitatif pewadahan dan pemilahan, keberadaan tempat penampungan, pola pengumpulan, serta kebutuhan kendaraan pengangkut.

Data primer berasal dari observasi kondisi prasarana dan pencatatan aktivitas pengelolaan sampah. Data sekunder berasal dari publikasi statistik, dokumen peraturan, standar teknis, laporan instansi, serta penelitian terdahulu. Penilaian ketersediaan mengacu pada rantai teknis operasional SNI 19-2454-2002 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 03/PRT/M/2013, yaitu pewadahan, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir.

2.2. Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk menggunakan metode eksponensial karena laju pertumbuhan diasumsikan relatif konstan selama periode analisis. Berbeda dari naskah awal yang menggunakan laju pertumbuhan per kelurahan dengan hasil ekstrem, revisi ini menggunakan laju agregat Kecamatan Rantepao sebesar 0,865 persen per tahun untuk menjaga konsistensi dengan data resmi. Persamaan proyeksi adalah:

$$P_t = P_0 (1 + r)^t \quad (1)$$

P_t adalah jumlah penduduk pada tahun t , P_0 adalah penduduk tahun dasar 2023 sebesar 28.231 jiwa, r adalah laju pertumbuhan 0,00865, dan t adalah selisih tahun proyeksi. Hasil dihitung untuk interval lima tahunan hingga 2043.

2.3. Proyeksi Timbulan Sampah

Volume timbulan sampah dihitung dengan mengalikan jumlah penduduk dengan angka timbulan per kapita. Skenario A menggunakan batas atas angka perencanaan kota kecil sebesar 2,75 liter per jiwa per hari berdasarkan SNI 19-3983-1995. Skenario B menggunakan angka empiris lokal 5,25 liter per jiwa per hari yang dilaporkan Dalame et al. (2022). Skenario B berfungsi sebagai uji sensitivitas, bukan pengganti pengukuran lapangan baru. Persamaan yang digunakan adalah:

$$Q_t = (P_t \times q) / 1.000 \quad (2)$$

Q_t adalah volume timbulan sampah dalam meter kubik per hari, P_t adalah jumlah penduduk, dan q adalah timbulan per kapita dalam liter per jiwa per hari. Penggunaan satuan volume dipilih karena kapasitas tempat penampungan dan kendaraan pada penelitian dinyatakan dalam meter kubik. Koreksi ini mengatasi ketidakjelasan satuan pada naskah awal yang menuliskan 94,2 ton, padahal hubungan perhitungannya menunjukkan besaran volume.

2.4. Kebutuhan Tempat Penampungan dan Kendaraan

Kebutuhan tempat penampungan sementara dihitung berdasarkan kapasitas desain 5 meter kubik per unit, sedangkan kendaraan pengangkut diasumsikan berkapasitas 6 meter kubik per ritasi dan melayani dua ritasi per hari. Kedua nilai tersebut merupakan asumsi operasional penelitian yang harus diverifikasi terhadap spesifikasi aset aktual, jarak ke tempat pemrosesan akhir, waktu bongkar muat, kondisi jalan, dan jam kerja. Rumus kebutuhan adalah:

$$N_{TPS} = \text{pembulatan ke atas } (Q_t / C_{TPS}) \quad (3)$$

$$N_K = \text{pembulatan ke atas } [Q_t / (C_K \times R)] \quad (4)$$

N_{TPS} adalah jumlah unit tempat penampungan, C_{TPS} adalah kapasitas 5 meter kubik per unit, N_K adalah jumlah kendaraan, C_K adalah kapasitas 6 meter kubik per ritasi, dan R adalah dua ritasi per hari. Hasil merupakan kebutuhan total sistem. Kekurangan bersih hanya dapat dihitung setelah jumlah, kapasitas, kondisi, dan sebaran aset eksisting diverifikasi melalui inventaris lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Ketersediaan Prasarana Persampahan

Evaluasi menunjukkan bahwa persoalan utama sistem persampahan Rantepao berada pada kesinambungan pelayanan, bukan hanya pada jumlah unit fisik. Sampah rumah tangga dan sampah sejenis masih banyak tercampur sejak sumber, sehingga volume yang harus diangkut tetap tinggi dan peluang pengolahan organik maupun daur ulang tidak dimanfaatkan secara optimal. Pewadahan yang tidak seragam dan minimnya pemilahan meningkatkan kebutuhan ruang pada tempat penampungan dan mempercepat pengisian kendaraan.

Tabel 1. Evaluasi Kualitatif Kondisi Teknis Operasional Persampahan

Komponen	Kondisi yang Teridentifikasi	Implikasi Perencanaan
Pewadahan dan pemilahan	Sampah organik dan anorganik masih bercampur; kualitas wadah rumah tangga belum seragam.	Pemilahan dari sumber dan standarisasi wadah perlu menjadi tahap pertama.
Pengumpulan	Pelayanan belum merata dan masih bergantung pada pola pengumpulan yang terbatas.	Wilayah layanan, frekuensi, jadwal, dan sarana pengumpul perlu dipetakan.

Komponen	Kondisi yang Teridentifikasi	Implikasi Perencanaan
Tempat penampungan	Kebutuhan lokasi dan kapasitas meningkat, tetapi inventaris unit aktif belum terdokumentasi secara terverifikasi.	Audit aset dan pemetaan lokasi diperlukan sebelum menghitung kekurangan bersih.
Pengangkutan	Kapasitas armada, ritasi, dan rute menjadi faktor pembatas pelayanan.	Kebutuhan armada harus dikaitkan dengan waktu tempuh, jarak, dan kondisi kendaraan.
Pengolahan	Pengurangan dan pengolahan sebelum pembuangan akhir masih terbatas.	Tempat pengolahan berbasis pemilahan dan daur ulang perlu dikembangkan.
Data dan kelembagaan	Data timbulan, aset, cakupan layanan, dan kinerja belum terintegrasi.	Basis data spasial dan indikator layanan diperlukan untuk penganggaran dan evaluasi.

Sumber: dengan SNI 19-2454-2002 dan Dalame et al. (2022).

Ketiadaan inventaris aset yang terverifikasi merupakan temuan metodologis penting. Tanpa data jumlah unit aktif, kapasitas efektif, usia kendaraan, kondisi kerusakan, dan koordinat lokasi, angka kebutuhan tidak dapat langsung disebut sebagai jumlah tambahan. Gutiérrez-Galicia et al. (2019) menekankan bahwa evaluasi sistem persampahan memerlukan data cakupan pengumpulan dan kinerja layanan yang lengkap, sedangkan El-Hallaq dan Mosabeh (2019) menunjukkan peran data spasial dalam menentukan lokasi wadah dan efisiensi pengumpulan. Dengan demikian, penelitian ini membedakan secara tegas antara kebutuhan total dan kekurangan bersih.

3.2. Proyeksi Penduduk dan Timbulan Sampah

Dengan jumlah penduduk 28.231 jiwa dan laju pertumbuhan 0,865 persen per tahun, penduduk Rantepao diproyeksikan menjadi sekitar 33.538 jiwa pada 2043. Pertambahan sekitar 5.307 jiwa meningkatkan kebutuhan pelayanan secara bertahap. Pada skenario normatif, volume sampah meningkat dari 77,64 meter kubik per hari pada 2023 menjadi 92,23 meter kubik per hari pada 2043.

Tabel 2. Proyeksi Penduduk dan Kebutuhan Prasarana Skenario Normatif

Tahun	Penduduk (jiwa)	Timbulan (m3/hari)	Kebutuhan TPS (unit)	Kebutuhan kendaraan (unit)
2023	28.231	77,64	16	7
2028	29.473	81,05	17	7
2033	30.770	84,62	17	8
2038	32.124	88,34	18	8
2043	33.538	92,23	19	8

Sumber: Hasil analisis, 2026. Asumsi: 2,75 liter/jiwa/hari; TPS 5 m3; kendaraan 6 m3/ritasi dan 2 ritasi/hari.

Hasil tersebut memperbaiki tiga masalah pada naskah awal. Pertama, periode proyeksi dibuat konsisten selama dua puluh tahun, yaitu 2023-2043. Kedua, laju pertumbuhan agregat digunakan agar hasil tidak dipengaruhi angka per kelurahan yang tidak wajar. Ketiga, satuan timbulan diperjelas menjadi meter kubik per hari. Pada tahun 2043, pembagian 92,23 meter kubik per hari dengan kapasitas desain 5 meter kubik menghasilkan 18,45 unit dan dibulatkan menjadi 19 unit. Pembagian volume yang sama dengan kapasitas harian kendaraan 12 meter kubik menghasilkan 7,69 dan dibulatkan menjadi delapan kendaraan.

3.3. Analisis Sensitivitas Kebutuhan Prasarana

Angka timbulan merupakan parameter paling menentukan. SNI memberikan angka perencanaan umum untuk kota kecil, sedangkan penelitian lokal dapat menangkap karakter konsumsi, kegiatan pasar, pariwisata, dan bentuk permukiman yang khas. Dalame et al. (2022) melaporkan volume 5,25 liter per jiwa per hari di Rantepao, hampir dua kali angka normatif yang digunakan pada skenario dasar. Perbedaan ini menghasilkan rentang kebutuhan yang lebar.

Tabel 3. Perbandingan Kebutuhan Tahun 2043 Menurut Skenario Timbulan

Parameter	Skenario A: Normatif	Skenario B: Empiris Lokal
Angka timbulan	2,75 liter/jiwa/hari	5,25 liter/jiwa/hari
Penduduk 2043	33.538 jiwa	33.538 jiwa
Volume timbulan	92,23 m3/hari	176,07 m3/hari
Kebutuhan TPS	19 unit	36 unit
Kebutuhan kendaraan	8 unit	15 unit

Parameter	Skenario A: Normatif	Skenario B: Empiris Lokal
Fungsi skenario	Kebutuhan minimum perencanaan	Uji risiko kapasitas tinggi

Sumber: Hasil analisis, 2026; angka empiris lokal mengacu pada Dalame et al. (2022).

Skenario empiris menghasilkan volume 176,07 meter kubik per hari, kebutuhan 36 tempat penampungan, dan 15 kendaraan. Selisih 17 tempat penampungan dan tujuh kendaraan dibandingkan skenario normatif menunjukkan bahwa keputusan investasi tidak boleh hanya bergantung pada satu angka generasi sampah. Pengukuran timbulan selama beberapa hari yang mewakili hari kerja, akhir pekan, musim wisata, dan kegiatan pasar perlu dilakukan sebelum desain rinci. Prinsip ini sejalan dengan pendekatan optimasi sistem persampahan yang menempatkan prakiraan timbulan, kapasitas fasilitas, dan transportasi sebagai variabel yang saling terkait (Shaban et al., 2022; Alshaikh & Abdelfatah, 2024).

3.4. Implikasi bagi Sistem Pelayanan Persampahan

Kebutuhan fasilitas harus diterjemahkan ke dalam sistem pelayanan yang bertahap dan spasial. Lokasi tempat penampungan tidak cukup ditentukan berdasarkan jumlah penduduk, tetapi juga akses jalan, jarak dari sumber, kepadatan bangunan, aktivitas pasar, keterjangkauan kendaraan, potensi gangguan lingkungan, dan jarak ke fasilitas pengolahan atau pemrosesan akhir. Sistem informasi geografis dapat digunakan untuk memetakan sumber timbulan, fasilitas eksisting, titik pelayanan kosong, dan rute kendaraan sehingga penempatan fasilitas lebih efisien (El-Hallaq & Mosabeh, 2019).

Penambahan prasarana juga perlu disertai pengurangan sampah dari sumber. Tanpa pemilahan, tambahan tempat penampungan dan kendaraan hanya memperbesar kapasitas sistem angkut-buang. Pengembangan tempat pengolahan sampah berbasis pengurangan, penggunaan kembali, dan daur ulang dapat diarahkan pada kawasan dengan ketersediaan lahan dan akses pelayanan yang memadai. Sampah organik yang dominan dapat diproses melalui pengomposan atau pengolahan biologis, sedangkan material bernilai dapat dipisahkan untuk daur ulang. Pendekatan terintegrasi tersebut konsisten dengan hierarki pengelolaan sampah dan mengurangi beban tempat pemrosesan akhir (Maharjan & Lohani, 2020; Mwanza et al., 2018).

Dari sisi operasional, kebutuhan delapan kendaraan pada skenario normatif mengasumsikan seluruh unit berfungsi dan mampu melakukan dua ritasi setiap hari. Dalam kondisi nyata, ketersediaan efektif biasanya berkurang karena perawatan, kerusakan, waktu antre, jarak tempuh, dan hambatan jalan. Pemerintah daerah perlu menetapkan armada cadangan, standar pemeliharaan, jadwal pengumpulan, serta pencatatan ritasi dan volume. Optimasi rute penting karena biaya pengumpulan dan pengangkutan menjadi komponen besar dalam pelayanan persampahan (Kaza et al., 2018; Bharadwaj & Nepal, 2020).

Secara kelembagaan, penguatan data harus menjadi prioritas sebelum pengadaan. Basis data perlu memuat identitas aset, kapasitas, kondisi, tahun perolehan, koordinat, wilayah pelayanan, frekuensi pengangkutan, serta volume yang terangkut. Indikator cakupan pelayanan dan jumlah sampah yang dikurangi, diolah, dan dibuang harus dilaporkan secara berkala. Kerangka ini mendukung pelaksanaan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012, Peraturan Presiden Nomor 97 Tahun 2017, dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 03/PRT/M/2013.

Kontribusi utama penelitian adalah menunjukkan bahwa angka 19 tempat penampungan dan delapan kendaraan bukan hasil final yang berdiri sendiri, melainkan kebutuhan minimum berdasarkan skenario normatif. Kebutuhan aktual dapat mendekati 36 tempat penampungan dan 15 kendaraan bila angka empiris lokal digunakan. Dengan demikian, keputusan yang paling rasional adalah melakukan audit aset dan pengukuran timbulan, kemudian menerapkan pengadaan bertahap berdasarkan zona prioritas. Pendekatan ini lebih aman secara fiskal dan teknis dibandingkan pengadaan serentak tanpa verifikasi data.

3.5. Keterbatasan Penelitian

Penelitian memiliki keterbatasan pada belum tersedianya inventaris kuantitatif prasarana dan armada eksisting yang telah diverifikasi, sehingga kekurangan bersih per kelurahan belum dapat dihitung. Data laju pertumbuhan pada tingkat kelurahan dalam naskah awal juga tidak digunakan karena menghasilkan proyeksi ekstrem dan tidak konsisten. Selain itu, kapasitas 5 meter kubik per tempat penampungan serta 6 meter kubik per kendaraan merupakan asumsi desain yang perlu disesuaikan dengan spesifikasi aset, jarak ke tempat pemrosesan akhir, waktu operasi, dan kondisi medan. Penelitian lanjutan perlu melakukan sampling timbulan sesuai standar, pemetaan aset berbasis koordinat, analisis rute, dan evaluasi biaya siklus hidup.

4. KESIMPULAN

Ketersediaan prasarana persampahan di Kecamatan Rantepao belum dapat dinilai secara kuantitatif sebagai kekurangan bersih karena inventaris unit aktif, kapasitas, kondisi, dan sebarannya belum terverifikasi. Secara

kualitatif, sistem masih menghadapi pencampuran sampah dari sumber, keterbatasan pengumpulan dan pengangkutan, belum optimalnya pengolahan, serta kelemahan basis data pelayanan. Dengan penduduk 28.231 jiwa pada 2023 dan laju pertumbuhan 0,865 persen per tahun, jumlah penduduk diproyeksikan menjadi 33.538 jiwa pada 2043. Skenario normatif 2,75 liter per jiwa per hari menghasilkan timbunan 92,23 meter kubik per hari dan kebutuhan total minimum 19 tempat penampungan berkapasitas desain 5 meter kubik serta delapan kendaraan berkapasitas 6 meter kubik dengan dua ritasi per hari. Skenario empiris lokal 5,25 liter per jiwa per hari meningkatkan kebutuhan menjadi 36 tempat penampungan dan 15 kendaraan. Oleh karena itu, angka 19 unit dan delapan kendaraan harus diperlakukan sebagai batas minimum, bukan angka pengadaan final. Pemerintah daerah perlu memprioritaskan audit aset, pengukuran timbunan terbaru, pemetaan zona pelayanan, pemilahan sampah dari sumber, pengembangan fasilitas pengolahan, optimasi rute, dan pengadaan bertahap berdasarkan kebutuhan spasial serta kemampuan pembiayaan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alshaikh, R., & Abdelfatah, A. (2024). Optimization techniques in municipal solid waste management: A systematic review. *Sustainability*, 16(15), 6585. <https://doi.org/10.3390/su16156585>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Toraja Utara. (2024). Kecamatan Rantepao dalam angka 2024. BPS Kabupaten Toraja Utara.
- Badan Standardisasi Nasional. (1995). SNI 19-3983-1995: Spesifikasi timbunan sampah untuk kota kecil dan kota sedang di Indonesia. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 19-2454-2002: Tata cara teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan. Badan Standardisasi Nasional.
- Bharadwaj, B., & Nepal, M. (2020). Sustainable financing for municipal solid waste management in Nepal. *PLOS ONE*, 15(8), e0231933. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231933>
- Dalame, R., Asmal, I. J., & Wikantari, R. (2022). Environmentally friendly integrated waste management strategy in Rantepao District. *Budapest International Research and Critics Institute-Journal*, 5(2). <https://doi.org/10.33258/birci.v5i2.5741>
- David, V. E., John, Y., & Hussain, S. (2020). Rethinking sustainability: A review of Liberia's municipal solid waste management systems, status, and challenges. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22(5), 1299-1317. <https://doi.org/10.1007/s10163-020-01046-x>
- El-Hallaq, M. A., & Mosabeh, R. (2019). Optimization of municipal solid waste management of bins using GIS: A case study of Nuseirat City. *Journal of Geographic Information System*, 11(1), 32-43. <https://doi.org/10.4236/jgis.2019.111003>
- Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 1060. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
- Gutiérrez-Galicia, F., Coria Páez, A. L., & Tejeida Padilla, R. (2019). A study and factor identification of municipal solid waste management in Mexico City. *Sustainability*, 11(22), 6305. <https://doi.org/10.3390/su11226305>
- Indonesia. (2008). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Sekretariat Negara.
- Indonesia. (2012). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Sekretariat Negara.
- Indonesia. (2017). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Sekretariat Negara.
- Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Keita, S. (2021). Does effective policy implementation affect municipal solid waste management in Bandung? *The Indonesian Journal of Planning and Development*, 6(2), 90-97. <https://doi.org/10.14710/ijpd.6.2.90-97>
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 03/PRT/M/2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Maharjan, M. K., & Lohani, S. P. (2020). Municipal solid waste management in Nepal: Opportunities and challenges. *Journal of the Institute of Engineering*, 15(3), 222-226. <https://doi.org/10.3126/jie.v15i3.32185>

Mwanza, B. G., Mbohwa, C., & Telukdarie, A. (2018). Municipal solid waste management in Kitwe City. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 29(6), 1075-1092. <https://doi.org/10.1108/MEQ-10-2017-0120>

Shaban, A., Zaki, F.-E., & Afefy, I. H. (2022). An optimization model for the design of a sustainable municipal solid waste management system. *Sustainability*, 14(10), 6345. <https://doi.org/10.3390/su14106345>