JURNAL TEKNOLOGI TERPADU VOL.14 NO.2 OKTOBER 2026 ISSN 2338 - 6649

Received: Agustus 2026	Accepted: Oktober 2026	Published: Oktober 2026

Analisis Kinerja Pengangkutan Sampah Berdasarkan Rute dan Kapasitas Kendaraan dalam Meningkatkan Efisiensi Pelayanan di Kota Majene

Sainuddin[1*], Risma Nofianti Idris S[2]

[1,2]Universitas Sulawesi Barat*

[*]Email: sainuddin@unsulbar.ac.id

Abstract

Waste transportation is an important component of urban waste management because it determines the service capacity to transport waste from its generation sources to the final processing facility. This study aims to analyze waste transportation performance based on routes, vehicle capacity, waste generation volume, and trip frequency, as well as to evaluate service improvement through fleet and trip adjustments in Majene City. A quantitative descriptive method was employed using primary and secondary data obtained through field observations, documentation, and recording of waste transportation operational data in Banggae and Banggae Timur Districts. The analysis was conducted by comparing the existing condition with an ideal waste transportation scenario. The theoretical trip requirement was calculated based on the ratio between waste generation volume and vehicle carrying capacity and rounded up, while the ideal scenario was determined through a combination of the number of vehicles and trips according to the service requirements of each route. The results show that, from a total waste generation of 95.597 m³/day, the existing condition transported only 40.500 m³/day, corresponding to a 42.37% service level, leaving 55.097 m³/day of waste untransported. Under the ideal scenario, adjustments to the number of vehicles and trips increased the transported waste volume to 86.074 m³/day, with a 90.04% service level, while the untransported volume decreased to 9.523 m³/day. These results indicate that matching waste generation volume, vehicle capacity, fleet availability, and trip frequency can improve the performance and operational efficiency of waste transportation in Majene City.

Keywords: Waste transportation, service routes, vehicle capacity, trip frequency, service level

Abstrak

Pengangkutan sampah merupakan bagian penting dalam pengelolaan sampah perkotaan karena menentukan kemampuan pelayanan dalam memindahkan sampah dari sumber timbulan menuju tempat pemrosesan akhir. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja pengangkutan sampah berdasarkan rute, kapasitas kendaraan, volume timbulan, dan ritasi serta mengevaluasi peningkatan pelayanan melalui penyesuaian armada dan ritasi di Kota Majene. Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan data primer dan sekunder yang diperoleh melalui observasi lapangan, dokumentasi, dan pencatatan data operasional pengangkutan pada Kecamatan Banggae dan Banggae Timur. Analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting dan skenario pengangkutan ideal. Kebutuhan ritasi teoritis dihitung berdasarkan perbandingan volume timbulan dengan kapasitas angkut kendaraan dan dibulatkan ke atas, sedangkan skenario ideal ditetapkan melalui kombinasi jumlah kendaraan dan ritasi sesuai kebutuhan masing-masing rute. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari total timbulan sebesar 95,597 m³/hari, kondisi eksisting hanya mampu mengangkut 40,500 m³/hari dengan tingkat pelayanan 42,37%, sehingga terdapat 55,097 m³/hari sampah yang tidak terangkut. Pada skenario ideal, penyesuaian jumlah armada dan ritasi meningkatkan volume sampah terangkut menjadi 86,074 m³/hari dengan tingkat pelayanan 90,04%, sedangkan volume tidak terangkut menurun menjadi 9,523 m³/hari. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kesesuaian antara volume timbulan, kapasitas kendaraan, jumlah armada, dan ritasi dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi operasional pengangkutan sampah di Kota Majene.

Kata kunci: Pengangkutan sampah, rute pelayanan, kapasitas kendaraan, ritasi, tingkat pelayanan

1. Pendahuluan

Permasalahan pengelolaan sampah perkotaan merupakan salah satu isu lingkungan yang berdampak langsung terhadap kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Peningkatan jumlah penduduk serta aktivitas perkotaan menyebabkan volume timbulan sampah semakin meningkat sehingga diperlukan sistem pengelolaan sampah yang efektif dan berkelanjutan [1], [2].

Sistem pengangkutan sampah menjadi salah satu komponen penting dalam pengelolaan persampahan karena berperan dalam memindahkan sampah dari sumber timbulan menuju tempat pemrosesan akhir. Keberhasilan sistem pengangkutan sangat dipengaruhi oleh kemampuan operasional kendaraan dalam melayani wilayah pelayanan secara efektif dan efisien [3], [5].

Efisiensi sistem pengangkutan sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor teknis, seperti kesesuaian rute pengangkutan, kapasitas kendaraan, volume timbulan sampah, serta jumlah ritasi kendaraan. Ketidaksesuaian antara faktor tersebut dapat menyebabkan meningkatnya waktu operasional, biaya pengangkutan, serta rendahnya tingkat pelayanan persampahan [3].

Selain aspek teknis operasional, pengangkutan sampah merupakan bagian dari sistem transportasi yang membutuhkan perencanaan rute dan pengaturan operasional kendaraan secara efektif. Efisiensi pelayanan dapat ditingkatkan melalui evaluasi pola perjalanan kendaraan, kesesuaian rute pelayanan, kapasitas angkut, serta ritasi pengangkutan. Pendekatan analisis transportasi diperlukan untuk mengevaluasi kesesuaian antara kebutuhan pelayanan dan kemampuan operasional kendaraan sehingga dapat mendukung peningkatan cakupan pelayanan dan efisiensi operasional kendaraan [4].

Kota Majene merupakan salah satu wilayah perkotaan di Provinsi Sulawesi Barat dengan aktivitas permukiman, pendidikan, dan perdagangan yang membutuhkan pelayanan pengangkutan sampah. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap kebutuhan pelayanan pengangkutan sampah. Berdasarkan kondisi eksisting sistem persampahan Kota Majene, pelayanan pengangkutan sampah masih menghadapi berbagai kendala operasional berupa keterbatasan armada, ketidaksesuaian kapasitas kendaraan terhadap volume timbulan sampah, serta pengaturan rute pengangkutan yang perlu dievaluasi.

Sistem pengangkutan sampah di Kota Majene saat ini mencakup 9 rute pengangkutan dan 5 TPS kontainer yang didukung oleh 13 armada, terdiri atas 6 dump truck dan 7 kendaraan roda tiga. Namun, armada yang beroperasi setiap hari hanya 6 dump truck dan 3 kendaraan roda tiga sehingga kondisi tersebut perlu dievaluasi terhadap kemampuan pelayanan pengangkutan sampah.

Selain keterbatasan armada, kondisi operasional menunjukkan adanya perbedaan antara kebutuhan ritasi pengangkutan dengan pelaksanaan di lapangan. Beberapa rute membutuhkan ritasi dua hingga tiga kali per hari, sedangkan pelaksanaan pengangkutan umumnya hanya dilakukan satu kali per hari. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya evaluasi terhadap kesesuaian antara rute pengangkutan, kapasitas kendaraan, volume timbulan sampah, dan ritasi pengangkutan dalam mendukung efektivitas dan efisiensi pelayanan persampahan di Kota Majene.

Permasalahan teknis operasional pengangkutan sampah telah dikaji melalui berbagai pendekatan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pelayanan. Evaluasi sistem pengangkutan pada wilayah perkotaan menunjukkan bahwa kondisi armada, ritasi, volume sampah yang terangkut, dan tingkat pelayanan merupakan aspek penting dalam menilai kemampuan sistem pengangkutan [5]. Sejalan dengan perkembangan kajian tersebut, pendekatan optimasi rute seperti *Vehicle Routing Problem* (VRP) dan pendekatan terkait digunakan untuk mempertimbangkan jarak tempuh, kapasitas kendaraan, kebutuhan pelayanan, serta karakteristik jaringan pengangkutan [6]. Kajian sistematis mengenai pengumpulan sampah juga menunjukkan bahwa optimasi rute, pengurangan jarak

tempuh, biaya operasional, dan pemanfaatan armada merupakan aspek yang banyak dipertimbangkan dalam peningkatan kinerja sistem pengumpulan sampah [7].

Selain aspek rute, kapasitas kendaraan dan kapasitas fasilitas pengumpulan juga menjadi bagian penting dalam perencanaan pengangkutan sampah. Pendekatan *waste collection routing* telah dikembangkan dengan mempertimbangkan karakteristik sistem pengumpulan dan berbagai batasan operasional kendaraan [8]. Permasalahan kapasitas juga dikaji melalui pendekatan *Capacitated Arc Routing Problem* yang mempertimbangkan keterbatasan kapasitas kendaraan dan fasilitas dalam menentukan pola pelayanan pengangkutan [9]. Pada sisi operasional armada, pengelolaan jumlah dan karakteristik kendaraan menjadi bagian penting dalam peningkatan efisiensi sekaligus mempertimbangkan aspek keberlanjutan, termasuk konsumsi energi dan emisi kendaraan [10], [11].

Pengembangan kajian selanjutnya menunjukkan bahwa karakteristik timbulan sampah memiliki keterkaitan dengan penentuan rute dan kinerja operasional. Hubungan antara volume sampah, rute pengangkutan, biaya operasional, dan karakteristik kendaraan menunjukkan bahwa informasi mengenai jumlah sampah perlu diperhatikan dalam menentukan pola pelayanan pengangkutan [7], [10]. Kondisi tersebut semakin kompleks ketika jumlah sampah yang harus diangkut mengalami ketidakpastian. Oleh karena itu, keterbatasan kapasitas kendaraan dan ketidakpastian timbulan sampah juga telah dipertimbangkan dalam permasalahan rute pengangkutan [12]. Pada skala perencanaan yang lebih luas, penentuan rute secara periodik juga dikaji dengan mempertimbangkan kapasitas fasilitas pengumpulan sehingga kebutuhan pelayanan dapat disesuaikan dengan kemampuan sistem pengangkutan [13].

Pemanfaatan teknologi spasial turut mendukung pengembangan sistem pengangkutan sampah. Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan untuk membantu penentuan rute dan zonasi pelayanan berdasarkan karakteristik wilayah, jarak perjalanan, serta kebutuhan operasional kendaraan [14]. Pada konteks perkotaan di Indonesia, pendekatan berbasis rute juga telah digunakan dalam mengevaluasi sistem pengangkutan dengan mempertimbangkan karakteristik wilayah pelayanan dan kondisi operasional kendaraan [15].

Berdasarkan berbagai kajian tersebut, penelitian mengenai pengangkutan sampah telah berkembang dari evaluasi kondisi operasional menuju pendekatan yang mempertimbangkan rute, kapasitas kendaraan, pengelolaan armada, pemanfaatan informasi spasial, biaya, serta aspek keberlanjutan. Berbagai pendekatan tersebut menunjukkan bahwa kinerja pengangkutan tidak hanya ditentukan oleh keberadaan armada, tetapi juga oleh kesesuaian antara volume timbulan, kapasitas kendaraan, rute pelayanan, dan frekuensi pengangkutan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap sistem pengangkutan yang telah berjalan tetap diperlukan untuk mengetahui kesesuaian antara kebutuhan pelayanan dan kondisi operasional aktual.

Namun, sebagian penelitian terdahulu lebih banyak berfokus pada optimasi rute secara matematis, jarak tempuh, biaya operasional, atau pendekatan *Vehicle Routing Problem (*VRP), sedangkan evaluasi terhadap sistem pengangkutan yang telah berjalan berdasarkan keterkaitan volume timbulan, kapasitas kendaraan, jumlah armada, dan ritasi pada setiap rute masih perlu dikaji secara lebih spesifik pada kondisi operasional Kota Majene. *Research gap* tersebut menjadi dasar penelitian ini untuk mengevaluasi kinerja sistem eksisting dan menyusun skenario teknis berdasarkan karakteristik masing-masing rute. Kontribusi penelitian ini terletak pada pengembangan kerangka evaluasi operasional yang mengintegrasikan volume timbulan, kapasitas kendaraan, jumlah armada, dan kebutuhan ritasi pada setiap rute pelayanan. Pendekatan tersebut digunakan untuk mengidentifikasi ketidaksesuaian antara beban sampah dan kemampuan pelayanan aktual, kemudian

menerjemahkan hasil evaluasi tersebut ke dalam skenario teknis penyesuaian armada dan ritasi. Dengan demikian, penelitian ini tidak berfokus pada pengembangan algoritma optimasi rute secara matematis, tetapi memberikan dasar evaluasi berbasis kondisi operasional aktual yang dapat digunakan sebagai tahap awal sebelum pengembangan model optimasi rute yang lebih kompleks.

Penelitian ini difokuskan pada evaluasi kinerja sistem pengangkutan sampah berdasarkan rute, kapasitas kendaraan, volume timbulan, dan ritasi pengangkutan pada wilayah penelitian di Kota Majene. Keempat aspek tersebut dianalisis secara terpadu untuk mengetahui tingkat pelayanan pada kondisi eksisting serta mengidentifikasi kebutuhan penyesuaian ritasi dan pemanfaatan armada pada setiap rute. Hasil evaluasi selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan skenario pengangkutan yang disesuaikan dengan kebutuhan pelayanan dan kemampuan kapasitas kendaraan. Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini memberikan gambaran kondisi operasional aktual dan rekomendasi teknis yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi pelayanan pengangkutan sampah di Kota Majene.

2. Metoda Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Majene, Provinsi Sulawesi Barat, dengan wilayah kajian meliputi Kecamatan Banggae dan Kecamatan Banggae Timur.

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Sumber : Google 2026

Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada adanya permasalahan operasional sistem pengangkutan sampah, terutama terkait keterbatasan armada, kapasitas kendaraan, dan kesesuaian antara volume timbulan sampah dengan kemampuan pelayanan pengangkutan. Wilayah penelitian mencakup sistem pelayanan pengangkutan sampah yang terdiri atas 9 rute pengangkutan dengan lokasi pelayanan berupa Tempat Penampungan Sementara (TPS) dan titik pengumpulan sampah masyarakat. Analisis dilakukan berdasarkan kapasitas kendaraan, volume timbulan sampah, dan ritasi pengangkutan.

2.2 Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan melakukan analisis terhadap sistem pengangkutan sampah berdasarkan kondisi operasional eksisting dan skenario pengangkutan ideal.

Tahapan penelitian dimulai dengan identifikasi kondisi sistem pengangkutan sampah Kota Majene meliputi jumlah armada, jenis kendaraan, kapasitas kendaraan, rute pengangkutan, volume timbulan sampah, dan jumlah ritasi pengangkutan.

Parameter penelitian meliputi volume timbulan sampah harian, kapasitas kendaraan pengangkut, jumlah ritasi kendaraan, volume sampah terangkut, volume sampah tidak terangkut, dan tingkat pelayanan pengangkutan.

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan terhadap kondisi operasional pengangkutan sampah, meliputi rute pelayanan, jenis dan kapasitas kendaraan, jumlah ritasi, serta kondisi pengangkutan pada setiap rute. Data sekunder diperoleh dari dokumen dan data terkait sistem persampahan Kota Majene yang meliputi data volume timbulan sampah, jumlah armada, rute pelayanan, dan data operasional pengangkutan.

Pengumpulan data dilakukan pada bulan Juli sampai Agustus 2026 melalui observasi lapangan, dokumentasi, dan pencatatan data operasional kendaraan pada setiap rute

pengangkutan. Observasi dilakukan untuk memperoleh data aktual mengenai kondisi kendaraan, rute pelayanan, kapasitas angkut, dan jumlah ritasi pengangkutan.

Validasi data dilakukan dengan mencocokkan hasil observasi lapangan dengan data operasional dan dokumentasi yang tersedia. Pengecekan dilakukan terhadap kesesuaian jenis kendaraan, kapasitas, rute, jumlah ritasi, dan volume sampah pada masing-masing rute. Apabila ditemukan perbedaan data, dilakukan pengecekan kembali terhadap kondisi lapangan dan sumber data sebelum digunakan dalam proses analisis. Data volume timbulan sampah digunakan sebagai data harian pada masing-masing rute dan menjadi dasar dalam menghitung tingkat pelayanan, kebutuhan ritasi, serta volume sampah yang tidak terangkut.

2.3 Metode Analisis Data

Analisis kinerja sistem pengangkutan sampah dilakukan dengan membandingkan kemampuan pelayanan kendaraan terhadap volume timbulan sampah pada setiap rute pengangkutan.

Persentase tingkat pelayanan pengangkutan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$TP = (Vt / Vs) \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:
TP = Tingkat pelayanan pengangkutan (%);
Vt = Volume sampah terangkut (m³/hari);
Vs = Volume timbulan sampah total (m³/hari).

Volume sampah tidak terangkut dihitung menggunakan persamaan:

$$Vtidak = Vs - Vt \quad (2)$$

Keterangan:
Vtidak = Volume sampah tidak terangkut (m³/hari).

Kebutuhan ritasi dihitung berdasarkan perbandingan volume timbulan sampah dengan kapasitas kendaraan menggunakan persamaan:

$$R_k = \frac{V_S}{C_k} \quad (3)$$

R_k = Kebutuhan ritasi kendaraan (rit/hari)
V_S = Volume timbulan sampah pada rute (m^3/hari)
C_k = Kapasitas angkut kendaraan (m^3/rit)

Hasil perhitungan dibulatkan ke atas dan dibandingkan dengan ritasi aktual untuk mengetahui kesesuaian kemampuan pelayanan kendaraan.

Perhitungan kebutuhan ritasi teoritis menunjukkan jumlah ritasi apabila satu kendaraan melayani suatu rute, sedangkan skenario operasional ditetapkan melalui kombinasi jumlah kendaraan dan ritasi sehingga beberapa kendaraan dapat beroperasi secara paralel sesuai kebutuhan pelayanan pada masing-masing rute.

Dalam analisis digunakan asumsi bahwa kapasitas kendaraan sesuai kondisi operasional dan jenis serta kapasitas kendaraan tidak berubah. Skenario peningkatan pelayanan dilakukan dengan menyesuaikan kombinasi jumlah kendaraan dan ritasi berdasarkan kebutuhan pelayanan pada masing-masing rute. Kedua skenario dibandingkan berdasarkan volume terangkut, volume tidak terangkut, dan tingkat pelayanan.

2.4 Analisis Kondisi Eksisting Pengangkutan

Analisis kondisi eksisting dilakukan dengan mengevaluasi kemampuan sistem pengangkutan berdasarkan jumlah armada tersedia, kendaraan yang beroperasi, kapasitas angkut kendaraan, jumlah ritasi aktual, volume sampah yang mampu dilayani, dan sisa sampah yang belum terangkut.

2.5 Analisis Skenario Pengangkutan Ideal

Analisis pengangkutan ideal dilakukan dengan penyesuaian jumlah ritasi kendaraan, pemanfaatan armada yang tersedia, kapasitas kendaraan, dan kebutuhan pelayanan setiap rute untuk mengetahui peningkatan kemampuan pelayanan.

Skenario pengangkutan ideal mengasumsikan seluruh armada yang tersedia, yaitu 6 dump truck dan 7 kendaraan roda tiga, dapat dioperasikan sesuai kebutuhan masing-

masing rute. Penyesuaian dilakukan melalui kombinasi jumlah kendaraan dan ritasi tanpa mengubah kapasitas masing-masing jenis kendaraan.

Pada skenario pengangkutan ideal, setiap rute dianalisis berdasarkan volume timbulan sampah, kapasitas kendaraan, kebutuhan ritasi, volume sampah terangkut, dan tingkat pelayanan. Hasil perhitungan kebutuhan ritasi yang telah ditentukan pada metode analisis data digunakan untuk menetapkan kebutuhan operasional pada masing-masing rute. Tingkat pelayanan pada setiap rute dihitung berdasarkan perbandingan volume sampah terangkut terhadap volume timbulan sampah. Hasil analisis kemudian dibandingkan antara kondisi eksisting dan skenario ideal untuk mengetahui perubahan kemampuan pelayanan pada setiap rute.

3. Hasil Penelitian

3.1 Analisis Kinerja Pengangkutan Sampah Berdasarkan Rute dan Kapasitas Kendaraan

Berdasarkan hasil analisis setiap rute menunjukkan bahwa kapasitas kendaraan memiliki pengaruh besar terhadap tingkat pelayanan pengangkutan sampah. Kendaraan dengan kapasitas lebih kecil, khususnya kendaraan roda tiga, memiliki keterbatasan dalam melayani volume sampah yang tinggi sehingga membutuhkan penambahan jumlah kendaraan maupun peningkatan ritasi.

Tabel 1. Kondisi Pengangkutan Sampah Berdasarkan Rute Pelayanan Kota Majene

Rute	Timbulan Sampah (m³/hari)	Terangkut Eksisting (m³/hari)	Tingkat Pelayanan Eksisting (%)	Operasional Skenario Ideal	Terangkut Ideal (m³/hari)	Tingkat Pelayanan Ideal (%)
Rute 1	12,405	6,000	48,37	1 DT × 2 rit	12,000	96,73
Rute 2	14,435	6,000	41,56	1 DT × 2 rit	12,000	83,13
Rute 3	9,413	1,500	15,93	3 R3 × 2 rit	9,000	95,61
Rute 4	11,688	6,000	51,33	1 DT × 2 rit	11,688	100,00
Rute 5	14,305	6,000	41,94	1 DT × 2 rit	12,000	83,89
Rute 6	12,465	6,000	48,14	1 DT × 2 rit	12,000	96,27
Rute 7	5,675	1,500	26,43	2 R3 × 2 rit	5,675	100,00
Rute 8	9,500	6,000	63,16	1 DT × 1 rit	6,000	63,16
Rute 9	5,711	1,500	26,26	2 R3 × 2 rit	5,711	100,00
Total	**95,597**	**40,500**	**42,37**	—	**86,074**	**90,04**

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel 1, total timbulan sampah pada sembilan rute mencapai 95,597 m³/hari, sedangkan pada kondisi eksisting volume sampah yang dapat terangkut hanya 40,500 m³/hari. Kondisi tersebut menghasilkan tingkat pelayanan sebesar 42,37%, yang menunjukkan bahwa kapasitas pengangkutan dan frekuensi ritasi yang berjalan belum mampu memenuhi seluruh timbulan sampah pada wilayah pelayanan.

Pada kondisi eksisting, tingkat pelayanan setiap rute menunjukkan variasi. R8 memiliki tingkat pelayanan tertinggi sebesar 63,16%, karena volume yang terangkut sebesar 6,000 m³/hari dari timbulan 9,500 m³/hari. Sebaliknya, R3 memiliki tingkat pelayanan terendah sebesar 15,93%, dengan volume terangkut hanya 1,500 m³/hari dari timbulan 9,413 m³/hari. Rendahnya tingkat pelayanan pada R3 berkaitan dengan penggunaan kendaraan roda tiga yang memiliki kapasitas 1,5 m³/rit dengan satu kali ritasi pada kondisi eksisting.

Pada skenario ideal, dilakukan penyesuaian jumlah armada dan ritasi berdasarkan volume timbulan pada masing-masing rute. Rute yang menggunakan dump truck pada umumnya dilayani dengan dua ritasi per hari. Sementara itu, rute yang menggunakan kendaraan roda tiga memerlukan penambahan jumlah armada dan ritasi. Pada R3, digunakan tiga kendaraan roda tiga dengan dua ritasi sehingga volume terangkut meningkat menjadi 9,000 m³/hari dan tingkat pelayanan mencapai 95,61%. Pada R7 dan R9, masing-masing digunakan dua kendaraan roda tiga dengan dua ritasi sehingga volume terangkut dapat mencapai 5,675 m³/hari dan 5,711 m³/hari, dengan tingkat pelayanan masing-masing 100%.

Penyesuaian juga terlihat pada rute yang menggunakan dump truck. R1 dan R6 masing-masing mampu meningkatkan tingkat pelayanan menjadi 96,73% dan 96,27% melalui dua ritasi per hari. R4 dapat memenuhi seluruh timbulan sebesar 11,688 m³/hari, sehingga tingkat pelayanan mencapai 100%. Sementara itu, R2 dan R5 masih memiliki sebagian volume

yang belum terangkut karena timbulan masing-masing sebesar 14,435 m³/hari dan 14,305 m³/hari lebih besar daripada kapasitas pengangkutan dua ritasi dump truck sebesar 12,000 m³/hari.

Secara keseluruhan, skenario tersebut meningkatkan volume sampah terangkut dari 40,500 m³/hari menjadi 86,074 m³/hari. Peningkatan tersebut menyebabkan tingkat pelayanan naik dari 42,37% menjadi 90,04%. Hasil ini menunjukkan bahwa penyesuaian jumlah ritasi dan pemanfaatan armada berdasarkan kapasitas kendaraan serta volume timbulan pada setiap rute dapat meningkatkan kinerja pelayanan pengangkutan sampah dibandingkan kondisi operasional eksisting.

Tingkat pelayanan pada skenario ideal dihitung berdasarkan perbandingan total volume sampah terangkut dengan total volume timbulan, yaitu TP = (86,074/95,597) × 100% = 90,04%. Dengan demikian, volume sampah yang tidak terangkut sebesar 95,597 − 86,074 = 9,523 m³/hari.

3.2 Evaluasi Efisiensi Pengangkutan Berdasarkan Kebutuhan Ritasi

Berdasarkan hasil analisis kondisi eksisting, rendahnya tingkat pelayanan pengangkutan sampah di Kota Majene juga dipengaruhi oleh jumlah ritasi kendaraan yang belum disesuaikan dengan kebutuhan setiap rute. Beberapa kendaraan sebenarnya masih memiliki kemampuan operasional untuk melakukan perjalanan tambahan berdasarkan data ritasi, kapasitas, dan volume timbulan.

Pada Rute 1, kendaraan dump truck dengan kapasitas 6 m³ hanya melakukan satu kali pengangkutan, sedangkan volume sampah yang harus dilayani mencapai 12,405 m³/hari. Berdasarkan kemampuan operasional kendaraan, pengangkutan seharusnya dilakukan sebanyak dua kali ritasi sehingga sisa sampah dapat dikurangi menjadi 0,405 m³.

Rute 2 memiliki kebutuhan pengangkutan yang lebih tinggi karena volume sampah mencapai 14,435 m³/hari. Dengan kapasitas kendaraan sebesar 6 m³, kendaraan dump truck dapat melakukan dua kali perjalanan dalam satu hari. Peningkatan ritasi tersebut mampu mengurangi sisa sampah dari 8,435 m³ menjadi sekitar 2,435 m³.

Pada Rute 3 yang menggunakan kendaraan roda tiga, peningkatan ritasi saja belum cukup untuk memenuhi kebutuhan pelayanan karena kapasitas kendaraan sangat terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penambahan jumlah kendaraan roda tiga. Berdasarkan analisis, peningkatan pelayanan dapat dilakukan dengan menggunakan tiga unit kendaraan roda tiga yang masing-masing melakukan dua kali pengangkutan sehingga sisa sampah dapat diminimalkan.

Kondisi serupa terjadi pada Rute 7 dan Rute 9 yang juga menggunakan kendaraan roda tiga. Kedua rute tersebut membutuhkan penyesuaian jumlah kendaraan agar kapasitas pelayanan sesuai dengan volume timbulan sampah yang dihasilkan.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa strategi peningkatan efisiensi tidak hanya dilakukan melalui penambahan armada, tetapi juga melalui penyesuaian ritasi kendaraan yang telah tersedia serta penyesuaian jenis kendaraan berdasarkan karakteristik wilayah pelayanan.

3.3 Analisis Skenario Pengangkutan Ideal

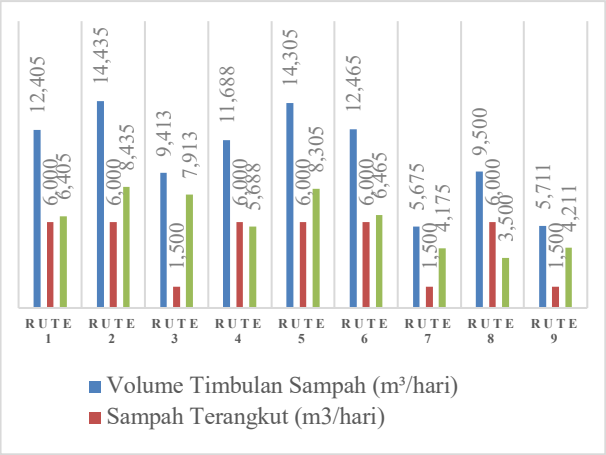
Berdasarkan evaluasi kondisi eksisting, dilakukan analisis skenario pengangkutan ideal dengan menyesuaikan penggunaan armada dan meningkatkan jumlah ritasi sesuai kebutuhan masing-masing rute. Skenario ini bertujuan untuk mengetahui potensi peningkatan efektivitas pelayanan apabila sistem pengangkutan dilakukan sesuai kapasitas operasional kendaraan.

Tabel 2. Perbandingan Kondisi Eksisting dan Skenario Ideal Pengangkutan Sampah Kota Majene

Parameter	Kondisi Eksisting	Skenario Ideal
Pola ritasi kendaraan	Sebagian besar 1 rit/hari	Disesuaikan kebutuhan setiap rute
Pemanfaatan kendaraan	Kondisi pelayanan eksisting	Penyesuaian sesuai kapasitas kendaraan
Volume sampah tidak terangkut	Masih tinggi	Mengalami penurunan
Tingkat pelayanan	42,37%	90,04%

Sumber: Hasil penelitian

Berdasarkan hasil analisis skenario ideal menunjukkan bahwa peningkatan jumlah ritasi dan penyesuaian jenis kendaraan dapat meningkatkan kemampuan pelayanan pengangkutan sampah. Pada rute dengan volume sampah tinggi, penambahan perjalanan kendaraan lebih efektif dibandingkan hanya mengandalkan satu kali pengangkutan.



Gambar 2. Perbandingan Volume Timbulan, Sampah Terangkut, dan Sampah Tidak Terangkut Berdasarkan Rute

Berdasarkan Gambar 2, pola pelayanan pengangkutan sampah di Kota Majene memiliki tingkat ketidakseimbangan yang berbeda pada setiap wilayah pelayanan. Perbedaan antara volume timbulan sampah dan kemampuan pengangkutan menggambarkan bahwa sistem pelayanan yang diterapkan saat ini belum sepenuhnya mengikuti karakteristik beban sampah pada masing-masing rute.

Distribusi volume sampah pada grafik menunjukkan bahwa rute dengan timbulan sampah yang lebih besar cenderung memiliki tingkat ketidakterangkutan yang lebih tinggi apabila tidak didukung oleh sistem pelayanan yang fleksibel. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan pengangkutan yang seragam, yaitu pelaksanaan satu kali ritasi pada seluruh rute, belum mampu mengakomodasi variasi kebutuhan pelayanan antarwilayah.

Selain faktor kapasitas kendaraan, grafik tersebut juga memperlihatkan bahwa efektivitas sistem pengangkutan sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara pola pelayanan dan karakteristik wilayah. Rute dengan beban pelayanan berbeda memerlukan strategi operasional yang berbeda pula, baik melalui pengaturan frekuensi pengangkutan, distribusi armada, maupun penyesuaian jenis kendaraan.

Dengan demikian, hasil analisis grafik menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi sistem pengangkutan sampah tidak hanya bergantung pada penambahan jumlah kendaraan, tetapi juga pada kemampuan pengelola dalam merancang sistem pelayanan yang adaptif terhadap variasi timbulan sampah pada setiap rute. Pendekatan berbasis karakteristik rute menjadi faktor penting untuk meningkatkan efektivitas pelayanan persampahan di Kota Majene.

3.3.1. Evaluasi Kesesuaian Kapasitas Kendaraan, Rute, dan Volume Timbulan Sampah

Berdasarkan hasil evaluasi kondisi eksisting, kesesuaian antara kapasitas kendaraan, karakteristik rute, dan volume timbulan sampah menunjukkan bahwa sistem pengangkutan sampah di Kota Majene masih belum sepenuhnya seimbang. Ketidaksesuaian terjadi ketika kapasitas kendaraan yang tersedia tidak mampu memenuhi volume sampah yang harus dilayani pada suatu rute dalam satu kali ritasi.

Pada rute yang menggunakan dump truck dengan kapasitas 6 m³, kendaraan masih memiliki kemampuan pelayanan yang cukup baik apabila jumlah ritasi disesuaikan dengan volume timbulan sampah. Namun, pada rute dengan volume sampah tinggi seperti Rute 2 dan Rute 5, satu kali ritasi belum mampu memenuhi kebutuhan pelayanan karena volume timbulan masing-masing mencapai 14,435 m³/hari dan 14,305 m³/hari. Kondisi tersebut menyebabkan tingginya volume sampah yang tidak terangkut dan menunjukkan bahwa kapasitas kendaraan belum sesuai dengan beban pelayanan pada rute tersebut.

Sementara itu, pada rute yang menggunakan kendaraan roda tiga, ketidaksesuaian kapasitas kendaraan lebih terlihat karena kemampuan angkut hanya sebesar 1,5 m³. Rute 3 dengan volume timbulan

9,413 m³/hari, Rute 7 sebesar 5,675 m³/hari, dan Rute 9 sebesar 5,711 m³/hari menunjukkan bahwa satu unit kendaraan roda tiga belum mampu memenuhi kebutuhan pelayanan. Oleh karena itu, diperlukan penyesuaian jumlah kendaraan atau kombinasi ritasi agar kapasitas pelayanan sesuai dengan volume sampah yang dihasilkan.

Berdasarkan kondisi tersebut, efektivitas pelayanan persampahan tidak hanya ditentukan oleh jumlah armada yang tersedia, tetapi juga oleh kesesuaian antara jenis kendaraan, kapasitas angkut, karakteristik rute, dan volume timbulan sampah. Ketidaksesuaian salah satu komponen tersebut dapat menyebabkan rendahnya cakupan pelayanan dan meningkatnya jumlah sampah yang tidak terangkut.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa strategi penyesuaian pengangkutan perlu dilakukan melalui pendekatan berbasis rute, yaitu memberikan jumlah ritasi dan jenis kendaraan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan masing-masing wilayah pelayanan. Dengan pendekatan tersebut, sistem pengangkutan dapat berjalan lebih efisien karena kapasitas kendaraan yang digunakan sesuai dengan beban sampah yang harus dilayani.

Perbandingan dengan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa hasil penelitian ini memiliki keterkaitan dengan kajian sebelumnya yang menempatkan rute dan kapasitas kendaraan sebagai faktor penting dalam meningkatkan efisiensi pengangkutan sampah. Pendekatan optimasi rute pada penelitian terdahulu umumnya diarahkan untuk memperoleh pola perjalanan yang lebih efisien berdasarkan jarak, kapasitas, dan kebutuhan pelayanan [8]. Kajian mengenai Capacitated Arc Routing Problem juga menunjukkan pentingnya mempertimbangkan keterbatasan kapasitas kendaraan dan fasilitas dalam menentukan pola pengangkutan [9]. Selain itu, pengelolaan armada dan penyesuaian karakteristik kendaraan menjadi bagian penting dalam meningkatkan efisiensi sistem pengumpulan sampah [10].

Hasil penelitian ini memperkuat temuan tersebut dalam konteks operasional Kota Majene, tetapi pendekatan yang digunakan berfokus pada evaluasi sistem yang telah berjalan berdasarkan kondisi aktual setiap rute. Hasil menunjukkan bahwa ketidaksesuaian antara volume timbulan, kapasitas kendaraan, dan jumlah ritasi dapat menyebabkan perbedaan kemampuan pelayanan antar-rute. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini terletak pada evaluasi terpadu antara rute, kapasitas kendaraan, volume timbulan, dan ritasi sebagai dasar penyusunan rekomendasi teknis pada sistem pengangkutan sampah eksisting.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kinerja pengangkutan sampah di Kota Majene berdasarkan rute, kapasitas kendaraan, volume timbulan, dan ritasi, kondisi eksisting masih memiliki keterbatasan dalam memenuhi kebutuhan pelayanan. Dari total timbulan sampah sebesar 95,597 m³/hari, volume yang terangkut hanya 40,500 m³/hari, sehingga terdapat 55,097 m³/hari sampah yang belum terangkut dengan tingkat pelayanan sebesar 42,37%. Kondisi tersebut menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara volume timbulan, kapasitas kendaraan, jumlah armada, dan ritasi pada beberapa rute.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kebutuhan pelayanan berbeda pada setiap rute. Rute dengan volume timbulan tinggi memerlukan penambahan ritasi, sedangkan rute yang menggunakan kendaraan roda tiga memerlukan penyesuaian jumlah armada karena kapasitas angkut yang lebih rendah. Berdasarkan skenario pengangkutan ideal melalui penyesuaian jumlah armada dan ritasi sesuai karakteristik masing-masing rute, volume sampah terangkut meningkat menjadi 86,074 m³/hari, sedangkan volume tidak terangkut menurun menjadi 9,523 m³/hari, dengan tingkat pelayanan mencapai 90,04%. Bagi pengelola persampahan, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar penyesuaian jumlah armada dan ritasi berdasarkan volume

timbulan, kapasitas kendaraan, dan karakteristik masing-masing rute untuk meningkatkan pelayanan pengangkutan sampah. Skenario yang dihasilkan merupakan skenario teknis operasional dan bukan optimasi rute secara matematis.

Penelitian ini terbatas pada sembilan rute di Kecamatan Banggae dan Banggae Timur serta belum mempertimbangkan variasi musiman timbulan, waktu tempuh akibat lalu lintas, biaya operasional, konsumsi bahan bakar, dan optimasi rute menggunakan metode *Vehicle Routing Problem* (VRP). Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan analisis dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut.

5. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pemerintah daerah melalui instansi pengelola persampahan disarankan untuk melakukan penyesuaian sistem pengangkutan sampah dengan menyesuaikan kapasitas kendaraan, jumlah ritasi, dan pola pelayanan berdasarkan karakteristik setiap rute pengangkutan. Evaluasi rute dan kondisi armada perlu dilakukan secara berkala agar kemampuan pengangkutan sesuai dengan volume timbulan sampah yang dihasilkan. Selain itu, penerapan sistem monitoring operasional seperti pencatatan ritasi, volume sampah terangkut, dan kondisi kendaraan diperlukan sebagai dasar peningkatan efektivitas dan efisiensi pelayanan persampahan di Kota Majene.

6. Daftar Pustaka

[1] Samsuri and L. H. Maulana, "Model pengelolaan sampah perkotaan (survey pada pengelolaan persampahan Kota Bogor)," *Jurnal Visionida*, vol. 5, no. 2, pp. 54–61, 2019.

[2] M. W. Maulidia and R. K. Haryo, "Analisis timbulan dan komposisi sampah permukiman sebagai upaya minimalisasi timbulan sampah menuju zero waste di RW 5 Jambangan Surabaya," *Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 6, no. 2, pp. 273–281, 2024.

[3] S. P. Pratama and M. R. Sururi, "Evaluasi teknik operasional pengumpulan dan pengangkutan sampah dalam sistem pengelolaan sampah di Kabupaten Subang (Studi Kasus: Kecamatan Subang)," *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, vol. 15, no. 2, pp. 186–193, 2023.

[4] T. Agustin et al., *Sistem Transportasi*. Padang: CV Hei Publishing Indonesia, 2024.

[5] M. E. Suciutami et al., "Evaluasi aspek teknis operasional pengelolaan persampahan di Kecamatan Putussibau Utara Kabupaten Kapuas Hulu," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 20, no. 3, pp. 588–596, 2022.

[6] C. Hess, A. G. Dragomir, K. F. Doerner, and D. Vigo, "Waste collection routing: A survey on problems and methods," *Central European Journal of Operations Research*, vol. 32, no. 2, pp. 399–434, 2024.

[7] A. B. P. Santos Neto, C. L. Simões, and R. Simoes, "Optimization of municipal solid waste collection system: Systematic review with bibliometric literature analysis," *Journal of Material Cycles and Waste Management*, vol. 26, pp. 1906–1917, 2024.

[8] Y.-C. Liang, V. Minanda, and A. Gunawan, "Waste collection routing problem: A mini-review of recent heuristic approaches and applications," *Waste Management & Research*, vol. 40, no. 5, pp. 519–537, 2022.

[9] C. Wei, S. Wøhlk, and A. Che, "A multi-level capacitated arc routing problem with intermediate facilities in waste collection," *Computers & Operations Research*, vol. 167, Art. no. 106671, 2024.

[10] G. Thakur, A. Pal, N. Mittal, M. S. Ab Yajid, and F. Gared, "A significant exploration on meta-heuristic based approaches for optimization in the waste management route problems," *Scientific Reports*, vol. 14, Art. no. 14853, 2024.

[11] D. Peña Morales, B. Dorronsoro, and P. Ruiz, "Sustainable waste collection optimization using electric vehicles," *Sustainable Cities and Society*, vol. 105,

Art. no. 105343, 2024.

[12] Z. Wang, J. Huo, and J. S. L. Lam, "The vehicle routing programming of municipal solid waste collection under cognitive uncertainty," *Transportation Journal*, vol. 64, no. 1, Art. no. e12025, 2025.

[13] B. González, D. Rossit, M. Frutos, and M. Méndez, "Modeling and solving an integrated periodic vehicle routing and capacitated facility location problem in the context of solid waste collection," *Annals of Operations Research, vol. 350*, pp. 979–1015, 2025.

[14] M. Rasyid Ridha, C. Abdi, and R. P. Mahyudin, "Studi optimasi rute pengangkutan sampah Kota Marabahan dengan Sistem Informasi Geografis," *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, vol. 2, no. 2, pp. 38–51, 2016.

[15] I. F. Abbas and B. Rahardyan, "Optimalisasi rute pengangkutan sampah di Kota Makassar menggunakan metode Traveling Salesman Problem," *Jurnal Bhuwana*, vol. 5, no. 1, pp. 41–51, 2025.