

OPTIMASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH BERBASIS SIG UNTUK TRANSPORTASI RAMAH LINGKUNGAN

OPTIMIZATION OF GIS BASED WASTE COLLECTION ROUTES FOR SUSTAINABLE ENVIRONMENTALLY TRANSPORTATION

Rahmat Abbas¹, Cut Ayu Lizar^{2*}, Maysa Fitri³

¹ Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Pascasarjana Universitas Almuslim

^{2,3} Ilmu Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Almuslim

(email penulis korespondensi: cutayulizar21@gmail.com)

ABSTRAK

Latar Belakang: Pengangkutan sampah merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pengelolaan persampahan perkotaan yang berpengaruh terhadap efisiensi operasional dan dampak lingkungan. penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi rute pengangkutan sampah di Kota Lhokseumawe dengan memanfaatkan SIG sebagai alat bantu analisis

Metode: Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute pengangkutan sampah di Kota Lhokseumawe menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Data yang digunakan meliputi jaringan jalan, 18 Tempat Penampungan Sementara (TPS), dan lokasi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Alue Lim. Analisis rute terpendek dilakukan dengan metode network analysis berdasarkan bobot jarak dan waktu tempuh.

Hasil: analisis menunjukkan bahwa jarak tempuh rute pengangkutan sampah berkisar antara 2,1 km hingga 19,6 km dengan waktu perjalanan 4–39 menit, yang berdampak pada perbedaan konsumsi bahan bakar antar TPS.

Kesimpulan: Penerapan rute optimal berbasis SIG berpotensi meningkatkan efisiensi pengangkutan sampah, menekan konsumsi bahan bakar, serta mendukung sistem transportasi sampah yang lebih hemat dan ramah lingkungan di Kota Lhokseumawe.

Kata Kunci: Sampah, gis, analisis jaringan, optimasi

ABSTRACT

Background: Waste transportation is a crucial component of urban solid waste management that affects operational efficiency and environmental impacts. This study aims to analyze the efficiency of waste transportation routes in Lhokseumawe City by utilizing GIS as an analysis tool.

Methods: This study aims to optimize waste collection routes in Lhokseumawe City using a Geographic Information System (GIS) approach. The data used include the road network, 18 Temporary Waste Collection Sites (TPS), and the location of the Alue Lim Final Disposal Site (TPA). Shortest-route analysis was conducted using network analysis based on distance and travel time weights.

Results: indicate that waste collection route distances range from 2.1 km to 19.6 km, with travel times between 4 and 39 minutes, leading to variations in fuel consumption among TPS.

Conclusion: The implementation of GIS-based optimal routes has the potential to improve waste transportation efficiency, reduce fuel consumption, and support more cost-effective and environmentally friendly waste transportation systems in Lhokseumawe City.

Keywords: Waste, gis, network analysis, optimization

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi di kawasan perkotaan membawa konsekuensi berupa meningkatnya volume timbulan sampah setiap harinya¹. Di Kota Lhokseumawe, yang merupakan salah satu kota penting di Provinsi Aceh, persoalan pengelolaan sampah menjadi tantangan yang semakin kompleks. Data dari Dinas Lingkungan Hidup setempat menunjukkan bahwa produksi sampah rumah tangga, komersial, dan industri terus mengalami kenaikan, sementara sarana prasarana dan sistem pengangkutan yang tersedia belum sepenuhnya mampu mengimbangi laju tersebut. Penanganan timbulan sampah di Kota Lhokseumawe masih perlu adanya pembenahan, penentuan lokasi dan sebaran TPS masih belum memiliki arahan dan strategi yang jelas, kondisi terbatasnya lahan untuk TPS dan proses pengangkutan yang telah dilakukan dan disediakan pemerintah menyebabkan masalah yang serius diantaranya sampah berceceran serta munculnya timbulan sampah yang menjadi lokasi pembuangan sampah ilegal, sehingga menimbulkan banyaknya vector lalat yang menyebabkan permasalahan kesehatan dan menurunkan estetika lingkungan².

Salah satu komponen penting dalam sistem pengelolaan sampah adalah tahap pengangkutan, yaitu proses memindahkan sampah dari Tempat Penampungan Sementara (TPS) menuju Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA)³. Tahap ini menyerap biaya operasional terbesar, terutama dari penggunaan bahan bakar, waktu kerja, dan pemeliharaan armada kendaraan⁴. Namun demikian, pengangkutan sampah di Kota Lhokseumawe saat ini masih dilakukan dengan pola rute yang cenderung konvensional, tidak berbasis perhitungan efisiensi jarak dan waktu, sehingga menyebabkan boros energi, biaya, dan berpotensi meningkatkan emisi gas rumah kaca akibat konsumsi bahan bakar yang tinggi⁵.

Secara geografis Kota Lhokseumawe merupakan dataran rendah dengan ketinggian rata-rata ± 24 meter di atas permukaan laut dan berada pada posisi $04^{\circ} 54' - 05^{\circ} 18'$ Lintang Utara dan $96^{\circ} 20' - 97^{\circ} 21'$ Bujur Timur, dengan batas-batas sebelah utara dengan selat Malaka, sebelah barat dengan kecamatan dewantara aceh

utara, sebelah selatan dengan kecamatan kuta makmur aceh utara dan sebelah timur dengan kecamatan syamtalira bayu⁶. Kota Lhokseumawe memiliki luas wilayah 181,1 km², terdiri dari 4 Kecamatan, 62 Desa dan jumlah penduduk 196.067 jiwa. Luas wilayah yang cenderung kecil namun memiliki penduduk yang tinggi menjadikan Kota Lhokseumawe padat penduduk yaitu sebesar 1.082,6 jiwa/km²⁷. Kota Lhokseumawe memiliki satu lokasi TPA yang berada di kecamatan Blangmangat. Kota Lhokseumawe juga telah dinyatakan sebagai kawasan ekonomi khusus oleh Pemerintah Pusat, berbagai aktivitas ekonomi, tempat tinggal penduduk dan pusat administrasi pemerintahan dilakukan di wilayah tersebut yang mengakibatkan produksi sampah semakin meningkat⁸.

Dalam era pembangunan berkelanjutan, konsep green transportation menjadi salah satu pendekatan strategis dalam mendukung tata kelola kota yang ramah lingkungan⁹. Penerapan prinsip ini pada sistem pengangkutan sampah bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi, memperpendek jarak tempuh, menurunkan emisi karbon, dan memperbaiki kualitas udara kota. Salah satu teknologi yang terbukti efektif untuk mendukung perencanaan rute pengangkutan yang optimal adalah Sistem Informasi Geografis (SIG)¹⁰. SIG memungkinkan pengolahan dan analisis data spasial untuk merancang rute pengangkutan sampah yang paling efisien dengan mempertimbangkan jaringan jalan, sebaran TPS, kapasitas kendaraan, serta kondisi lalu lintas. Melalui penerapan SIG, rute yang ditempuh kendaraan pengangkut sampah dapat dioptimalkan sehingga lebih hemat bahan bakar, lebih cepat, dan lebih ramah lingkungan¹¹.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi rute pengangkutan sampah di Kota Lhokseumawe dengan memanfaatkan SIG sebagai alat bantu analisis, sehingga hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi rute optimal yang mendukung pengelolaan sampah yang hemat biaya, efektif waktu, dan selaras dengan prinsip pembangunan berkelanjutan.

METODE

Pendekatan penelitian menggunakan metode observasi deskriptif, dimana dilakukan survey untuk mengambil titik-titik koordinat lokasi Tempat Penampungan Sampah (TPS) dan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) menurut data dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Lhokseumawe yang diperoleh berdasarkan survey menggunakan alat Global Positioning System (GPS) di wilayah administrasi Kota Lhokseumawe. Setelah didapatkan titik koordinat lokasi TPS dan TPA.

Prosedur penelitian ini dimulai dengan studi pendahuluan yang mencakup kajian pustaka terkait pengelolaan sampah, efisiensi rute transportasi, dan penerapan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam konteks transportasi ramah lingkungan. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data yang terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan untuk mengidentifikasi lokasi Tempat Pembuangan Sementara (TPS), TPA, jalur kendaraan pengangkut sampah, serta kondisi jalan. Sementara itu, data sekunder mencakup peta administrasi, peta jaringan jalan, data armada pengangkut, serta data dari instansi terkait seperti Dinas Lingkungan Hidup Kota Lhokseumawe.

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah menggunakan perangkat lunak SIG yaitu ArcGIS. Pada tahap ini dilakukan proses pemetaan titik TPS dan jalur angkut, digitasi peta jalan, serta pengintegrasian atribut seperti panjang dan kondisi jalan. Analisis rute efisien dilakukan dengan menggunakan fitur Network Analyst pada SIG dan metode algoritma Dijkstra untuk menentukan jalur terpendek dan tercepat dari TPS menuju Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA), dengan mempertimbangkan aspek efisiensi bahan bakar dan waktu tempuh¹². Setelah itu, dilakukan evaluasi terhadap dampak lingkungan dari rute yang dihasilkan, termasuk estimasi penghematan bahan bakar dan pengurangan emisi karbon dibandingkan dengan rute eksisting. Hasil analisis ini kemudian diinterpretasikan dan dijadikan dasar untuk menyusun rekomendasi kebijakan yang aplikatif dan mendukung pengangkutan sampah yang hemat serta ramah lingkungan.

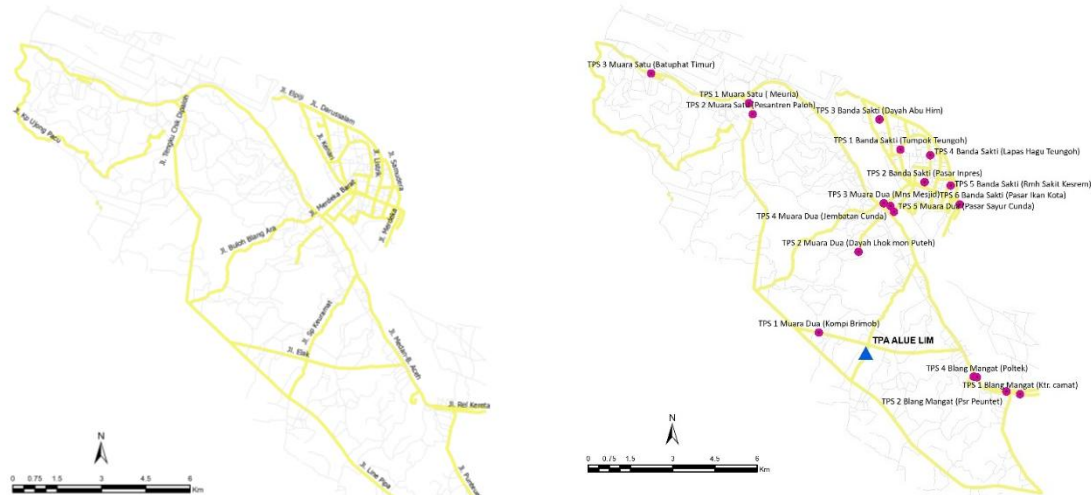
HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan Jalan

Jaringan jalan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan representasi jaringan transportasi utama di wilayah Kota Lhokseumawe yang berfungsi sebagai jalur pengangkutan sampah dari Tempat Penampungan Sementara (TPS) menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Alue Lim. Jaringan jalan tersebut mencakup jalan arteri, kolektor, dan jalan lokal yang secara langsung menghubungkan kawasan permukiman, pusat kegiatan, dan fasilitas pelayanan publik. Setiap ruas jalan dalam jaringan dikonversi menjadi data vektor berbentuk polyline dan dilengkapi dengan atribut panjang ruas (kilometer) serta estimasi waktu tempuh (menit). Atribut panjang jalan diperoleh melalui perhitungan geometrik berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), sedangkan waktu tempuh dihitung berdasarkan asumsi kecepatan rata-rata kendaraan pengangkut sampah yang disesuaikan dengan karakteristik jalan perkotaan.

Jaringan jalan kemudian dibangun sebagai network dataset untuk mendukung analisis rute terpendek (shortest path analysis). Dalam jaringan ini, setiap persimpangan jalan berfungsi sebagai node dan setiap ruas jalan sebagai edge yang memiliki bobot jarak dan waktu. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk mensimulasikan pergerakan kendaraan pengangkut sampah secara realistis sesuai dengan kondisi jaringan jalan yang ada.

Peta jaringan jalan menunjukkan bahwa wilayah pusat kota memiliki kepadatan jaringan yang relatif tinggi, sedangkan wilayah pinggiran memiliki jaringan yang lebih jarang dan jarak tempuh yang lebih panjang menuju TPA. Kondisi ini berpengaruh langsung terhadap efisiensi rute pengangkutan sampah, khususnya dalam hal jarak tempuh, waktu perjalanan, dan konsumsi bahan bakar



Gambar 1. Peta Jaringan Jalan Kota Lhokseumawe, Lokasi TPS dan TPA di Kota Lhokseumawe

Data jaringan jalan ini menjadi dasar utama dalam penentuan rute optimal dari masing-masing TPS menuju TPA, sehingga hasil analisis yang diperoleh dapat mencerminkan kondisi operasional pengangkutan sampah di Kota Lhokseumawe secara spasial dan fungsional.

Tempat Penampungan Sementara (TPS)

Data Tempat Penampungan Sementara (TPS) dalam penelitian ini merepresentasikan titik-titik pengumpulan sampah yang tersebar di wilayah administrasi Kota Lhokseumawe. TPS berfungsi sebagai lokasi awal pengangkutan sampah sebelum dibawa menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Alue Lim. Secara keseluruhan, terdapat 18 TPS aktif yang menjadi objek analisis, tersebar di beberapa kecamatan utama, yaitu Blang Mangat, Muara Dua, Banda Sakti, dan Muara Satu.

Setiap TPS dipetakan sebagai data vektor berbentuk point dengan koordinat geografis yang diperoleh melalui pengolahan data spasial dan verifikasi terhadap peta dasar wilayah. Penamaan TPS disesuaikan dengan lokasi administrasi dan landmark terdekat, seperti kantor kecamatan, pasar, rumah sakit, dayah, dan fasilitas publik lainnya, guna memudahkan identifikasi lokasi secara operasional.

Sebaran spasial TPS menunjukkan pola yang mengikuti konsentrasi aktivitas penduduk dan pusat kegiatan ekonomi. TPS di wilayah Banda Sakti dan Muara Dua cenderung berkelompok di area pusat kota dan kawasan perdagangan, sedangkan TPS di Blang Mangat dan Muara Satu tersebar lebih jarang dengan jarak yang relatif lebih jauh terhadap TPA. Perbedaan sebaran ini berdampak pada variasi jarak tempuh dan waktu perjalanan kendaraan pengangkut sampah.

Dalam analisis jaringan, setiap titik TPS dijadikan sebagai origin, sementara TPA Alue Lim ditetapkan sebagai destination. TPS kemudian dihubungkan dengan jaringan jalan untuk menghitung rute terpendek berdasarkan bobot jarak dan waktu tempuh. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi efisiensi pengangkutan sampah dari masing-masing TPS secara terukur dan spasial.

Data TPS yang telah terintegrasi dengan jaringan jalan menjadi dasar dalam perhitungan jarak tempuh, waktu perjalanan, serta estimasi konsumsi bahan bakar kendaraan pengangkut sampah. Dengan demikian, analisis yang dilakukan tidak hanya menggambarkan kondisi spasial sebaran TPS, tetapi juga implikasinya terhadap efisiensi operasional dan aspek lingkungan dari sistem pengangkutan sampah di Kota Lhokseumawe.

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang digunakan dalam penelitian ini adalah TPA Alue Lim, yang berfungsi sebagai lokasi tujuan akhir pengangkutan sampah dari seluruh TPS di Kota Lhokseumawe. TPA ini berperan penting dalam sistem pengelolaan persampahan kota karena menjadi pusat penampungan dan pengolahan sampah sebelum dilakukan proses akhir. Secara spasial, TPA Alue Lim terletak di wilayah pinggiran kota dengan akses utama melalui jaringan jalan kolektor dan lokal. Lokasi TPA dipetakan sebagai data vektor berbentuk point dan dijadikan sebagai

destination dalam analisis jaringan. Posisi TPA yang relatif jauh dari beberapa TPS, khususnya yang berada di wilayah Banda Sakti dan Muara Satu, menyebabkan variasi jarak tempuh dan waktu perjalanan kendaraan pengangkut sampah. Integrasi data TPA dengan jaringan jalan memungkinkan sistem untuk mensimulasikan rute pengangkutan sampah secara realistis dari setiap TPS menuju TPA. Dalam analisis ini, TPA Alue Lim berfungsi sebagai simpul akhir (sink node) dalam network dataset, sehingga seluruh perhitungan rute terpendek difokuskan pada efisiensi perjalanan menuju lokasi tersebut.

Tabel 1. Kondisi Eksisting Operasional Angkutan Sampah Kota Lhokseumawe

| No | TPS | Jarak Ke TPA (Km) | Waktu Tempuh (Menit) | Bahan Bakar Minyak (Liter) |
|----|--|-------------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | TPS 1 Blang Mangat (Ktr. camat) | 11 | 22 | 5.83 |
| 2 | TPS 2 Blang Mangat (Psr Peuntet) | 12 | 24 | 6.36 |
| 3 | TPS 3 Blang Mangat (Poltek) | 10 | 20 | 5.3 |
| 4 | TPS 4 Blang Mangat (Rmh. Sakit Umum) | 12 | 24 | 6.36 |
| 5 | TPS 1 Muara Dua (Kompi Brimob) | 5 | 10 | 2.65 |
| 6 | TPS 2 Muara Dua (Dayah Lhok mon Puteh) | 10 | 20 | 5.3 |
| 7 | TPS 3 Muara Dua (Mns Mesjid) | 10 | 20 | 5.3 |
| 8 | TPS 4 Muara Dua (Jembatan Cunda) | 18 | 36 | 9.54 |
| 9 | TPS 5 Muara Dua (Pasar Sayur Cunda) | 18 | 36 | 9.54 |
| 10 | TPS 6 Banda Sakti (Pasar Ikan Kota) | 22 | 44 | 11.66 |
| 11 | TPS 5 Banda Sakti (Rmh Sakit Kesrem) | 22 | 44 | 11.66 |
| 12 | TPS 2 Banda Sakti (Pasar Inpres) | 22 | 44 | 11.66 |
| 13 | TPS 4 Banda Sakti (Lapas Hagu Teungoh) | 22 | 44 | 11.66 |
| 14 | TPS 3 Banda Sakti (Dayah Abu Him) | 28 | 56 | 14.84 |
| 15 | TPS 1 Banda Sakti (Tumpok Teungoh) | 28 | 56 | 14.84 |
| 16 | TPS 1 Muara Satu (Meuria) | 13 | 26 | 6.89 |
| 17 | TPS 2 Muara Satu (Pesantren Paloh) | 13 | 26 | 6.89 |
| 18 | TPS 3 Muara Satu (Batuphat Timur) | 22 | 44 | 11.66 |

Sumber: DLHK

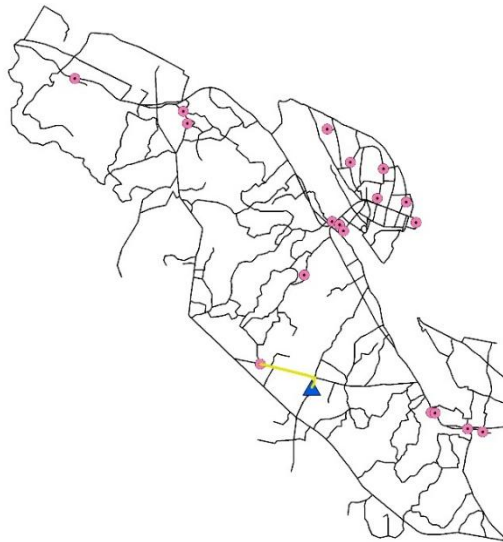
Kondisi aksesibilitas menuju TPA Alue Lim berpengaruh langsung terhadap efisiensi sistem pengangkutan sampah, terutama dalam hal konsumsi bahan bakar dan durasi perjalanan. Oleh karena itu, penentuan rute optimal dari masing-masing TPS menuju TPA menjadi langkah strategis dalam upaya menekan biaya operasional serta mengurangi emisi kendaraan pengangkut sampah.

Analisis Rute Terpendek (Network Analysis)

Analisis rute terpendek dalam penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan Network Analysis berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode ini digunakan untuk menentukan rute paling efisien dari setiap Tempat Penampungan Sementara (TPS) menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Alue Lim

berdasarkan bobot jarak dan waktu tempuh. Jaringan jalan yang telah dibangun sebagai network dataset digunakan sebagai dasar analisis, di mana setiap ruas jalan memiliki atribut panjang ruas (kilometer) dan estimasi waktu tempuh (menit). Setiap TPS ditetapkan

sebagai titik asal (origin), sedangkan TPA Alue Lim berfungsi sebagai titik tujuan (destination). Sistem kemudian menghitung rute terpendek dengan meminimalkan nilai total jarak dan waktu perjalanan.



Gambar 2. Rute Terpendek TPS 1 Muara Dua ke TPA Alue Lim

Tabel 1. Hasil analisis rute terpendek

| No | TPS | Jarak Ke TPA (Km) | Waktu Tempuh (Menit) | Bahan Bakar Minyak (Liter) |
|-----|--|-------------------|----------------------|----------------------------|
| 1. | TPS 1 Blang Mangat (Ktr. camat) | 6.7 | 13 | 3.55 |
| 2. | TPS 2 Blang Mangat (Psr Peuntet) | 6.1 | 12 | 3.23 |
| 3. | TPS 3 Blang Mangat (Poltek) | 4.9 | 10 | 2.60 |
| 4. | TPS 4 Blang Mangat (Rmh. Sakit Umum) | 4.7 | 9 | 2.49 |
| 5. | TPS 1 Muara Dua (Kompri Brimob) | 2.1 | 4 | 1.11 |
| 6. | TPS 2 Muara Dua (Dayah Lhok mon Puteh) | 6.0 | 12 | 3.18 |
| 7. | TPS 3 Muara Dua (Mns Mesjid) | 8.3 | 17 | 4.40 |
| 8. | TPS 4 Muara Dua (Jembatan Cunda) | 8.4 | 17 | 4.45 |
| 9. | TPS 5 Muara Dua (Pasar Sayur Cunda) | 8.6 | 17 | 4.56 |
| 10. | TPS 6 Banda Sakti (Pasar Ikan Kota) | 11.3 | 23 | 5.99 |
| 11. | TPS 5 Banda Sakti (Rmh Sakit Kesrem) | 11.7 | 23 | 6.20 |
| 12. | TPS 2 Banda Sakti (Pasar Inpres) | 11.9 | 24 | 6.31 |
| 13. | TPS 4 Banda Sakti (Lapas Hagu Teungoh) | 19.6 | 39 | 10.39 |
| 14. | TPS 3 Banda Sakti (Dayah Abu Him) | 19.1 | 38 | 10.12 |
| 15. | TPS 1 Banda Sakti (Tumpok Teungoh) | 17.8 | 36 | 9.43 |
| 16. | TPS 1 Muara Satu (Meuria) | 12.7 | 25 | 6.73 |
| 17. | TPS 2 Muara Satu (Pesantren Paloh) | 12.4 | 25 | 6.57 |
| 18. | TPS 3 Muara Satu (Batuphat Timur) | 15.8 | 32 | 8.37 |

Sumber: Pengolahan data,

Hasil analisis rute terpendek menunjukkan adanya variasi jarak, waktu tempuh, dan konsumsi BBM yang cukup signifikan antar TPS. Jarak tempuh terpendek menuju TPA Alue Lim tercatat pada TPS 1 Muara Dua (Kompi Brimob) dengan jarak 2,1 km dan waktu tempuh sekitar 4 menit. Kondisi ini menunjukkan bahwa TPS yang berada relatif dekat dengan TPA memiliki tingkat efisiensi pengangkutan yang tinggi. Sebaliknya, TPS yang berada di wilayah Banda Sakti memiliki jarak tempuh yang paling panjang. TPS 4 Banda Sakti (Lapas Hagu Teungoh) dan TPS 3 Banda Sakti (Dayah Abu Him) mencatat jarak masing-masing 19,6 km dan 19,1 km dengan waktu tempuh mencapai 38–39 menit. Jarak yang relatif jauh ini berdampak langsung terhadap tingginya konsumsi BBM, yang masing-masing mencapai lebih dari 10 liter per perjalanan. Secara umum, TPS di wilayah Blang Mangat menunjukkan jarak tempuh yang relatif sedang, berkisar antara 4,7 km hingga 6,7 km dengan waktu tempuh 9–13 menit. Sementara itu, TPS di Muara Satu dan Muara Dua memiliki variasi jarak yang cukup lebar, bergantung pada kedekatan lokasi terhadap TPA dan kepadatan jaringan jalan yang dilalui. Estimasi konsumsi BBM memperlihatkan pola yang sejalan dengan jarak tempuh dan waktu perjalanan. TPS dengan jarak terpendek membutuhkan konsumsi BBM di bawah 2 liter, sedangkan TPS dengan jarak terjauh membutuhkan lebih dari 9 liter per perjalanan. Temuan ini menegaskan bahwa efisiensi rute pengangkutan sampah sangat dipengaruhi oleh faktor spasial, khususnya lokasi TPS terhadap TPA dan struktur jaringan jalan.

Implikasi terhadap Transportasi Ramah Lingkungan

Hasil analisis rute terpendek menunjukkan bahwa optimasi rute pengangkutan sampah berbasis SIG berpotensi menurunkan jarak tempuh, waktu perjalanan, dan konsumsi bahan bakar kendaraan. Pengurangan konsumsi BBM secara langsung berkontribusi terhadap penurunan emisi gas buang, sehingga mendukung konsep transportasi sampah yang lebih ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan rute optimal yang dihasilkan dari analisis

jaringan, pemerintah daerah dapat meningkatkan efisiensi operasional pengangkutan sampah, mengurangi biaya bahan bakar, serta meminimalkan dampak lingkungan dari aktivitas transportasi sampah di Kota Lhokseumawe.

KESIMPULAN DAN SARAN

Optimasi rute pengangkutan sampah berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) terbukti meningkatkan efisiensi operasional di Kota Lhokseumawe. Jarak tempuh, waktu perjalanan, dan konsumsi BBM menurun signifikan dibandingkan kondisi eksisting. Pada beberapa TPS, jarak yang semula 10–12 km berkurang menjadi 4,7–6,7 km, sedangkan waktu tempuh turun dari 20–24 menit menjadi 9–13 menit. Konsumsi BBM juga menurun hingga 40–50%. Sebaliknya, rute eksisting masih kurang optimal sehingga menyebabkan jarak lebih panjang, waktu operasional lebih lama, dan biaya lebih tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi pengangkutan dipengaruhi oleh lokasi TPS, jaringan jalan, dan jarak menuju TPA. Oleh karena itu, pemerintah daerah disarankan menerapkan analisis rute terpendek berbasis SIG untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya operasional, dan mendukung pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abbas, R., Cut Ayu Lizar, & Satriawan, H. (2025). Analysis of Temporary Shelters (TPS) Using Geographic Information Systems for Sustainable Waste Management in Lhokseumawe City. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 7(1), 54–62. <https://doi.org/10.35970/jppl.v7i1.2593>
2. Amaliyah, R. (2020). Identifikasi Dan Pemetaan Lahan Kritis Dengan Menggunakan Teknologi Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Das Jenerakikang Sub Das Jeneberang Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan). *Jurnal Environmental Science*, 2(2), 170. <https://doi.org/10.35580/jes.v2i2.13377>

3. Angrianto, N. L., Manusawai, J., & Sinery, A. S. (2021). Analisis Kualitas Air Lindi dan Permukaan pada areal TPA Sowi Gunung dan Sekitarnya di Kabupaten Manokwari Papua Barat. *Cassowary*, 4(2), 221–233. <https://doi.org/10.30862/cassowary.cs.v4.i2.79>
4. Azizah, C., Pawitan, H., Dasanto, B. D., Ridwansyah, I., & Taufik, M. (2022). Risk assessment of flash flood potential in the humid tropics Indonesia: a case study in Tamiang River basin. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 13(1), 57. <https://doi.org/10.1504/IJHST.2022.119236>
5. Cheng, C., & Thompson, R. G. (2016). Application of boolean logic and GIS for determining suitable locations for Temporary Disaster Waste Management Sites. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 20, 78–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.10.011>
6. Haripavan, N., & Dey, S. (2023). Application of remote sensing and geographic information system in solid waste management for Gudivada Municipality, Andhra Pradesh, India. *Waste Management Bulletin*, 1(3), 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2023.08.006>
7. Lizar, C. A., Satriawan, H., & Azizah, C. (2024). Analisis Wilayah Kerentanan Bencana Banjir Berbasis Sistem Informasi Geografis di Kota Lhokseumawe. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 14(1), 53–67. <https://doi.org/10.29103/tj.v14i1.1004>
8. Nur, M., Satriawan, H., Ernawita, E., & Lizar, C. A. (2024). Assessing Soil Erosion in Bireuen District Aceh using USLE and GIS Models. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa Dan Pertanian*, 9(5), 514–522. <https://doi.org/10.37149/jimdp.v9i5.1496>
9. Ristiano, A., Putra, H. P., & Maziya, F. B. (2022). Pemetaan Lokasi Pembuangan Sampah Ilegal Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Kota Bogor. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 9(1), 7–15. <https://doi.org/10.21776/ub.jсал.2022.009.01.2>
10. Saraswati, Y., & Robby Irsan, dan. (2023). Pemetaan Sebaran Tempat Penampungan Sampah Sementara (TPS) di Kecamatan Sintang menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). 21, 238–244. <https://doi.org/10.14710/jil.21.2.238-244>
11. Singh, A. (2019). Remote sensing and GIS applications for municipal waste management. *Journal of Environmental Management*, 243, 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.017>
12. Siswandi, E., & Wahyudin, W. (2020). Pemetaan Tempat Penampungan Sampah (Tps) Ilegal Menggunakan Geographic Information System (Gis) Di Wilayah Kecamatan Mataram Kota Mataram (Mapping Illegal Solid Waste Disposal (TPS) Using Geographic Information System (GIS) In Mataram District Area, Mataram City). *Jurnal Sains Informasi Geografis*, 3(2), 65. <https://doi.org/10.31314/jsig.v3i2.352>