

Pengoptimalan Rute Pengangkutan Sampah di Desa Mlirip Mojokerto dengan Metode *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* (CVRPTW)

Poppy Marselina, Lusi Mei Cahya Wulandari*, dan David Andrian

Universitas Katolik Darma Cendika, Surabaya, Indonesia

*lusi.mei@ukdc.ac.id

OPEN ACCESS

Citation: Poppy Marselina, Lusi Mei Cahya Wulandari, dan David Andrian. 2024. Pengoptimalan Rute Pengangkutan Sampah di Desa Mlirip Mojokerto dengan Metode *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows* (CVRPTW). *Journal of Research and Technology* Vol. 10 No. 1 Juni 2024: Page 123–131.

Abstract

Mojokerto is a region in East Java with a population of 1,133,584 people in 2022. The population level affects the consumption rate, leading to waste management issues. Mlirip Village, one of the villages in Mojokerto, has seven hamlets with a population of 7,605 people and currently lacks a waste transportation system. This research aims to determine the waste transportation route with a planned TPS (Temporary Waste Storage) to be placed in one of the hamlets. The method used is the *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). The research began by identifying waste points and the number of residents in the 7 hamlets, with the TPS location in Clangap Hamlet. Two homogeneous vehicles with a capacity of 250 kg were used. The total route distance obtained from the CVRP method is as follows: Clangap Hamlet - 11.88 km, Kenongo Hamlet - 16.68 km, Kedung Gagak Hamlet - 11.96 km, Latsari Hamlet - 17.59 km, Kalijaring Hamlet - 17.51 km, Gedang Hamlet - 7.08 km, and Mlirip Hamlet - 13.61 km.

Keywords: Waste Transportation Routes, *Capacitated Vehicle Routing Problem*.

Abstrak

Mojokerto merupakan salah satu daerah yang ada di Jawa Timur dengan jumlah penduduk sebanyak 1,133,584 jiwa pada tahun 2022. Jumlah penduduk mempengaruhi tingkat konsumsi masyarakat di Mojokerto sehingga pada akhirnya akan menimbulkan permasalahan yang berkaitan dengan sampah. Desa Mlirip merupakan salah satu desa yang ada di Mojokerto memiliki 7 Dusun dengan jumlah penduduk mencapai 7.605 jiwa, saat ini belum memiliki sistem pengangkutan sampah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute pengangkutan sampah dengan TPS yang direncanakan diletakkan di salah satu dusun. Metode yang digunakan adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem Time Windows* (CVRPTW). Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi titik sampah dan jumlah penduduk yang ada di 7 dusun. Dalam setiap dusun terdapat 38 titik sampah dengan lokasi TPS yang berada di dusun Clangap dan

digunakan dua kendaraan homogen dengan kapasitas 250kg. Total jarak minimal yang didapatkan dari penyelesaian metode CVRPTW adalah Dusun Clangap sebesar 11,88 km, Dusun Kenongo 16,68 km, Dusun Kedung Gagak 11,96 km, Dusun Latsari 17,59 km, Dusun Kalijaring sebesar 17,51 km, Dusun Gedang 7,08 km, dan Dusun Mlirip sebesar 13,61 km.

Keywords: *Penentuan Rute Pengangkutan Sampah, Capacitated Vehicle Routing Problem.*

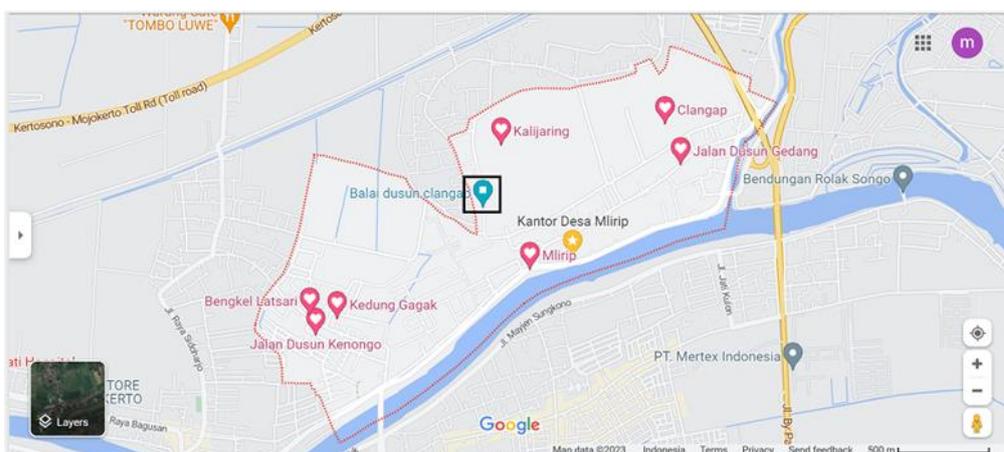
1. Pendahuluan

Sampah adalah sisa bahan yang didapatkan dari suatu kegiatan masyarakat. Dalam suatu aktivitas, manusia pasti menghasilkan sampah baik itu sampah organik maupun sampah anorganik. Seiring dengan berkembangnya suatu perdesaan/perkotaan, maka akan bertambah pula beban yang harus diterima oleh suatu perdesaan/perkotaan tersebut. Beban yang didapatkan salah satunya adalah penumpukan sampah oleh masyarakat disuatu perdesaan/perkotaan dari waktu ke waktu. Pada dasarnya tentu kota-kota besar memiliki peluang menyumbangkan sampah, hal tersebut tentu saja dapat memberikan berbagai dampak negatif yang mempengaruhi lingkungan sekitar apabila dalam penanganannya tidak dilakukan secara efektif diantaranya dapat mengakibatkan terjadinya perubahan keseimbangan lingkungan yang merugikan atau bahkan tidak diharapkan sehingga pada akhirnya dapat mencemari lingkungan baik terhadap tanah, air dan udara (Hardiatmi, 2011). Tidak hanya itu dampak negatif lainnya adalah timbulnya berbagai macam penyakit yang dapat menyerang siapa saja tanpa terkecuali (Naibaho et al., 2021). Dalam mengatasi hal tersebut, tentu saja sangat membutuhkan sistem pengolahan sampah yang baik dan benar supaya dapat menciptakan lingkungan yang sehat bebas dari pencemaran. Tentu saja pemerintah tidak dapat menjadikan sistem penanganan sampah sebagai beban bagi suatu daerah tersebut, karena penanganan sampah tersebut tentu saja akan membuat dampak baik bagi suatu daerah terlebih lagi bagi daerah yang memiliki lokasi pariwisata yang merupakan sumber penghasilan bagi daerah tersebut (Nadisa et al., 2009).

Menurut data yang didapatkan dari *website* Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur pada tahun 2022 memiliki total seluruh penduduk yang berada di Kabupaten Mojokerto mencapai 1.133.584 jiwa. Sedangkan Kabupaten Mojokerto sendiri menjadi salah satu wilayah di Provinsi Jawa Timur yang memiliki total timbulan sampah yang cukup banyak. Catatan data yang didapatkan dari *website* Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2022 menyebutkan bahwa total timbulan sampah di Kabupaten Mojokerto sebanyak 1.859.650 kg.

Desa Mlirip Mojokerto memiliki 7 Dusun diantaranya sebagai berikut Dusun Clangap, Dusun Kenongo, Dusun Kedung Gagak, Dusun Latsari, Dusun Kalijaring, Dusun Gedang, dan Dusun Mlirip. Permasalahan yang terjadi di Desa Mlirip Mojokerto saat ini adalah belum adanya sistem pengangkutan sampah sehingga warga masih membuang sampah secara mandiri ke tempat pembuangan sampah bahkan ada juga warga yang membuang sampah tidak pada tempatnya. Hal tersebut dapat menimbulkan gangguan mulai dari selokan air yang tergenang

air ketika hujan karena sampah yang menutup akses jalannya air tersebut. Tidak hanya itu dibebberapa lokasi yang seharusnya tidak ada sampah terlihat banyak sekali tumpukan sampah yang berserakan. Untuk saat ini di Desa Mlirip Mojokerto telah menyiapkan lahan untuk dijadikan sebagai tempat pengelolaan sampah sehingga sampah–sampah dari setiap warga disana dapat ditampung hingga dipilah sesuai dengan nilai ekonomisnya sebelum sampah yang sudah tidak terpakai diantar ke Tempat Pembuangan Sampah Akhir (TPS). Diharapkan sistem pengolahan sampah yang akan dijalankan dapat mengatasi permasalahan yang ada di Desa Mlirip Mojokerto. Tempat pengolahan sampah Desa Mlirip sendiri terletak di Dusun Clangap RT 05, RW 06, Kec Jetis, Mojokerto (di sebelah balai Dusun Clangap).



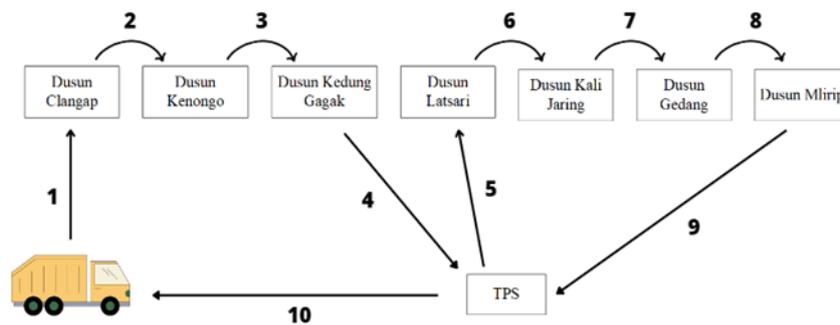
Gambar 1. Lokasi Desa Mlirip dan TPS

Penerapan rute pengangkutan sampah ini merupakan salah satu aplikasi yang paling sering diterapkan dalam *Vehicle Routing Problem* (VRP), dimana VRP dapat didefinisikan sebagai masalah dalam menemukan suatu rute pengangkutan yang optimal dari satu maupun beberapa TPS ke sejumlah titik sampah (Zirour, 2008). Metode VRP sendiri telah banyak digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang terhubung dengan optimasi rute suatu kegiatan, salah satunya penyelesaian VRP pada angkutan sampah di Samarinda. Hasil akhir yang didapatkan adalah terjadi penghematan sebesar 123,74 km/perjalanan dari rute, dapat menghemat waktu tempuh selama 4,26 jam/perjalanan, serta dapat menghemat kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) sebanyak 24,75 Liter/perjalanan (Ferdiani et al., 2022).

Selanjutnya berkembang *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) merupakan permasalahan optimasi yang secara umum dapat digambarkan seperti contoh dimana titik sampah akan dilayani oleh satu TPS dengan kendaraan yang disediakan, lokasi jarak antara TPS dan titik sampah sendiri dapat diketahui melalui data-data yang telah terkumpul. Tujuan dari model untuk menentukan jadwal rute yang memungkinkan dimana hasil akhir dapat meminimalkan jarak atau total biaya dengan kendala-kendala seperti berikut ini (Chen et al., 2006): Setiap titik sampah dilayani tepat sekali dengan satu kendaraan, setiap kendaraan memulai dan mengakhiri rutenya di TPS awal, total panjang setiap rute tidak boleh melebihi batasan serta total muatan rute apa pun tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan.

Selain VRP terdapat penelitian yang membahas terkait *Capacitated Vehicle Routing Problem Time Windows (CVRPTW)* dimana dalam penelitiannya membahas pembentukan model CVRPTW untuk permasalahan pengangkutan sampah dari setiap titik sampah menuju ke tempat pembuangan akhir menggunakan metode pendekatan algoritma sweep. Hasil akhir yang didapatkan adalah total jarak pada rute 1 sebesar $\pm 2,8$ km, rute 2 sebesar $\pm 3,1$ km, rute 3 sebesar $\pm 1,1$ km, rute sebesar $\pm 1,42$ km dengan menggunakan 8 unit alat angkut (Taptajani, 2021).

2. Metode Penelitian



Gambar 2. Sistem Pengangkutan Sampah

Penelitian diawali dengan studi lapangan tentang sistem pengangkutan sampah yang akan digunakan. Selanjutnya menentukan model matematis yang sesuai dengan real sistem. Pengumpulan data meliputi data titik lokasi sampah dan jumlah sampah yang diangkut. Pengolahan data meliputi perhitungan matriks jarak dari titik sampah ke Tempat Pembuangan Sementara (TPS) dan penentuan rute kendaraan yang akan dilalui hingga menuju TPS.

Model Matematis dari CVRPTW adalah sebagai berikut:

Indeks	Definisi
i, j, p	Indeks dalam menyatakan suatu titik_sampah
k	Indeks dalam menyatakan kendaraan
V	Set untuk menunjukkan suatu titik_sampah

Parameter	Definisi
C_{ij}	Jarak perjalanan dari <i>node i</i> ke <i>j</i>
D_i	Permintaan pada setiap <i>node</i>
Q_k	Kapasitas pada kendaraan <i>k</i>
A_i	Batas awal waktu pelayanan pada <i>node i</i>
B_i	Batas akhir waktu pelayanan pada <i>node i</i>
E_k	Kecepatan pada setiap kendaraan <i>k</i>
S_i	Lama pelayanan pada <i>node i</i>

Parameter	Definisi
x_{ijk}	$x_{ijk} = 1$: jika ada perjalanan dari <i>i</i> ke <i>j</i> ; $x_{ijk} = 0$: lainnya

Parameter	Definisi
y_k	$y_k = 1$: jika kendaraan k digunakan untuk pelayanan; $y_k = 0$: lainnya
M_{ik}	Waktu <i>node</i> i akan mulai dilayani kendaraan k

Fungsi Tujuan meminimumkan jarak tempuh setiap dusun dengan 38 titik sampah i ke j ke TPS menggunakan dua kendaraan yang homogen.

$$\min = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^{38} \sum_{j=1}^{38} C_{ij} X_{ijk} \quad (1)$$

Batasan-batasan:

1. Setiap kendaraan yang meninggalkan TPS awal maka akan digunakan untuk melakukan pengangkutan.

$$\sum_{j=2}^{38} X_{ijk} = Y_k ; \forall k \in 1, \dots, 2 \quad (2)$$

2. Setiap titik sampah hanya akan dikunjungi tepat satu kali.

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{38} X_{ijk} = 1 ; \forall j = 2, 3, \dots, 38 \quad (3)$$

3. Kendaraan yang telah mengunjungi satu titik_sampah maka harus meninggalkan titik sampah tersebut.

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq p}}^{38} X_{ipk} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^{38} X_{pjk} = 0 ; \quad (4)$$

$$\forall p = 1, 2, \dots, 38 ; \forall k = 1, \dots, 2$$

4. Total dari muatan disemua titik dalam satu rute tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan.

$$\sum_{i=1}^{38} D_i \sum_{j=1}^{38} X_{ijk} \leq 250 \quad (5)$$

$$\forall k = 1, \dots, 2, \forall ij = 1, 2, \dots, 38$$

5. Setiap kendaraan yang digunakan harus kembali ke TPS.

$$\sum_{i=1}^{38} X_{i1k} = 1 ; \forall k = 1, \dots, 2 \quad (6)$$

6. Tidak ada perjalanan oleh kendaraan yang digunakan dari titik sampah yang sama.

$$X_{iik} = 0 ; \forall i = 1, 2, \dots, 38, \quad (7)$$

$$\forall k = 1, \dots, 2$$

7. Waktu mulai pelayanan pada titik sampah i .

$$M_{ik} + S_i - bigM (1 - X_{ijk}) \leq M_{jk}; \quad (8)$$

$$\forall i, j = 1, 2, \dots, 38, \forall k = 1, \dots, 2$$

8. Batas awal waktu pelayanan pada titik sampah i .

$$M_{ik} \geq A_i ; \forall i = 1, 2, \dots, 38, \forall k = 1, \dots, 2 \quad (9)$$

9. Batas akhir waktu pelayanan pada titik sampah j .

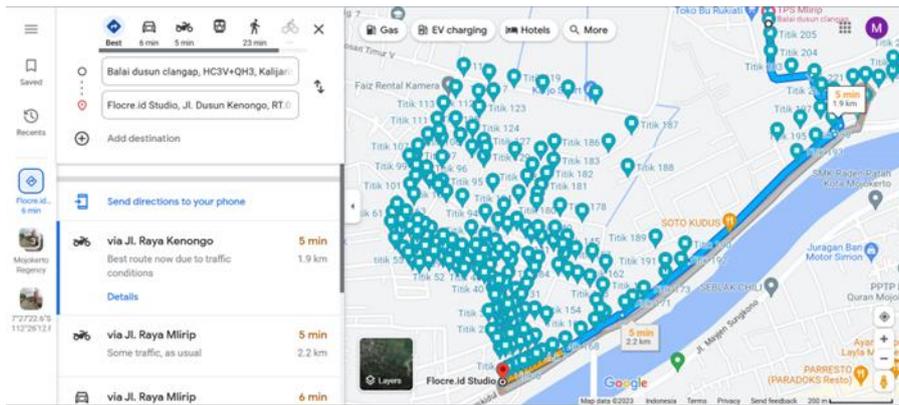
$$M_{ik} + S_i \leq B_i ; \forall i = 1, 2, \dots, 38, \forall k = 1, \dots, 2 \quad (10)$$

10. Kendala biner.

$$X_{ijk} \in \{0, 1\} ; \forall i, j = 1, 2, \dots, 38, \forall k = 1, \dots, 2 \quad (11)$$

$$Y_k \in \{0, 1\} ; \forall k = 1, \dots, 2$$

3. Hasil dan Pembahasan



Gambar 4. Titik Lokasi Sampah

3.1 Waktu Pelayanan

Dalam waktu pelayanan pastinya harus diperhitungkan dalam penentuan dan penjadwalan rute proses pengangkutan sampah dengan batasan time windows. Waktu pelayanan pada proses pengangkutan sampah akan disamakan yaitu 1 menit satu rumah. Seperti contoh pada titik sampah 1 yang mencakup 4 rumah akan memiliki waktu pelayanan sebanyak 4 menit (4 x 1). Waktu pelayanan saat pengangkutan sampah digunakan untuk proses pengangkutan sampah dari tempat sampah menuju ke kendaraan angkut. Setelah melalui proses tersebut kendaraan angkut akan melanjutkan perjalanan ke titik sampah berikutnya.

3.2 Time Windows

Proses pengangkutan sampah tentu saja tidak hanya memikirkan adanya batasan kendaraan yang dimiliki saja, akan tetapi ada juga *time windows* (keterbatasan waktu). Keterbatasan waktu yang dimaksud adalah keterbatasan waktu buka sampai waktu tutup pada pelayanan pengangkutan sampah. Proses pengangkutan sampah sendiri harus berada dalam kurun waktu tersebut. Waktu awal mulai dilakukannya pelayanan adalah 07.00 WIB sedangkan untuk waktu akhir pelayanan adalah 12.00 WIB.

Dalam penelitian ini, *time windows* yang telah ditentukan tersebut akan dikonfersikan kedalam menit sehingga dapat memudahkan dalam proses pengolahan data nantinya. dalam perhitungan jika waktu awal pelayanan akan dimulai pukul 07.00 wib maka dalam sistem pengolahan data nantinya akan dikonfersikan menjadi menit dengan nilai 420 menit (7x 60). Sehingga pada titik awal pengolahan akan menjadi 420.

Penentuan lokasi sampah dilakukan pada tiap dusun dengan menggunakan Software Lingo menghasilkan rute:

1. Hasil Penentuan Rute Kendaraan Dusun Clangap

Kendaraan	Urutan Rute	Jarak (Km)	Waktu (Menit)	Sampah yang Diangkut (kg)
Kendaraan 1 (k1)	1 – 3 – 23 – 25 – 20 – 37 – 36 – 32 – 31 – 30 – 5 – 1	5,44	32	48

Kendaraan	Urutan Rute	Jarak (Km)	Waktu (Menit)	Sampah yang Diangkut (kg)
Kendaraan 2 (k2)	1 – 2 – 4 – 38 – 28 – 26 – 27 – 35 – 34 – 29 – 33 – 17 – 22 – 21 – 19 – 18 – 16 – 13 – 14 – 15 – 10 – 11 – 6 – 7 – 12 – 9 – 8 – 24 – 1	6,44	90	135
Total		11,88	122	183

Kendaraan 2 melayani lebih banyak titik pengambilan (28 titik) dibandingkan kendaraan 1 (11 titik), menjelaskan waktu tempuh yang lebih lama meskipun jaraknya tidak terlalu jauh berbeda.

2. Hasil Penentuan Rute Kendaraan Dusun Kenongo

Kendaraan	Urutan Rute	Jarak (km)	Waktu (menit)	Sampah yang Diangkut (kg)
Kendaraan 1 (k1)	1 – 23 – 2 – 5 – 15 – 33 – 17 – 32 – 35 – 16 – 8 – 25 – 4 – 37 – 6 – 14 – 7 – 24 – 29 – 38 – 21 – 31 – 30 – 26 – 10 – 22 – 19 – 36 – 20 – 1	10,27	125	188,5
Kendaraan 2 (k2)	1 – 28 – 18 – 12 – 27 – 34 – 3 – 13 – 11 – 9 – 1	6,41	34	51
Total		16,68	159	239,5

Kendaraan 1 melayani lebih banyak titik pengambilan (28 titik) dibandingkan kendaraan 2 (10 titik), menjelaskan waktu tempuh yang lebih lama dengan jarak tempuh yang berbeda. Jumlah sampah yang diangkut kendaraan 1 mendekati kapasitas kendaraan.

3. Hasil Penentuan Rute Kendaraan Dusun Latsari

Kendaraan	Urutan Rute	Jarak (km)	Waktu (menit)	Sampah yang Diangkut (kg)
Kendaraan 1 (k1)	1 – 6 – 21 – 16 – 3 – 37 – 13 – 4 – 14 – 29 – 15 – 18 – 20 – 24 – 36 – 22 – 2 – 31 – 33 – 12 – 8 – 19 – 1	10,2	193,5	129
Kendaraan 2 (k2)	1 – 17 – 9 – 7 – 25 – 27 – 5 – 30 – 38 – 35 – 32 – 34 – 26 – 28 – 23 – 10 – 11 – 1	7,39	153	98
Total		17,59	346,5	227

Kendaraan 1 melayani lebih banyak titik pengambilan (21 titik) daripada kendaraan 2 (17 titik), dengan waktu tempuh dan jumlah sampah yang diangkut lebih besar dari kendaraan 2.

4. Hasil Penentuan Rute Kendaraan Dusun Kalijaring

Kendaraan	Urutan Rute	Jarak (km)	Waktu (menit)	Sampah yang Diangkut (kg)
Kendaraan 1 (k1)	1 – 8 – 22 – 20 – 18 – 23 – 19 – 24 – 21 – 35 – 37 – 36 – 30 – 28 – 17 – 26 – 16 – 15 – 14 – 2 – 34 – 33 – 31 – 32 – 1	9,48	186	124
Kendaraan 2 (k2)	1 – 25 – 27 – 29 – 13 – 38 – 12 – 11 – 10 – 9 – 3 – 6 – 7 – 5 – 4 – 1	8,03	150	92
Total		17,51	336	216

Penentuan rute pada Dusun Clangap, Dusun Kenongo, Dusun Latsari dan Kalijaring yang diperoleh dengan jarak minimum menghasilkan penggunaan kapasitas kendaraan yang masih berlebih, dan terjadi ketidakseimbangan muatan pada masing masing kendaraan. Demikian juga dengan waktu yang digunakan lebih rendah dari waktu yang tersedia. Hal ini menunjukkan bahwa untuk keempat dusun tersebut dapat menggunakan satu kendaraan saja.

5. Hasil Penentuan Rute Kendaraan Dusun Kedung Gagak

Kendaraan	Urutan Rute	Jarak (km)	Waktu (menit)	Sampah yang Diangkut (kg)
Kendaraan 1 (k1)	1 – 30 – 25 – 26 – 35 – 33 – 36 – 38 – 37 – 1	4,42	32	48
Kendaraan 2 (k2)	1 – 18 – 20 – 19 – 13 – 12 – 5 – 21 – 22 – 27 – 28 – 29 – 23 – 34 – 24 – 2 – 31 – 32 – 3 – 4 – 8 – 11 – 17 – 10 – 6 – 9 – 7 – 14 – 15 – 16 – 1	7,54	157	226,5
Total		11,96	189	274,5

6. Hasil Penentuan Rute Kendaraan Dusun Gedang

Kendaraan	Urutan Rute	Jarak (km)	Waktu (menit)	Sampah yang Diangkut (kg)
Kendaraan 1 (k1)	1 – 7 – 8 – 4 – 5 – 6 – 10 – 12 – 13 – 35 – 34 – 33 – 32 – 31 – 30 – 29 – 28 – 27 – 26 – 25 – 24 – 23 – 22 – 21 – 20 – 2 – 3 – 19 – 1	6,13	132	198
Kendaraan 2 (k2)	1 – 11 – 9 – 14 – 36 – 38 – 37 – 18 – 17 – 16 – 15 – 1	0,95	61	91,5
Total		7,08	193	289,5

7. Hasil Penentuan Rute Kendaraan Dusun Mlirip

Kendaraan	Urutan Rute	Jarak (km)	Waktu (menit)	Sampah yang Diangkut (kg)
Kendaraan 1 (k1)	1 – 27 – 22 – 35 – 36 – 34 – 17 – 18 – 19 – 33 – 29 – 13 – 15 – 14 – 16 – 30 – 38 – 37 – 39 – 10 – 12 – 1	9,07	101	151,5
Kendaraan 2 (k2)	1 – 32 – 31 – 28 – 26 – 24 – 23 – 25 – 20 – 21 – 11 – 6 – 7 – 8 – 9 – 4 – 5 – 2 – 3 – 1	4,81	81	162
Total		13,61	182	313,5

Sedangkan pada Dusun Kedung Gagak, Dusun Gedang, dan Dusun Mlirip yang diperoleh dengan jarak minimum menggunakan dua kendaraan, meskipun masih terjadi ketidakseimbangan muatan pada masing masing kendaraan.

4. Kesimpulan

Total jarak minimum pengangkutan sampah pada masing masing dusun menghasilkan: Dusun Clangap total jarak sebesar 11,88 km. Dusun Kenongo dengan total jarak 16,68 km, dan Dusun Kedung Gagak total jarak sebesar 11,96 km. Sedangkan Dusun Latsari total jarak

sebesar 17,59 km, Dusun Kalijaring total jarak 17,51 km, Dusun Gedang total jarak 7,08 km dan Dusun Mlirip total jarak minimum dari proses pengangkutan sampah sebesar 13,61 km.

Penelitian selanjutnya bisa dikembangkan lagi dengan mempertimbangkan beberapa hal seperti jenis kendaraan, biaya operasional. Sedangkan untuk meningkatkan kinerja sistem dapat menggunakan pendekatan heuristik

DAFTAR PUSTAKA

- Artiningsih, N. K. A., & Hadi, S. P. (2008). Peran Serta Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga; Studi Kasus Di Sampang Dan Jomblang, Kota Semarang. Tesis. Semarang: Program Pasca Sarjana Magister Ilmu Lingkungan Universitas
- Baldacci, R., Hadjiconstantinou, E., & Mingozzi, A. (2004). An Exact Algorithm for the Capacitated Vehicle Routing Problem Based on a Two-Commodity Network Flow Formulation. *Operations research*, 52(5), 723-738.
- Chen, A., Yang, G., & Wu, Z. (2006). Hybrid Discrete Particle Swarm Optimization Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problem. *Journal of Zhejiang University-Science A*, 7(4), 607-614.
- Fatma, E., Kartika, W., & Madyanti, A. N. (2022). Penentuan Rute Pengangkut Limbah Medis Optimal Menggunakan Vehicle Routing Problem with Time Window pada Kasus Multi Depot. *Jurnal Manajemen dan Organisasi*, 13(4), 324-335.
- Ferdiani, D. S. Dela, Arifin, T. S. P., & Widiastuti, M. (2022). Optimasi Rute Angkutan Sampah Kecamatan Sungai Kunjang Kota Samarinda Dengan Metode Penyelesaian Vehicle Routing Problem (VRP). *Teknologi Sipil*, 6(1), 11-20.
- Hardiatmi, S. (2011). Pendukung Keberhasilan Pengelolaan Sampah Kota. *Jurnal Inovasi Pertanian*, 10(1), 50-66.
- Laporte, G. (1992). The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms. *European journal of operational research*, 59(3), 345-358.
- Nadiasa, M., Sudarsana, D. K., & Yasmara, I. N. (2009). Manajemen Pengangkutan Sampah Di Kota Amlapura. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 13(2), 120-135.
- Naibaho, R., Panjaitan, J., & Napitupulu, A. (2021). Optimalisasi BUMDes Dengan Pemanfaatan Sampah Di Desa Marindal 1 Kecamatan Patumbak Kabupaten Deli Serdang. *Karya Unggul-Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 27-31.
- Nasional, B. S. (2008). Pengelolaan Sampah Di Permukiman. *SNI*, 3242, 2008.
- Natalia, C., Triyanti, V., Setiawan, G., & Haryanto, M. (2021). Completion of Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) and Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW) Using Bee Algorithm Approach to Optimize Waste Picking Transportation Problem. *Journal of Modern Manufacturing Systems and Technology*, 5(2), 69-77.
- Sejati, W. K., & Rusastra, I. W. (2009). The Achievement and Impact of the Special Programme for Food Security in Banjar's District, West Java, Indonesia. *Palawija News*, 26(1), 1-5.
- Taptajani, D. S. (2021). Implementasi Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows Dengan Pendekatan Algoritma Sweep untuk Distribusi Pengangkutan Sampah. *Jurnal Kalibrasi*, 19(1), 1-6.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). Branch-and-Bound Algorithms for The Capacitated Vehicle Routing Problem. *En The vehicle routing problem* (p. 29-51). SIAM.
- Zirour, M. (2008). Vehicle Routing Problem: Models and Solutions. *Journal of Quality Measurement and Analysis JQMA*, 4(1), 205-218.