

OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH DI KOTA SERANG DENGAN ALGORITMA ACS-RVND PADA VRPTW

Aulya Wulan Dhari^{1,a)}, Sapti Wahyuningsih²⁾

^{1,2)}Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No.5, Sumbersari, Kec. Lowokwaru,
Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia

^{a)}*aulya.wulan.1803126@students.um.ac.id*

Abstrak

Matematika merupakan salah satu ilmu pengetahuan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah kehidupan. Teori graf adalah salah satu cabang ilmu matematika yang dapat diaplikasikan untuk membantu menyelesaikan suatu permasalahan dalam kehidupan nyata. Suatu permasalahan akan lebih mudah dimengerti dan lebih sederhana apabila dapat direpresentasikan dalam bentuk graf sehingga lebih mudah mencari solusi dari setiap permasalahan tersebut. *Vehicle Routing Problem* (VRP) yaitu salah satu kajian teori graf yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah rute optimal. Dalam penelitian ini digunakan Algoritma ACS yang telah banyak digunakan untuk menyelesaikan kasus terkait rute optimal. Selain itu, dalam penelitian ini algoritma ACS dikolaborasi dengan prosedur RVND. Prosedur RVND digunakan karena dalam beberapa penelitian sebelumnya prosedur tersebut sering digunakan juga untuk menyelesaikan kasus terkait rute optimal. Sehingga dalam persalahan ini digunakan algoritma ACS-RVND pada salah satu varian dari VRP yaitu VRPTW untuk optimalisasi rute pengangkutan sampah. Tujuan dari masalah ini adalah untuk menentukan rute pengangkutan sampah yang optimal di Kota Serang dengan memenuhi kendala berupa *time windows* dan kapasitas kendaraan. Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil berupa rute pengangkutan sampah yang optimal. Sehingga Dinas Lingkungan Hidup Kota Serang dapat mempertimbangkan dan menggunakan Algoritma ACS-RVND untuk mengoptimalkan kesesuaian rute pengangkutan sampah yang baru. Pada kasus ini, data yang digunakan antara lain jumlah tempat pembuangan sampah (TPS) sebanyak 58 unit, waktu layanan setiap TPS dengan waktu rata-rata 10 menit, jarak antar TPS, waktu buka dan tutup TPS, jumlah permintaan setiap TPS, dan kapasitas kendaraan sehingga didapat solusi akhir dengan 7 rute dan total jarak yaitu 261.34 km.

Kata kunci: Optimalisasi, Rute pengangkutan sampah, Algoritma ACS-RVND, VRPTW

PENDAHULUAN

Permasalahan mengenai sampah masih belum bisa diatasi oleh Pemerintah Kota (Pemkot) Serang, Banten. Salah satu penyebabnya yaitu pengangkutan sampah yang kurang optimal. Akibatnya sampah menjadi menumpuk di beberapa titik dan terjadi *overtime* pada proses pengangkutan sampah. Total jarak yang ditempuh mencapai 301,8 km dengan jumlah TPS yaitu 58 lokasi dan waktu pengangkutan rata-rata 10 menit. Kendaraan yang digunakan untuk pengangkutan sampah salah satunya yaitu *armroll*

yang terdapat 7 unit. Untuk menangani masalah sampah di Kota Serang, perlu dibuat suatu sistem yang berfungsi untuk mengoptimalkan rute pengangkutan sampah. Pencarian rute optimal sama saja dengan mencari rute terpendek. Pencarian rute terpendek merupakan penerapan dari salah satu cabang ilmu matematika yaitu graf. Dalam graf terdapat pembahasan mengenai *Vehicle Routing Problem* (VRP). Pada VRP terdapat sejumlah *customer* yang tersebar di beberapa titik dengan permintaan yang bermacam-macam dan *customer* tersebut dilayani oleh beberapa kendaraan yang tersedia dari satu depot dengan kapasitas terbatas [1]. Terdapat berbagai macam varian VRP namun dalam menyelesaikan masalah ini, akan digunakan varian VRPTW. VRPTW merupakan perluasan dari VRP dimana terdapat batasan kapasitas barang dan setiap pelanggan i memiliki waktu interval $[a_i, b_i]$ yang disebut dengan *time windows*. Waktu saat kendaraan meninggalkan depot, waktu tempuh, t_{ij} , untuk setiap busur $(i, j) \in A$ (atau t_e untuk setiap $e \in E$) dan waktu layanan tambahan s_i untuk setiap pelanggan i juga diberikan [2]. VRPTW dipilih karena menyesuaikan dengan masalah di lapangan dan varian VRPTW sudah banyak digunakan untuk mengatasi masalah rute pengangkutan sampah, seperti pengangkutan sampah dengan *binary integer programming* [3], optimasi rute truk pengangkutan sampah di Kota Depok [4], VRPTW dalam menjadwalkan armada pengangkutan sampah [5], dan untuk mencari rute optimal pengangkutan sampah di Kota Yogyakarta dengan *hybrid genetic algorithm* [6]. Dalam mengatasi masalah optimasi distribusi pengangkutan sampah di Kota Serang, dipilih algoritma metaheuristik *Ant Colony System* (ACS) dengan prosedur *Randomized Variable Neighborhood Descent* (RVND). Algoritma semut dipilih karena algoritma semut mampu mendapatkan hasil otur terbaik dibandingkan algoritma genetika, algoritma simulated annealing, dan *annealing-genetic algorithm* [7]. ACS sering digunakan dalam menyelesaikan permasalahan VRP seperti VRPTW untuk sistem logistik distribusi produk botol [8], untuk menyelesaikan masalah VRPSPD [9], untuk menyelesaikan masalah HVRPTW [10], dan untuk menyelesaikan masalah DVRPTWSD [11]. Kemudian beberapa penelitian yang pernah menggunakan metode RVND yaitu penjadwalan pekerjaan pada mesin paralel dengan efek deteriorasi [12] dan pendistribusian parsel [13]. Sehingga Algoritma ACS-RVND adalah kombinasi antara algoritma metaheuristik *Ant Colony System* (ACS) dengan prosedur *Randomized Variable Neighborhood Descent* (RVND) untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dari hasil sebelumnya.

METODE

Algoritma ACS-RVND adalah kombinasi antara algoritma metaheuristik *Ant Colony System* (ACS) dengan prosedur *Randomized Variable Neighborhood Descent* (RVND) untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dari hasil sebelumnya. Algoritma ACS mengadopsi perilaku semut dalam membentuk rute terbaik saat mencari makanan. Algoritma ACS sebagai *long term memory structure* menampung semua kombinasi selama proses pencarian solusi sehingga memiliki keunggulan mampu mengeksplorasi beragam kemungkinan solusi [9]. Algoritma *Randomized Variable Neighborhood Descent* (RVND) dipilih karena merupakan salah satu algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi dengan metode *local search* dan banyak dikombinasikan dengan metode lainnya untuk menyelesaikan permasalahan. Algoritma RVND merupakan algoritma berulang yang melakukan perpindahan *neighborhood* tanpa memperhatikan urutan struktur *neighborhood* sehingga tidak membutuhkan syarat urutan [14]. Pemilihan *neighborhood* secara acak akan menghasilkan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan pemilihan *neighborhood* yang terurut [15]. Sehingga dari kedua algoritma tersebut jika dikombinasikan memungkinkan didapatnya solusi yang

lebih baik. Dalam melakukan analisis perhitungan menggunakan metode ACS-RVND, dilakukan langkah langkah yaitu tahap satu berupa inialisasi solusi awal. Pada tahap ini digunakan algoritma ACS. Penerapan algoritma ini pada VRPTW yaitu membangkitkan semut untuk melakukan perjalanan dari depot untuk mengunjungi beberapa *customer*. Kunjungan setiap *customer* tepat satu kali dan total muatan semut tidak boleh melanggar kapasitas yang telah ditentukan, selain itu *time windows* pada masing-masing *customer* juga perlu diperhatikan. Jika kendala dilanggar, maka semut akan kembali lagi ke depot dan membuat rute yang baru dari depot. Langkah algoritma ACS untuk masalah VRPTW yaitu langkah satu berupa inialisasi. Pada langkah ini akan dilakukan inialisasi parameter yaitu banyak semut (m), banyak iterasi (itr), parameter perbandingan (q_0), pengendalian intensitas visibilitas (β), parameter penguapan pheromone local (ρ), dan parameter penguapan pheromone global (α). Selanjutnya yaitu inialisasi *pheromone* awal. Algoritma *Nearest Neighbor* digunakan untuk membangkitkan *pheromone*. Selanjutnya langkah kedua yaitu pembentukan tabulist. Pada langkah ini dilakukan proses penyimpanan titik yang sudah dikunjungi. Tujuannya yaitu supaya *customer* tidak terkunjungi kembali sampai terbentuk suatu rute. Kemudian akan dilakukan pembangkitan rute pada beberapa semut dengan memperhatikan kendala. Lalu langkah ketiga yaitu *updating local pheromone*. Pada langkah ini mengakibatkan sisi yang telah dikunjungi oleh semut terjadi penambahan jumlah *pheromone* dibandingkan sebelumnya. Sehingga kemungkinan sisi tersebut untuk dilalui oleh semut lainnya juga bertambah karena semut memiliki tingkat *pheromone* yang tinggi. Akhir dari tahap satu didapat solusi awal yang memuat seluruh *customer*. Kemudian tahap kedua yaitu perbaikan solusi. Pada tahap ini digunakan algoritma RVND. Penggunaan algoritma RVND pada masalah VRPTW harus memastikan bahwa perpindahan yang dilakukan tidak melanggar kendala kapasitas dan *time windows*. Selanjutnya tahap ketiga yaitu penerimaan kriteria (kondisi optimal). Pada tahap ini akan diberikan hasil penyelesaian pada permasalahan VRPTW. Penerimaan kriteria melakukan pemilihan solusi baru yang lebih baik dari solusi sebelumnya setelah melakukan perulangan sebanyak parameter iterasi yang telah ditentukan. Pada tahap ini dipilih solusi dengan hasil terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperlukan yaitu data banyaknya tempat sampah (TPS) di Kota Serang dan lokasi TPS yang dapat dilihat di tabel berikut.

Tabel 4.1 Data Banyaknya TPS dan Lokasi TPS

No.	Nama TPS	Lokasi
1.	TPS Yumaga	Jl. Yumaga Benggala
2.	TPS Ujair Yahya	Jl. Ujair Yahya
3.	TPS Benggala RSUD	Benggala RSUD
4.	TPS Satria Dalam	Komp. Satria Dalam
5.	TPS SMA 2 Nancang	SMA 2 Nancang
6.	TPS Cipocok	Jl. Bhayangkara Cipocok
7.	TPS Kerucut	Jl. Ahmad Yani
8.	TPS SMP 1 Ciceri	SMP 1 Ciceri



9.	TPS Komp. P&K	Komp. P&K Penancangan
10.	TPS Prisma	SMA Prisma
11.	TPS Bina Bangsa	STIE Bina Bangsa
12.	TPS Komp. Untirta	Perumahan Untirta
13.	TPS Bumi Serang Timur	Perumahan BST
14.	TPS Bumi Mutiara Serang	Perumahan BMS
15.	TPS Al-Manar Lopang	Jl. Kasemen-Banten
16.	TPS Lopang I-Unyur	Jl. Raya Banten-Karangantu
17.	TPS Griya Lopang	Jl. Ayip Usman
18.	TPS Mandala Citra	Komp. Mandala Citra
19.	TPS Bumi Sari	Komp. Bumi Sari
20.	TPS Puri Citra	Komp. Puri Citra
21.	TPS Taman Pipitan Indah	Komp. TPI
22.	TPS Puskesmas Walantaka	Puskesmas Walantaka
23.	TPS Graha Walantaka	Komp. Graha Walantaka
24.	TPS Persada Banten	Komp. Persada Banten
25.	TPS Full Bus Armada	Kaligandu
26.	TPS Saleh Baimin	Jl. Saleh Baimin
27.	TPS Tanggul	Ling. Tanggul Cimuncang
28.	TPS Depan Denpom	Jl. Maulana Yusuf
29.	TPS Pegantungan	Ling. Pegantungan
30.	TPS Rutan Margersari	Jl. Mayor Syafe'i
31.	TPS Asrama Brimob	Jl. KH Amin Jasuta
32.	TPS Kebon Sayur	Kebon Sayur
33.	TPS Perumnas Ciracas	Perumnas Ciracas
34.	TPS UIN Serang	Ciceri
35.	TPS Pemkot Lama	Pemkot Lama Ciceri
36.	TPS SMKN 1	Jl. KH Abdul Fatah Hasan
37.	TPS SMK PGRI	SMK PGRI Kelunjakan
38.	TPS Ling. Cilampang	Kp. Cilampang
39.	TPS Pasar Kalodran	Pasar Kalodran
40.	TPS Penancangan	Penancangan

41.	TPS Serang Hijau	Perumahan Serang Hijau
42.	TPS Terminal Pakupatan	Terminal Pakupatan
43.	TPS Lebak Indah	Perumahan Lebak Indah
44.	TPS Warung Jaud	Kel. Warung Jaud
45.	TPS Cigoong	Kel. Cigoong Walantaka
46.	TPS Kilasah	Kel. Kilasah Kasemen
47.	TPS Sawah Luhur	Kel. Sawah Luhur Kasemen
48.	TPS Marguluyu	Kel. Marguluyu Kasemen
49.	TPS Kasunyatan	Kel. Kasunyatan Kasemen
50.	TPS Kasemen	Kel. Kasemen
51.	TPS Kagungan	Kel. Kagungan Serang
52.	TPS Taktakan	Kel. Taktakan
53.	TPS Sayar	Kel. Sayar
54.	TPS Sukajaya	Kel. Sukajaya Curug
55.	TPS Curug Manis	Kel. Curug Cimanis
56.	TPS Cimuncang	Kel. Cimuncang Serang
57.	TPS Cipare	Kel. Cipare
58.	TPS Kuranji	Kel. Kuranji

Untuk mencari jarak antar TPS, bisa digunakan alat bantu program yaitu google maps. Selain itu diperlukan kapasitas TPS, lama waktu pengangkutan sampah dimasing-masing TPS, waktu buka dan tutup TPS. Datanya dapat dilihat ditabel berikut.

Tabel 4.2 Data TPS

TPS	Kapasitas (kg)	Waktu Pelayanan	e_i	l_i	Konversi (menit)
C1	60	10	07.00	10.00	0-180
C2	60	10	07.00	10.00	0-180
C3	120	10	07.00	10.00	0-180
C4	60	10	07.00	10.00	0-180
C5	120	10	07.00	10.00	0-180
C6	90	10	07.00	10.00	0-180
C7	60	10	07.00	10.00	0-180
C8	180	10	07.00	10.00	0-180
C9	90	10	07.00	10.00	0-180
C10	120	10	07.00	10.00	0-180



C11	120	10	07.00	10.00	0-180
C12	90	10	07.00	10.00	0-180
C13	90	10	07.00	10.00	0-180
C14	90	10	07.00	10.00	0-180
C15	120	10	07.00	10.00	0-180
C16	180	10	07.00	10.00	0-180
C17	90	10	07.00	10.00	0-180
C18	90	10	07.00	10.00	0-180
C19	90	10	07.00	10.00	0-180
C20	90	10	07.00	10.00	0-180
C21	90	10	07.00	10.00	0-180
C22	60	10	07.00	10.00	0-180
C23	120	10	07.00	10.00	0-180
C24	180	10	07.00	10.00	0-180
C25	60	10	07.00	10.00	0-180
C26	90	10	07.00	10.00	0-180
C27	180	10	07.00	10.00	0-180
C28	60	10	07.00	10.00	0-180
C29	90	10	07.00	10.00	0-180
C30	60	10	08.00	10.00	60-180
C31	60	10	08.00	10.00	60-180
C32	150	10	08.00	10.00	60-180
C33	150	10	08.00	10.00	60-180
C34	120	10	08.00	10.00	60-180
C35	90	10	08.00	10.00	60-180
C36	120	10	08.00	10.00	60-180
C37	90	10	08.00	10.00	60-180
C38	180	10	08.00	10.00	60-180
C39	150	10	08.00	10.00	60-180
C40	180	10	08.00	10.00	60-180
C41	180	10	08.00	10.00	60-180
C42	180	10	08.00	10.00	60-180

C43	180	10	08.00	10.00	60-180
C44	180	10	08.00	10.00	60-180
C45	180	10	08.00	10.00	60-180
C46	120	10	08.00	10.00	60-180
C47	120	10	08.00	10.00	60-180
C48	120	10	08.00	10.00	60-180
C49	120	10	08.00	10.00	60-180
C50	120	10	08.00	10.00	60-180
C51	120	10	08.00	10.00	60-180
C52	120	10	08.00	10.00	60-180
C53	120	10	08.00	10.00	60-180
C54	120	10	08.00	10.00	60-180
C55	120	10	08.00	10.00	60-180
C56	120	10	08.00	10.00	60-180
C57	120	10	08.00	10.00	60-180
C58	120	10	08.00	10.00	60-180

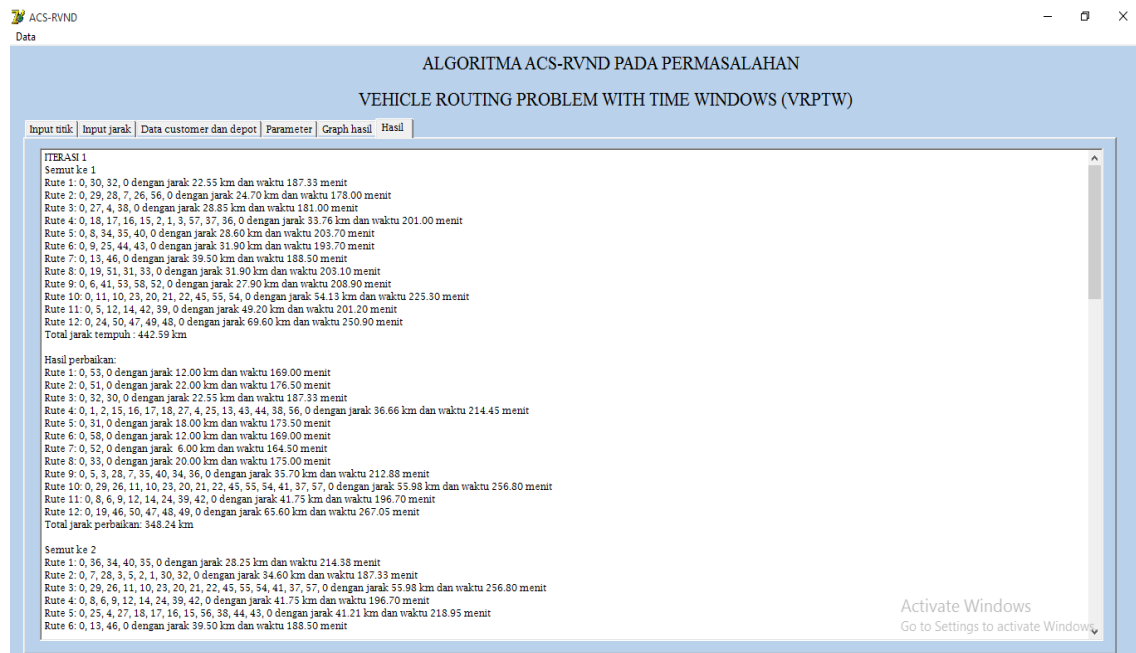
Pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa C_i merupakan simbol untuk titik-titik TPS dengan $i \in N$ yang mengikuti urutan pada Tabel 4.1. Masing-masing TPS mempunyai kapasitas yang berbeda-beda namun mempunyai waktu pelayanan yang sama yaitu 10 menit. e_i menunjukkan waktu paling awal pengangkutan sampah dimasing-masing TPS dan l_i menunjukkan waktu paling akhir pengangkutan sampah dimasing-masing TPS. Waktu pengangkutan kemudian dikonversi ke dalam menit dengan waktu paling awal yaitu pukul 07.00 sehingga jika ada TPS yang waktu paling awal pengangkutan sampah pada pukul 07.00 maka konversi waktunya bernilai 0. Selain itu, diperlukan pula data depot sebagai berikut.

Tabel 4.3 Data Depot

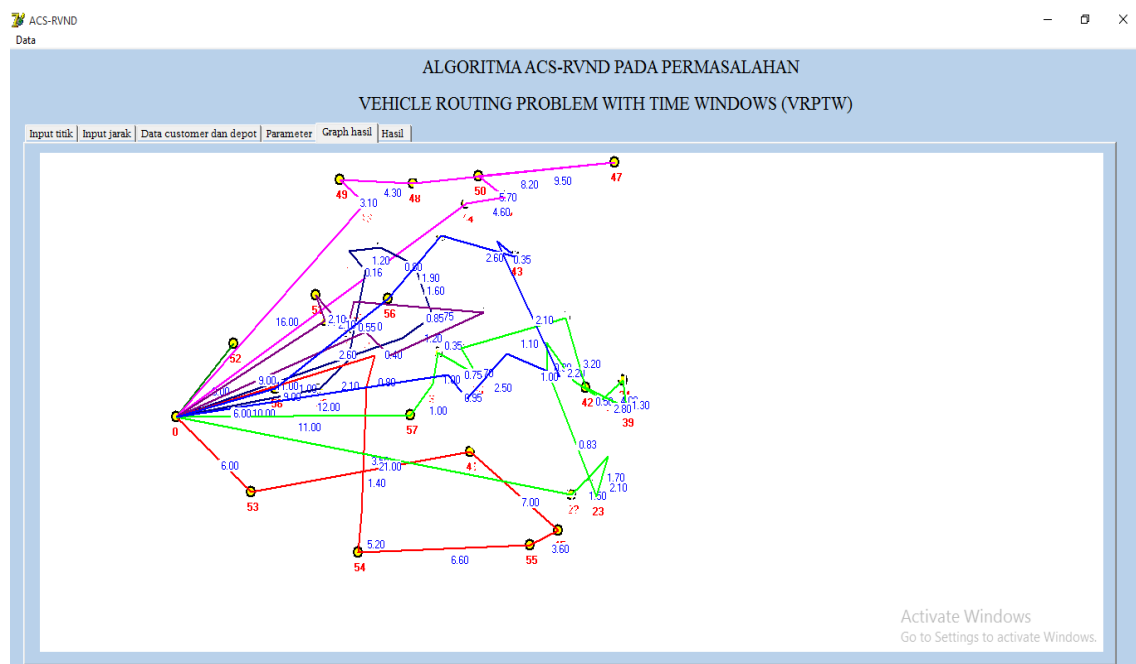
Titik Depot	Time Windows		Kecepatan rata-rata (km/jam)	Kapasitas kendaraan (kg)	Konversi (menit)
	e_0	l_0			
C0	07.00	12.00	40	5300	0-300

Pada Tabel 4.3, C0 merupakan simbol untuk titik depot. Kemudian kolom kedua menunjukkan bahwa $e_0 = 07.00$ yang menyatakan waktu paling awal kendaraan berangkat dan $l_0 = 12.00$ menyatakan waktu paling akhir kendaraan sampai ke depot. Kolom ketiga menyatakan kecepatan rata-rata truk sampah dalam mengangkut sampah yaitu 40 km/jam dan kolom keempat menyatakan kapasitas masing-masing kendaraan yaitu 5300 kg. Perhitungan dengan menggunakan alat bantu program algoritma ACS-RVND untuk menyelesaikan permasalahan VRPTW oleh Dita Feby Indrian

menghasilkan 7 rute yang bisa mewakili masing-masing satu kendaraan pengangkut sampah (*armroll*) dengan total jarak yaitu 261.34 km. Dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Rincian Hasil Perhitungan



Gambar 4.2 Hasil Perhitungan Dalam Graph

Jumlah rute yang digunakan pada hari biasa sama yaitu 7 rute namun total jarak yang didapat lebih besar yaitu 301.8 km. Selisih total jarak mencapai 40.46 km. Selain itu, masing-masing rute mempunyai waktu tempuh yang tidak melebihi kendala sehingga tidak akan terjadi *overtime* dalam proses pengangkutan sampah di Kota Serang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil yang didapat dari perhitungan menunjukkan total jarak yaitu 261.34 km lebih kecil dari total jarak pada hari biasa yaitu 301.8 km dengan selisih mencapai 40.46 km. Jumlah rute yang dihasilkan yaitu 7 rute yang masing-masing mewakili satu kendaraan pengangkut sampah (*armroll*) dengan masing-masing urte mempunyai waktu tempuh yang tidak melebihi kendala sehingga tidak akan terjadi *overtime*. Pencarian rute optimal dengan kendala waktu menggunakan VRPTW dengan algoritma ACS-RVND dan alat bantu program dengan algoritma ACS-RVND untuk menyelesaikan permasalahan VRPTW oleh Dita Feby Indrian mampu mengatasi permasalahan pengangkutan sampah di Kota Serang. Saran untuk penelitian selanjutnya dalam menyelesaikan kasus rute optimal pengangkutan sampah di Kota Serang, bisa mencoba algoritma lain yang banyak digunakan dalam penyelesaian rute optimal seperti algoritma *tabu search*, algoritma genetik, dan sebagainya.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Ş. Birim, "Vehicle Routing Problem with Cross Docking: A Simulated Annealing Approach," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 235, pp. 149–158, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.sbspro.2016.11.010.
- [2] P. Toth and D. Vigo, Eds., *The Vehicle Routing Problem*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002. doi: 10.1137/1.9780898718515.
- [3] D. Sutrisno, M. A. Ilhami, and E. Febianti, "Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Dengan Metode Vehicle Routing Problem With Time Window Menggunakan Binary Integer Programming," vol. 4, p. 6, Mar. 2016.
- [4] T. M. Mappa and Sudaryanto, "OPTIMASI RUTE TRUK PENGANGKUT SAMPAH DI KOTA DEPOK," *J. Ilm. Teknol. Dan Rekayasa*, vol. 24, no. 3, pp. 226–239, 2019, doi: 10.35760/tr.2019.v24i3.2399.
- [5] D. I. Handayani, "Vehicle Routing Problem with Time Window dalam Menjadwalkan Armada Pengangkutan Sampah," vol. 2, no. 2, p. 6, 2012.
- [6] E. Armandi, A. Purwani, and U. Linarti, "Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Kota Yogyakarta Menggunakan Hybrid Genetic Algorithm," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 18, no. 2, pp. 236–244, Dec. 2019, doi: 10.23917/jiti.v18i2.8744.
- [7] M. Dorigo and L. M. Gambardella, "Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem," *IEEE Trans. Evol. Comput.*, vol. 1, 1997, doi: 10.1109/4235.585892.
- [8] C. G. Gómez S., L. Cruz-Reyes, J. J. González B., H. J. Fraire H., R. A. Pazos R., and J. J. Martínez P., "Ant colony system with characterization-based heuristics for a bottled-products distribution logistics system," *J. Comput. Appl. Math.*, vol. 259, no. PART B, pp. 965–977, 2014, doi: 10.1016/j.cam.2013.10.035.
- [9] C. B. Kalayci and C. Kaya, "An ant colony system empowered variable neighborhood search algorithm for the vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery," *Expert Syst. Appl.*, vol. 66, pp. 163–175, 2016, doi: 10.1016/j.eswa.2016.09.017.
- [10] J. C. Molina, J. L. Salmeron, and I. Eguia, "An ACS-based memetic algorithm for the heterogeneous vehicle routing problem with time windows," *Expert Syst. Appl.*, vol. 157, 2020, doi: 10.1016/j.eswa.2020.113379.
- [11] M. Schyns, "An ant colony system for responsive dynamic vehicle routing," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 245, no. 3, pp. 704–718, 2015, doi: 10.1016/j.ejor.2015.04.009.
- [12] V. L. A. Santos and J. E. C. Arroyo, "Iterated Greedy with Random Variable Neighborhood Descent for Scheduling Jobs on Parallel Machines with Deterioration Effect," *Electron. Notes Discrete Math.*, vol. 58, pp. 55–62, 2017,

- doi: 10.1016/j.endm.2017.03.008.
- [13] J. C. de Freitas and P. H. V. Penna, “A Randomized Variable Neighborhood Descent Heuristic to Solve the Flying Sidekick Traveling Salesman Problem,” *Electron. Notes Discrete Math.*, vol. 66, pp. 95–102, 2018, doi: 10.1016/j.endm.2018.03.013.
- [14] M. M. Silva, A. Subramanian, and L. S. Ochi, “An iterated local search heuristic for the split delivery vehicle routing problem,” *Comput. Oper. Res.*, vol. 53, pp. 234–249, 2015, doi: 10.1016/j.cor.2014.08.005.
- [15] D. Satyananda and S. Wahyuningsih, “Sequential order vs random order in operators of variable neighborhood descent method,” *Telkomnika Telecommun. Comput. Electron. Control*, vol. 17, no. 2, pp. 801–808, 2019, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.V17I2.11789.