

Optimasi *Vehicle Routing Problem* pada Distribusi Tabung LPG Menggunakan Metode *Ant Colony Optimization*

Devitasari Simamora, Riri Syafitri Lubis, dan Sri Ulfa Rahayu



Volume 14, Issue 1, Pages 128–137, April 2026

Diterima 12 Januari 2026, Direvisi 13 April 2026, Disetujui 18 April 2026, Diterbitkan 20 April 2026

To Cite this Article : D. Simamora, R. S. Lubis, dan S. U. Rahayu, “Optimasi *Vehicle Routing Problem* pada Distribusi Tabung LPG Menggunakan Metode *Ant Colony Optimization*”, *Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 14, no. 1, pp. 128–137, 2026, <https://doi.org/10.37905/euler.v14i1.37481>

© 2026 by author(s)

JOURNAL INFO • EULER : JURNAL ILMIAH MATEMATIKA, SAINS DAN TEKNOLOGI



Homepage	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/euler/index
Journal Abbreviation	:	Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.
Frequency	:	Three times a year
Publication Language	:	English (preferable), Indonesia
DOI	:	https://doi.org/10.37905/euler
Online ISSN	:	2776-3706
License	:	Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License
Publisher	:	Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo
Country	:	Indonesia
OAI Address	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/euler/oai
Google Scholar ID	:	QF_r-gAAAAJ
Email	:	euler@ung.ac.id

JAMBURA JOURNAL • FIND OUR OTHER JOURNALS



Jambura Journal of Biomathematics



Jambura Journal of Mathematics



Jambura Journal of Mathematics Education



Jambura Journal of Probability and Statistics

Optimasi *Vehicle Routing Problem* pada Distribusi Tabung LPG Menggunakan Metode *Ant Colony Optimization*

Devitasari Simamora^{1,*}, Riri Syafitri Lubis¹, Sri Ulfa Rahayu¹

¹Jurusan Matematika, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan 20371, Indonesia

ARTICLE HISTORY

Diterima 12 Januari 2026
Direvisi 13 April 2026
Disetujui 18 April 2026
Diterbitkan 20 April 2026

KATA KUNCI

Ant Colony Optimization
Distribusi
Rute
Vehicle Routing Problem

KEYWORDS

Ant Colony Optimization
Distribution
Route
Vehicle Routing Problem

ABSTRAK. Distribusi yang tidak efisien dapat meningkatkan biaya operasional, sehingga diperlukan penentuan rute yang optimal untuk mendukung kelancaran proses distribusi. Permasalahan ini dapat dimodelkan sebagai *Vehicle Routing Problem (VRP)*, yaitu masalah optimasi rute kendaraan dalam mendistribusikan barang dari depot ke sejumlah titik tujuan dengan jarak tempuh minimum. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute distribusi tabung LPG pada PT Jaya Sari Artha dengan mempertimbangkan 12 titik lokasi distribusi. Metode yang digunakan adalah *Ant Colony Optimization (ACO)*, yaitu algoritma heuristik yang terinspirasi dari perilaku koloni semut dalam menemukan jalur terpendek. Data yang digunakan berupa jarak aktual antar titik distribusi yang diperoleh dari Google Maps. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode ACO pada model VRP menghasilkan rute distribusi dengan total jarak tempuh sebesar 117,40 km, lebih pendek dibandingkan rute awal perusahaan sebesar 134,50 km. Dengan demikian, diperoleh penghematan jarak tempuh sebesar 17,10 km atau 12,72%. Hasil ini menunjukkan bahwa metode ACO efektif dalam menyelesaikan permasalahan VRP dan meningkatkan efisiensi distribusi tabung LPG pada kasus nyata.

ABSTRACT. Inefficient distribution can increase operational costs; therefore, determining optimal routes is essential to support an efficient distribution process. This problem can be formulated as a *Vehicle Routing Problem (VRP)*, which concerns optimizing vehicle routes from a depot to multiple destinations with minimum travel distance. This study aims to optimize the distribution route of LPG cylinders at PT Jaya Sari Artha by considering 12 distribution points. The method used is *Ant Colony Optimization (ACO)*, a heuristic algorithm inspired by the foraging behavior of ants in finding the shortest path. The data used consist of actual travel distances between distribution points obtained from Google Maps. The results show that the implementation of ACO in the VRP model produces a distribution route with a total distance of 117.40 km, shorter than the company's initial route of 134.50 km. Thus, a distance saving of 17.10 km or 12.72% was achieved. These findings indicate that the ACO method is effective in solving VRP and improving the efficiency of LPG cylinder distribution in a real-world case.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. **Editorial of EULER:** Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo, Jln. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Bone Bolango 96554, Indonesia.

1. Pendahuluan

Distribusi menjadi salah satu proses penting dalam kegiatan logistik yang berperan dalam menyalurkan barang maupun jasa dari produsen hingga sampai ke tangan konsumen. Kemudahan akses bagi konsumen untuk mendapatkan produk dijadikan sebagai fokus strategi utama bagi setiap perusahaan untuk memenuhi kebutuhan pelanggannya [1, 2]. Efisiensi distribusi sangat dipengaruhi oleh pemilihan rute yang optimal, karena rute yang tidak tepat dapat meningkatkan jarak tempuh dan biaya operasional. Dalam pendistribusian, pemilihan rute yang tepat menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan jarak yang harus ditempuh [3, 4]. Apabila rute yang dipilih telah optimal, maka pendistribusian dapat berjalan dengan lebih efisien karena mampu meminimalkan jarak tempuh. Pada sektor energi, tabung *Liquified*

*Penulis Korespondensi.

Petroleum Gas (LPG) menjadi salah satu komoditas yang melalui tahap pendistribusian. LPG merupakan bentuk energi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat [5]. Setiap perusahaan harus mengutamakan distribusi yang baik agar dapat memenuhi kebutuhan konsumennya secara tepat waktu [6].

Pada praktiknya, PT Jaya Sari Artha masih menggunakan rute distribusi yang belum teroptimasi secara sistematis, sehingga berpotensi mengakibatkan jarak tempuh yang panjang dan biaya distribusi yang lebih tinggi. Oleh sebab itu, perlu disusun rencana rute distribusi yang lebih optimal untuk meminimalkan biaya dan jarak tempuh. Permasalahan ini termasuk dalam kategori *Vehicle Routing Problem* (VRP), yaitu permasalahan optimasi rute kendaraan untuk mengunjungi sejumlah titik dengan tujuan meminimalkan jarak tempuh dan biaya operasional [7]. Penyelesaian VRP berupa serangkaian rute distribusi di mana kendaraan berangkat dari depot, mengunjungi pelanggan, dan kembali ke depot awal [8, 9].

Permasalahan VRP dapat diselesaikan menggunakan berbagai metode, seperti algoritma genetika [10], *Nearest Neighbour* [11], *Ant Colony Optimization* (ACO) [12], *Clarke and Wright Savings* [13], *Sweep* [14], serta *Sequential Insertion* [15–17]. Metode-metode tersebut memiliki karakteristik yang berbeda dalam menentukan rute optimal. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada simulasi atau kasus umum, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi distribusi nyata dengan karakteristik khusus seperti distribusi LPG. Selain itu, evaluasi performa metode yang membandingkan hasil optimasi dengan rute aktual perusahaan juga masih terbatas, sehingga efektivitas metode dalam konteks implementasi nyata belum tergambarkan secara komprehensif.

Metode *Ant Colony Optimization* (ACO) dipandang sebagai pendekatan yang potensial dalam menyelesaikan permasalahan ini karena kemampuannya dalam menemukan solusi optimal pada permasalahan rute yang kompleks dan melibatkan banyak titik distribusi [18]. ACO bekerja dengan meniru perilaku koloni semut dalam menemukan jalur terpendek menuju sumber makanan melalui mekanisme *pheromone* yang adaptif. Dalam konteks distribusi LPG, depot dapat dianalogikan sebagai sarang semut, sedangkan titik distribusi sebagai sumber makanan, sehingga ACO dapat digunakan untuk menentukan kombinasi rute terbaik secara efisien.

Berbagai penelitian telah menunjukkan efektivitas ACO dalam optimasi rute distribusi. Pratiwi [19] menunjukkan bahwa ACO mampu mengoptimalkan jarak dan waktu distribusi produk. Penelitian oleh Lutfi [20, 21] juga menghasilkan rute optimal dengan mempertimbangkan efisiensi waktu distribusi. Selain itu, ACO telah diterapkan pada berbagai kasus logistik seperti distribusi barang dan pengangkutan limbah [12], serta pada sektor transportasi yang menunjukkan peningkatan efisiensi distribusi [22]. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut belum secara spesifik mengkaji distribusi LPG dengan kondisi riil, serta belum mengintegrasikan perbandingan langsung antara hasil optimasi dan rute aktual perusahaan sebagai dasar evaluasi kinerja metode.

Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan berupa penerapan metode ACO pada kasus distribusi LPG nyata dengan mempertimbangkan karakteristik lokasi distribusi yang spesifik, serta melakukan evaluasi komparatif antara rute hasil optimasi dan rute aktual perusahaan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute optimal pendistribusian tabung LPG di PT Jaya Sari Artha yang berlokasi di Medan menggunakan metode *Ant Colony Optimization*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan penerapan metode optimasi pada kasus nyata serta menjadi dasar pertimbangan dalam meningkatkan efisiensi sistem distribusi LPG.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan heuristik dengan mengimplementasikan metode *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menentukan rute optimal pendistribusian tabung gas LPG pada PT Jaya Sari Artha yang berada di Jl. William Iskandar Ps. V No. 29 Blok B, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. ACO merupakan metode yang terinspirasi dari cara semut menemukan jalur antara koloni atau sarang mereka dengan sumber makanannya [23]. Adapun data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang diperoleh berupa lokasi depot dan agen serta koordinat geografis setiap titik. Data sekunder yang diperoleh berupa jarak antar titik distribusi. Jarak yang digunakan adalah jarak aktual kendaraan yang diperoleh dari *Google Maps*, yaitu jarak yang mengikuti kondisi jalan sebenarnya. Data jarak antar titik kemudian dibentuk menjadi sebuah graf berbobot. Selanjutnya dilakukan implementasi metode ACO untuk memperoleh rute optimal.

2.1. Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) didefinisikan sebagai masalah dalam pencarian rute kendaraan yang optimal. VRP merupakan masalah yang berfokus pada pendistribusian barang dari depot ke pelanggan [2]. Setiap kendaraan berangkat dari suatu depot untuk melayani beberapa pelanggan dalam suatu wilayah tertentu kemudian kembali ke depot awal. Depot dimisalkan sebagai gudang atau titik awal dan akhir perjalanan kendaraan distribusi. Tujuan utama dari VRP adalah meminimalkan total jarak tempuh kendaraan. Selain itu, tujuan lain dari VRP adalah meminimalkan biaya distribusi dan waktu tempuh kendaraan. Permasalahan VRP memiliki peranan penting dalam bidang industri dan logistik.

Komponen VRP meliputi jaringan jalan yang direpresentasikan dalam bentuk graf, lokasi pelanggan, lokasi depot sebagai titik awal dan akhir, kapasitas kendaraan, serta rute yang merepresentasikan urutan kunjungan kendaraan.

2.2. Ant Colony Optimization (ACO)

Ant Colony Optimization (ACO) merupakan metode heuristik yang meniru perilaku semut dalam menentukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan. Secara ilmiah, koloni semut mampu menentukan rute terpendek berdasarkan jejak *pheromone* yang ditinggalkan sepanjang lintasan yang dilalui. Adapun prosedur penelitian menggunakan ACO adalah sebagai berikut [24]:

1. Mengumpulkan data primer dan sekunder seperti lokasi depot, agen, koordinat geografis, serta jarak antar titik.
2. Membentuk graf berbobot berdasarkan simpul dan sisi yang telah ditentukan.
3. Implementasi ACO dengan langkah-langkah berikut:
 - (a) Inisialisasi setiap nilai parameter-parameter algoritma yaitu α sebagai tetapan pengendali intensitas jejak semut dengan nilai $\alpha \geq 0$, β sebagai tetapan pengendali visibilitas dengan nilai $\beta \geq 0$, dan ρ sebagai tetapan penguapan jejak semut dengan nilai $0 < \rho < 1$.
 - (b) Menentukan jumlah semut.
 - (c) Menentukan *pheromone* awal:

$$\tau_0 = \frac{k}{C_{greedy}}, \quad (1)$$

dengan k adalah banyak semut dan C_{greedy} adalah algoritma *greedy*.

(d) Mencari nilai visibilitas antar *vertex*:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}, \quad (2)$$

dengan d_{ij} adalah jarak antara *vertex* i ke *vertex* j .

(e) Menentukan rute kedatangan masing-masing semut ke masing-masing kota yang dimulai dari titik awal masing-masing kemudian menghitung probabilitas setiap kota untuk didatangi hingga semua *vertex* telah didatangi secara keseluruhan:

$$p_{ij}^k = \frac{(\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta}{\sum_{k' \in \{N - tabu_k\}} (\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta}, \quad \text{untuk } j \in \{N - tabu_k\}$$

$$p_{ij}^k = 0, \quad \text{untuk } j \text{ lainnya}, \quad (3)$$

dengan i sebagai indeks kota asal dan j sebagai indeks kota tujuan.

(f) Menghitung panjang rute tertutup atau L_k setiap semut dilakukan setelah satu siklus selesai:

$$L_k = d_{tabu_k(n), tabu_k(1)} + \sum_{s=1}^{n-1} d_{tabu_k(s), tabu_k(s+1)}. \quad (4)$$

(g) Melakukan penentuan rute optimal yaitu memiliki L_k terkecil.

(h) Melakukan pembaruan *pheromone*.

(i) Menggunakan rute optimal sementara untuk siklus pertama sebagai rute terbaik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Deskripsi Data

Deskripsi data dilakukan untuk memahami karakteristik data distribusi LPG yang digunakan dalam penelitian. Deskripsi data dilakukan dengan mengumpulkan data yang meliputi data koordinat lokasi pelanggan, serta menghitung jarak antar titik. Berdasarkan hasil deskripsi data, diperoleh 12 *vertex* lokasi pendistribusian tabung gas LPG pada PT. Jaya Sari Artha menggunakan kendaraan Colt Diesel dengan kapasitas kendaraan maksimal 560 tabung yang telah diidentifikasi oleh aplikasi *Google Maps*. **Tabel 1** menyajikan daftar simbol, lokasi tujuan beserta alamat lengkapnya.

Tabel 1. Data lokasi tujuan distribusi tabung LPG

No.	Simbol	Lokasi Tujuan
1	V1	PT. Jaya Sari Artha (Jl. William Iskandar Ps. V No. 29 Blok B, Kenangan Baru)
2	V2	Dimas Prakoso (Jl. Tegal Sari IV)
3	V3	Agum Gunawan (Jl. Batang Kuis)
4	V4	Parpulungan Simarmata (Jl. Muara Dusun III-A)
5	V5	Eva Soraya (Jl. Pendidikan Pasar 11 Tembung)
6	V6	UD Sahabat (Jl. Kapten Sumarsono Gg Swadaya)
7	V7	Misni (Jl. Gambir Dusun X Pasar VIII)
8	V8	Amudi Tamba (Jl. Desa Bangun Sari Baru Dusun V)
9	V9	Hengky Silitonga (Jl. Perhubungan Dusun 4 Melati)
10	V10	Dina Lufita Sari (Jl. Terusan No. 53)
11	V11	Fretdi Manurung (Jl. Wonosari Tanjung Morawa)
12	V12	Deni Maria (Jl. Dusun VII Gg Darmo 09)

Kemudian dari hasil pencarian dengan bantuan aplikasi *Google Maps* diperoleh data jarak tempuh dari setiap *vertex* pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Jarak tempuh antar vertex

Vertex	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12
V1	0	2,8	7,3	11	6,6	11	5,8	17	5,5	6,8	24	40
V2	2,8	0	8,4	12	5,9	11	7,1	21	3,5	4,9	30	23
V3	7,3	8,4	0	10	3,9	23	1,5	17	5,1	6,2	13	18
V4	11	12	10	0	12	29	8,8	8,1	12	13	17	27
V5	6,6	5,9	3,9	12	0	16	2,8	20	2,3	2,7	16	19
V6	11	11	23	29	16	0	14	31	13	14	37	53
V7	5,8	7,1	1,5	8,8	2,8	14	0	18	3,8	4,6	15	20
V8	17	21	17	8,1	20	31	18	0	19	18	11	22
V9	5,5	3,5	5,1	12	2,3	13	3,8	19	0	1,3	17	20
V10	6,8	4,9	6,2	13	2,7	14	4,6	18	1,3	0	17	20
V11	24	30	13	17	16	37	15	11	17	17	0	16
V12	40	23	18	27	19	53	20	22	20	20	16	0

Berdasarkan Tabel 2, jarak antar lokasi distribusi menunjukkan variasi. Jarak tersebut kemudian didefinisikan sebagai nilai dari setiap sisi graf yang akan dibentuk menjadi graf berbobot. Selanjutnya, data jarak ini menjadi dasar utama dalam pembentukan matriks visibilitas dan probabilitas pada proses ACO.

3.2. Implementasi ACO

- 1) Inisialisasi nilai parameter-parameter algoritma ACO. Nilai parameter diambil berdasarkan nilai yang paling sering digunakan pada penelitian sebelumnya, yaitu $\alpha = 1,00$, $\beta = 1,00$, $\rho = 0,10$, dan $k = 12$.
- 2) Penyusunan rute kunjungan antar vertex. Menetapkan vertex awal yaitu V_1 , selanjutnya memilih vertex berikutnya dengan jarak minimal sehingga diperoleh rute:

$$V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_5 \rightarrow V_7 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_8 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_6$$

dengan jarak minimal:

$$C_{greedy} = 2,8 + 3,5 + 1,3 + 2,7 + 2,8 + 1,5 + 10 + 8,1 + 11 + 16 + 53 = 112,7.$$

- 3) Perhitungan algoritma ACO. Pheromone awal diperoleh menggunakan pers. (1):

$$\tau_0 = \frac{12}{112,7} = 0,1064.$$

Selanjutnya menentukan nilai visibilitas antar vertex menggunakan pers. (2), sehingga diperoleh:

$$\eta_{1,2} = \frac{1}{2,8} = 0,357, \quad \eta_{1,3} = \frac{1}{7,3} = 0,136, \quad \eta_{1,4} = \frac{1}{11} = 0,090.$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, maka diperoleh nilai visibilitas antar vertex pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan nilai visibilitas yang merupakan invers dari jarak antar lokasi. Semakin kecil jarak, maka nilai visibilitas semakin besar. Hal ini berarti bahwa dalam proses pemilihan rute, semut akan lebih cenderung memilih jalur dengan nilai visibilitas tinggi.

Selanjutnya, disusun rute perjalanan semut ke setiap vertex lokasi. Semut yang terdistribusi ke semua vertex akan melakukan perjalanan dari vertex pertama masing-masing sebagai vertex asal dan vertex lain sebagai vertex tujuan. Kemudian semut melakukan

Tabel 3. Visibilitas antar vertex

Vertex	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12
V1	0	0,357	0,136	0,090	0,151	0,090	0,172	0,058	0,181	0,147	0,041	0,025
V2	0,357	0	0,119	0,083	0,169	0,090	0,140	0,047	0,285	0,204	0,033	0,043
V3	0,136	0,119	0	0,100	0,256	0,043	0,666	0,058	0,196	0,161	0,076	0,055
V4	0,090	0,083	0,100	0	0,083	0,034	0,113	0,123	0,083	0,076	0,058	0,037
V5	0,151	0,169	0,256	0,083	0	0,062	0,357	0,050	0,434	0,370	0,062	0,052
V6	0,090	0,090	0,043	0,034	0,062	0	0,071	0,032	0,076	0,071	0,027	0,018
V7	0,172	0,140	0,666	0,113	0,357	0,071	0	0,055	0,263	0,217	0,066	0,050
V8	0,058	0,047	0,058	0,123	0,050	0,032	0,055	0	0,052	0,055	0,090	0,045
V9	0,181	0,285	0,196	0,083	0,434	0,076	0,263	0,052	0	0,769	0,058	0,050
V10	0,147	0,204	0,161	0,076	0,370	0,071	0,217	0,055	0,769	0	0,058	0,050
V11	0,041	0,033	0,076	0,058	0,062	0,027	0,066	0,090	0,058	0,058	0	0,062
V12	0,025	0,043	0,055	0,037	0,052	0,018	0,050	0,045	0,050	0,050	0,062	0

perjalanan secara acak dengan mempertimbangkan bahwa setiap *vertex* tidak boleh dikunjungi lebih dari satu kali. Perjalanan semut berlangsung terus-menerus sampai semua *vertex* telah dikunjungi dan membentuk suatu jalur. Perhitungan probabilitas diperoleh dengan menggunakan pers. (3) untuk siklus ke-1 ($NC = 1$).

Siklus ke-1 ($NC = 1$)

Semut ke-1 ($k = 1$)

Tabu list = V_1

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{j \in (N - tabu_k)} [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta} \quad \text{untuk } j \in (N - tabu_k),$$

$$p_{ij}^k = 0 \quad \text{untuk } j \text{ lainnya.}$$

$$\sum_{j \in (N - tabu_k)} [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta = (0,1064)(0) + (0,1064)(0,357) + (0,1064)(0,136) + (0,1064)(0,090)$$

$$+ (0,1064)(0,151) + (0,1064)(0,090) + (0,1064)(0,172) + (0,1064)(0,058)$$

$$+ (0,1064)(0,181) + (0,1064)(0,147) + (0,1064)(0,041) + (0,1064)(0,025)$$

$$= 0,1541.$$

Vertex V_1 : $p_{11}^1 = 0,00$

Vertex V_2 :

$$p_{12}^1 = \frac{[\tau_{12}]^\alpha [\eta_{12}]^\beta}{\sum_{j \in (N - tabu_k)} [\tau_{1j}]^\alpha [\eta_{1j}]^\beta} = \frac{(0,1064)(0,357)}{0,1541} = 0,247.$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, diperoleh nilai probabilitas perjalanan pertama masing-masing semut pada Tabel 4.

Probabilitas perpindahan semut menunjukkan bahwa tidak semua jalur memiliki peluang yang sama untuk dipilih. Jalur dengan kombinasi feromon yang tinggi dan visibilitas yang tinggi memiliki probabilitas lebih besar, sehingga lebih sering dipilih oleh semut. Perhitungan yang sama dilakukan hingga akhir perjalanan seperti penjelasan sebelumnya dengan masing-masing titik awal dan rute yang telah didatangi sebelumnya tidak akan digunakan lagi. Hasil akhir perhitungan akan sampai pada probabilitas bernilai satu pada setiap titik yang belum dilewati oleh semut. Karena seluruh tempat sudah dikunjungi untuk perjalanan siklus pertama

Tabel 4. Perjalanan pertama semut

Semut	Titik Awal	Probabilitas						Titik Terpilih	Tabu List
		V1	V2	V3	V4	V5	V6		
k1	V1	0	0,247	0,094	0,102	0,074	0,062	V2	V1→V2
k2	V2	0,227	0	0,076	0,053	0,108	0,057	V1	V2→V1
k3	V3	0,073	0,064	0	0,054	0,137	0,023	V7	V3→V7
k4	V4	0,102	0,094	0,114	0	0,094	0,039	V8	V4→V8
k5	V5	0,074	0,083	0,125	0,111	0	0,048	V9	V5→V9
k6	V6	0,147	0,147	0,070	0,055	0,101	0	V1	V6→V1
k7	V7	0,079	0,065	0,307	0,052	0,165	0,033	V3	V7→V3
k8	V8	0,087	0,071	0,087	0,104	0,045	0,043	V4	V8→V4
k9	V9	0,074	0,116	0,080	0,034	0,177	0,031	V10	V9→V10
k10	V10	0,067	0,094	0,074	0,035	0,170	0,033	V9	V10→V9
k11	V11	0,065	0,052	0,120	0,092	0,098	0,043	V8	V11→V8
k12	V12	0,051	0,088	0,113	0,076	0,107	0,037	V11	V12→V11
(lanjutan probabilitas V7–V12)									
k1	V1	0,119	0,040	0,125	0,102	0,028	0,017	V2	V1→V2
k2	V2	0,089	0,030	0,132	0,130	0,022	0,073	V1	V2→V1
k3	V3	0,357	0,031	0,105	0,084	0,041	0,029	V7	V3→V7
k4	V4	0,128	0,140	0,094	0,086	0,066	0,042	V8	V4→V8
k5	V5	0,105	0,024	0,212	0,184	0,030	0,005	V9	V5→V9
k6	V6	0,116	0,052	0,124	0,116	0,044	0,029	V1	V6→V1
k7	V7	0	0,025	0,121	0,100	0,030	0,023	V3	V7→V3
k8	V8	0,046	0	0,098	0,138	0,135	0,046	V4	V8→V4
k9	V9	0,107	0,021	0	0,314	0,024	0,020	V10	V9→V10
k10	V10	0,100	0,025	0,353	0	0,027	0,023	V9	V10→V9
k11	V11	0,105	0,143	0,092	0,092	0	0,098	V8	V11→V8
k12	V12	0,103	0,092	0,103	0,103	0,127	0	V11	V12→V11

dan perjalanan sudah sesuai dengan dimulai dari titik awal dan berakhir di titik awal pula. Kemudian menghitung panjang rute tertutup dengan menggunakan pers. (4), yaitu

$$L_k = d_{\text{tabu}_k(n), \text{tabu}_k(1)} + \sum_{s=1}^{n-1} d_{\text{tabu}_k(s), \text{tabu}_k(s+1)},$$

sehingga diperoleh daftar rute yang telah disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rute perjalanan semut dan penambahan jumlah pheromone

Semut	Tabu List	Panjang (km)	$\Delta\tau$
k1	V1→V2→V9→V7→V5→V10→V3→V4→V6→V8→V11→V12→V1	158,8	0,0063
k2	V1→V2→V9→V10→V5→V7→V3→V6→V4→V8→V12→V11→V1	138,7	0,0072
k3	V1→V3→V7→V5→V9→V10→V2→V4→V11→V8→V12→V6→V1	146,1	0,0068
k4	V1→V4→V8→V7→V3→V2→V5→V9→V10→V11→V12→V6→V1	153,5	0,0065
k5	V1→V5→V9→V10→V7→V3→V2→V4→V6→V11→V12→V8→V1	157,7	0,0063
k6	V1→V6→V2→V9→V7→V10→V5→V3→V4→V8→V11→V12→V1	117,4	0,0085
k7	V1→V7→V3→V5→V9→V10→V2→V4→V6→V11→V8→V12→V1	164,7	0,0060
k8	V1→V8→V4→V11→V3→V7→V10→V9→V5→V2→V12→V6→V1	157,7	0,0063
k9	V1→V9→V10→V5→V2→V7→V3→V4→V6→V11→V8→V12→V1	173,0	0,0058
k10	V1→V10→V9→V5→V7→V2→V3→V4→V6→V11→V8→V12→V1	177,7	0,0056
k11	V1→V11→V8→V3→V7→V12→V5→V9→V10→V4→V2→V6→V1	143,1	0,0070
k12	V1→V12→V11→V3→V5→V7→V9→V10→V8→V2→V4→V6→V1	171,8	0,0058

Tabel 5 menunjukkan rute perjalanan semut beserta penambahan jumlah *pheromone*-nya. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa terdapat variasi rute yang dihasilkan. Namun rute dengan jarak total paling kecil akan mendapatkan penguatan *pheromone* lebih besar, sehingga berpotensi menjadi solusi dominan pada iterasi berikutnya. Perhitungan rute yang total jarak tempuhnya paling kecil yaitu dari $V_1 \rightarrow V_6 \rightarrow V_2 \rightarrow V_9 \rightarrow V_7 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_5 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_8 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_1$. Rute tersebut menempuh jarak sejauh 117,40 Km. Selanjutnya dilakukan pembaharuan *pheromone* dengan jumlah *pheromone* yang baru saja ditambahkan sebesar $\Delta\tau_{ij}^k = 0,0085$ menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\Delta\tau_{ij}(\text{baru}) &= (1 - \rho)\tau_{ij} + \Delta\tau_{ijk} \\ &= (1 - 0,1)(0,1064) + 0,0085 \\ &= 0,1043.\end{aligned}$$

Karena siklus pertama telah selesai dilakukan dan diperoleh pembaharuan *pheromone*, langkah selanjutnya yaitu mencari rute yang lebih optimal lagi pada siklus kedua. Jika terdapat rute yang lebih optimal dibandingkan dengan siklus pertama sebelumnya dalam hal ini memiliki panjang rute yang lebih minimal maka *pheromone* akan diperbaharui kembali, akan tetapi saat siklus kedua tidak lebih optimal dibanding dengan siklus pertama maka yang diambil adalah rute yang ada pada siklus pertama.

Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara rute lama dengan rute baru hasil implementasi ACO, yang diberikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Perbandingan antara rute lama dengan rute baru ACO

Rute Lama	Rute Baru	Selisih
134,50 Km	117,40 Km	17,10 Km

Total selisih jarak antara rute lama dengan rute baru menggunakan ACO adalah 17,10 Km atau 12,72%. Hal ini berarti ACO mampu memberikan penghematan jarak tempuh distribusi sebesar 12,72%. Ini menunjukkan bahwa ACO dapat diterapkan untuk menentukan rute optimal pada pendistribusian tabung LPG dari yang sebelumnya 134,50 Km menjadi 117,40 Km.

Pada penentuan rute optimal tersebut perlu diterapkan *Ant Colony Optimization*. Langkah pertama yang dilakukan adalah inisialisasi nilai parameter-parameter algoritma ACO, dengan parameter-parameter yang digunakan adalah $\alpha = 1,00$ dan $\beta = 1,00$. Nilai α dan β yaitu $\alpha, \beta \geq 0$ dengan nilai yang digunakan adalah 1 untuk mempermudah perhitungan probabilitas. Nilai ρ yaitu $0 < \rho < 1$ dengan nilai yang digunakan adalah $\rho = 0,10$ karena menjadi nilai yang paling banyak digunakan dalam algoritma ACO, dengan banyak semut (k) adalah 12 dan *pheromone* awal sehingga diperoleh nilai *pheromone* sebesar $\tau_0 = 0,1064$ hingga langkah terakhir mendaftarkan rute yang terpilih sehingga dapat diperoleh rute optimal.

4. Kesimpulan

Permasalahan distribusi tabung gas LPG pada PT Jaya Sari Artha dengan 12 titik lokasi dapat dimodelkan sebagai *Vehicle Routing Problem* dan diselesaikan menggunakan metode *Ant Colony Optimization (ACO)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode ACO mampu menghasilkan rute distribusi dengan total jarak tempuh sebesar 117,40 km, lebih rendah dibandingkan rute awal perusahaan sebesar 134,50 km. Dengan demikian, diperoleh penghematan jarak tempuh sebesar 17,10 km atau 12,72%. Hasil ini menunjukkan bahwa metode ACO dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi distribusi tabung LPG.

Namun, rute yang diperoleh dalam penelitian ini lebih tepat dipahami sebagai rute terbaik berdasarkan kondisi perhitungan yang dilakukan, bukan sebagai solusi optimal global. Hal ini disebabkan karena proses perhitungan hanya dilakukan sampai iterasi pertama, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan proses konvergensi algoritma ACO.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, terutama pada jumlah iterasi yang digunakan dan belum dilakukannya analisis sensitivitas parameter. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu mengimplementasikan ACO secara komputasional dengan jumlah iterasi yang lebih memadai, disertai pengujian variasi parameter serta perbandingan dengan metode lain, seperti *Nearest Neighbor* atau *Saving Matrix*, agar diperoleh hasil yang lebih komprehensif dan valid secara ilmiah.

Kontribusi Penulis. Devitasari Simamora: Analisis formal, analisis data, administrasi, metodologi, perangkat lunak, kurasi data, dan penulisan–persiapan draf asli. Riri Syafitri Lubis: Konseptualisasi, penulisan–tinjauan dan penyuntingan. Sri Ulfa Rahayu: Investigasi, supervisi, validasi.

Ucapan Terima Kasih. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini dan dalam penyusunan manuskrip. Kami sangat menghargai editor dan reviewer atas masukan serta dukungannya dalam menyempurnakan karya ini.

Pembiayaan. Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

Konflik Kepentingan. Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan yang terkait dengan artikel ini.

Ketersediaan Data. Tidak tersedia.

Referensi

- [1] M. Yetrina and D. S. Nainggolan, “Penentuan Rute Distribusi Untuk Meminimasi Biaya Distribusi di UKM Habil Snack,” *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 3, no. 1, pp. 247–253, 2021, doi: [10.47233/jtek-sis.v3i1.221](https://doi.org/10.47233/jtek-sis.v3i1.221).
- [2] M. N. Azura and R. S. Lubis, “Application of Dynamic Programming in Determining The Shortest Route PT JNE Using Backward Recursive Equation,” *EduMatSains J. Pendidikan, Mat. dan Sains*, vol. 9, no. 1, pp. 310–318, 2024, doi: [10.33541/edumatsains.v9i1.5982](https://doi.org/10.33541/edumatsains.v9i1.5982).
- [3] R. N. Devita and A. P. Wibawa, “Teknik Teknik Optimasi Knapsack Problem,” *Sains, Apl. Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 35–40, 2020, doi: [10.30872/jsakti.v2i1.3299](https://doi.org/10.30872/jsakti.v2i1.3299).
- [4] D. P. Rohmawati, P. T. B. Ngastiti, and Z. Sya’diyah, “Implementasi Algoritma A* Dalam Penentuan Rute Terpendek (Studi Kasus: Jarak Tempuh Desa Sridadi Rembang Menuju Universitas Billfath Lamongan),” *MATHunesa J. Ilm. Mat.*, vol. 12, no. 3, pp. 646–653, 2024, doi: [10.26740/mathunesa.v12n3.p646-653](https://doi.org/10.26740/mathunesa.v12n3.p646-653).
- [5] F. Armanda and R. F. Sari, “Optimization of Liquid Petroleum Gas (LPG) Gas Cylinder Distribution Route with Saving Matrix Method,” *Numer. J. Mat. Dan Pendidik. Mat.*, vol. 7, no. 1, pp. 99–110, 2023, doi: [10.25217/numerical.v7i1.3452](https://doi.org/10.25217/numerical.v7i1.3452).
- [6] A. V. Fatnita and L. Lukmandono, “Optimasi Rute Distribusi Tabung LPG 3 Kg Dengan Menggunakan Algoritma Genetika Pada Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP),” in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*, 2020, doi: [10.35123/placeholder.2020](https://doi.org/10.35123/placeholder.2020).
- [7] M. A. Adri, D. J. Panjaitan, and H. Cipta, “Vehicle Routing Problem (VRP) dalam Penentuan Rute Terpendek Pendistribusian Tabung Gas LPG Dengan Mempertimbangkan Jumlah Permintaan,” *J. Ilm. Mat. Dan Terap.*, vol. 19, no. 1, pp. 49–57, 2022, doi: [10.22487/2540766x.2022.v19.i1.15885](https://doi.org/10.22487/2540766x.2022.v19.i1.15885).
- [8] E. S. Sulistyono, “Model Rute Perjalanan Minimal Dengan Menggunakan Vehicle Routing Problem Pada PT X,” *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 4, no. 2, pp. 293–299, 2022, doi: [10.47233/jteksis.v4i2.497](https://doi.org/10.47233/jteksis.v4i2.497).
- [9] M. C. Sugiono, “Model vehicle routing problem untuk penentuan rute distribusi unit sepeda motor dengan metode saving matrix,” *Journal Industrial Servicess*, vol. 7, no. 2, pp. 0–3, 2022.
- [10] I. Fatikawati, S. Syaripuddin, and M. N. Huda, “Implementasi Algoritma Genetika dalam Menentukan

- Rute Terpendek Pendistribusian Barang PT. J&T Samarinda,” *Basis J. Ilm. Mat.*, vol. 2, no. 2, pp. 12–21, 2023, doi: [10.30872/basis.v2i2.1071](https://doi.org/10.30872/basis.v2i2.1071).
- [11] N. W. A. F. Lestari, I. W. A. Widhiatmika, A. Wafa, N. M. Nola, and A. V. R. Hutabarat, “Optimalisasi Penentuan Jalur Distribusi Terpendek dalam Pengiriman Produk Chemical Pembersih Kolam Renang Menggunakan Metode Nearest Neighbor,” *J. Syntax Admiration*, vol. 6, no. 3, pp. 1426–1436, 2025, doi: [10.46799/jsa.v6i3.2177](https://doi.org/10.46799/jsa.v6i3.2177).
- [12] E. Setyati and I. Juniwati, “Ant Colony Optimization untuk menyelesaikan perutean distribusi Snack dengan Vehicle Routing Problem,” *J. Teknol. Inf. dan Terap.*, vol. 9, no. 2, pp. 111–117, 2022, doi: [10.25047/jtit.v9i2.296](https://doi.org/10.25047/jtit.v9i2.296).
- [13] F. I. Ningsih and R. F. Sari, “Optimization of 3 Kg LPG Gas Distribution Route at PT Arafizza Sikumbang Using the VRP Model and Clarke and Wright Savings Algorithm,” *J. Mandalika Mathematics and Education*, vol. 7, no. 3, pp. 1286–1298, 2025, doi: [10.29303/jm.v7i3.9835](https://doi.org/10.29303/jm.v7i3.9835).
- [14] A. N. Rohmah, “Analisis Optimasi Rute Distribusi Barang Menggunakan Vehicle Routing Problem (VRP) Model Sweep Method Pada PT. XYZ,” *J. Ilm. Manaj. dan Akunt.*, vol. 3, no. 1, pp. 243–253, 2026, doi: [10.69714/k1gd2g70](https://doi.org/10.69714/k1gd2g70).
- [15] A. C. S. Arif and S. Suseno, “Usulan Rute Pendistribusi Menggunakan Algoritma Clarke And Wright Savings Dan Sequential Insertion,” *J. Ilm. Tek. Ind. dan Inov.*, vol. 2, no. 3, pp. 31–44, 2024, doi: [10.59024/jisi.v2i3.727](https://doi.org/10.59024/jisi.v2i3.727).
- [16] M. Pratiwi and R. S. Lubis, “Distribution Route Optimization Using Nearest Neighbor Algorithm and Clarke and Wright Savings,” *Sinkron*, vol. 8, no. 3, pp. 1638–1652, 2023, doi: [10.33395/sinkron.v8i3.12622](https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i3.12622).
- [17] M. Azahra and M. Habiburrohmah, “A Minimization of Fuel Costs in Pharmaceutical Distribution Using Clarke-Wright Savings Heuristic and Nearest Neighbor Methods,” *MATHunesa J. Ilm. Mat.*, vol. 13, no. 3, pp. 545–553, 2025, doi: [10.26740/mathunesa.v13n3.p545-553](https://doi.org/10.26740/mathunesa.v13n3.p545-553).
- [18] William, R. S. Sitompul, A. R. Hia, R. Malau, and S. P. Tamba, “Penerapan Metode Ant Colony Optimization (ACO) dalam Menentukan Jalur Alternatif Solusi Kemacetan Kota Medan,” *J. TEKINKOM*, vol. 7, pp. 325–335, 2024, doi: [10.37600/tekinkom.v7i1.1221](https://doi.org/10.37600/tekinkom.v7i1.1221).
- [19] A. I. Pratiwi, S. Sustariyah, A. Z. Wathoni, S. Pazri, and D. C. Ahsanunadia, “Penentuan Rute Terbaik Pendistribusian Dengan Metode Ant Colony Optimization,” *Ind. Xplore*, vol. 8, no. 2, pp. 259–268, 2023, doi: [10.36805/teknikindustri.v8i2.5644](https://doi.org/10.36805/teknikindustri.v8i2.5644).
- [20] L. Syahr, M. Khoswara, H. S. A. H, and S. Suseno, “Pencarian Rute Optimal Distribusi Melalui Metode Ant Colony Optimization (ACO),” *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 2, no. 2, pp. 63–71, 2023, doi: [10.55826/tmit.v2i2.105](https://doi.org/10.55826/tmit.v2i2.105).
- [21] W. A. Riyantara, R. Simatupang, E. Wolok, I. H. Lahay, and H. Uloli, “Analisis Penentuan Rute Distribusi Produk Makanan Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO),” *J. Pengabd. Masy. dan Ris. Pendidik.*, vol. 4, no. 1, pp. 4765–4774, 2025.
- [22] S. N. Jumaedi, W. Abidin, and T. A. Nurman, “Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Rute Jalur Terpendek,” *J. MSA*, vol. 12, no. 1, pp. 108–115, 2024, doi: [10.24252/msa.v12i1.50753](https://doi.org/10.24252/msa.v12i1.50753).
- [23] N. A. Husna, D. Hendri, H. Z. Haq, and A. Rahmadeyan, “Implementasi Algoritma Ant Colony Optimization untuk Penentuan Jalur Terpendek Klinik,” in *SENTIMAS*, 2023, pp. 112–119.
- [24] A. Ihsan, T. A. Adlie, and S. Harliansyah, “Optimalisasi Pencarian Jalur Terpendek Mobile Robot dengan Metode Ant Colony Optimization (ACO),” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 23, no. 1, pp. 39–54, 2024, doi: [10.31358/techne.v23i1.389](https://doi.org/10.31358/techne.v23i1.389).