

OPTIMASI Pencarian Jalur Terpendek Untuk Layanan Lion Parcel Menggunakan Ant Colony Optimization (ACO) (Studi Kasus : Kabupaten Nagekeo)

Alexandria Cascia Da'e Sawi, Franki Yusuf Bisilisin, Semlinda Juszandri Bulan

Teknik Informatika, STIKOM Uyelindo Kupang

Jl. Perintis Kemerdekaan I, Kayu Putih, Kec. Oebobo, Kota Kupang, Nusa Tenggara Tim. 85228.

alexandriasawi05@gmail.com

ABSTRAK

Jasa pengiriman barang adalah layanan untuk memindahkan barang dari pengirim ke penerima secara cepat, aman, dan efisien melalui jalur darat, laut, atau udara. Penentuan rute pengiriman yang optimal penting untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan layanan ekspedisi. Lion Parcel di Kabupaten Nagekeo menghadapi tantangan geografis yang menyebabkan biaya operasional tinggi dan keterlambatan pengiriman. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan rute pengiriman Lion Parcel agar lebih efisien dari segi jarak dan waktu. Metode yang digunakan adalah *Ant Colony Optimization* (ACO) dengan parameter jumlah semut 10, iterasi maksimum 100, $\alpha = 1$, $\beta = 1$, laju evaporasi 0.2, dan feromon awal 1; perhitungan jarak antar titik dilakukan menggunakan rumus *haversine* berdasarkan koordinat latitude-longitude pada 30 titik (termasuk satu depot). Hasil optimasi menunjukkan rute terbaik memiliki total jarak 114.927 km dan estimasi waktu 172.46 menit, sedangkan rute aktual memiliki total jarak 210.321 km dan waktu 362 menit. Dengan demikian ACO berhasil mengurangi jarak tempuh sebesar 95.343 km dan mempercepat waktu pengiriman sebesar 189.54 menit, sehingga terbukti efektif untuk meningkatkan efisiensi distribusi barang pada studi kasus ini.

Kata kunci : *Ant Colony Optimization, Lion Parcel, jalur terpendek.*

1. PENDAHULUAN

Jasa pengiriman barang merupakan layanan distribusi barang dari pengirim ke penerima melalui jalur darat, laut, maupun udara secara cepat, aman, dan efisien. Perkembangan teknologi menyebabkan perusahaan jasa ekspedisi semakin berkembang, seperti PT. Lion Parcel, JNE, Ninja Express, dan J&T [12]. Salah satu perusahaan yang berkembang pesat adalah Lion Parcel yang menyediakan layanan distribusi paket ke berbagai wilayah, termasuk daerah dengan kondisi geografis yang kompleks seperti Kabupaten Nagekeo. Dalam proses pengiriman, penentuan rute distribusi sering menjadi kendala karena berdampak pada keterlambatan waktu, peningkatan biaya operasional, dan penurunan kepuasan pelanggan. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk menentukan rute pengiriman yang lebih optimal agar proses distribusi dapat berjalan lebih efektif.

Seiring meningkatnya kompleksitas distribusi logistik, teknologi optimasi rute pengiriman menjadi penting untuk meningkatkan efektivitas layanan ekspedisi. Penelitian terdahulu tentang implementasi *Ant Colony Optimization* (ACO) pada pengiriman barang di Kantor J&T Kota Jambi menunjukkan bahwa metode ini mampu menghasilkan rute terbaik dengan total jarak tempuh sebesar 24,1 km [1]. Dibandingkan metode heuristik yang sering terjebak pada solusi lokal [10], metode metaheuristik seperti *Genetic Algorithm* (GA), *Particle Swarm Optimization* (PSO), dan *Ant Colony Optimization* (ACO) lebih adaptif dalam menyelesaikan permasalahan optimasi yang kompleks [7]. Oleh karena itu, *Ant Colony Optimization* (ACO) menjadi

salah satu metode yang tepat dalam mencari solusi rute optimal.

Ant Colony Optimization (ACO) merupakan algoritma metaheuristik yang dikembangkan oleh Marco Dorigo pada tahun 1996 dengan meniru perilaku koloni semut dalam menemukan jalur terpendek melalui mekanisme feromon [3]. Algoritma ini bekerja berdasarkan prinsip *stigmergy*, yaitu komunikasi tidak langsung antar semut melalui jejak feromon untuk menemukan rute optimal [11]. Keunggulan *Ant Colony Optimization* (ACO) terletak pada kemampuannya melakukan eksplorasi dan eksploitasi ruang pencarian secara seimbang serta fleksibel dalam menyelesaikan permasalahan optimasi jalur [1].

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan rute pengiriman barang yang optimal pada layanan Lion Parcel di Kabupaten Nagekeo menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). Berdasarkan permasalahan yang ada, akan dilakukan optimasi rute pengiriman barang pada layanan Lion Parcel di Kabupaten Nagekeo dengan menerapkan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk memperoleh jalur distribusi yang lebih optimal berdasarkan jarak dan waktu tempuh.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai penerapan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) pada penentuan rute terpendek destinasi wisata di Banyuwangi menunjukkan bahwa metode ACO mampu digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *Traveling*

Salesman Problem (TSP) secara efektif. Penelitian tersebut dilakukan dengan menentukan rute perjalanan dari Hotel El Royale menuju sebelas destinasi wisata dan kembali ke titik awal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ACO mampu menghasilkan rute optimal dengan total jarak tempuh 409,6 km dan intensitas feromon tertinggi sebesar 0,0024. Selain itu, rute yang dihasilkan lebih efisien dibandingkan hasil pencarian Google Maps dengan selisih jarak lebih pendek sebesar 40,4 km [6].

Penelitian lain mengenai penerapan algoritma Ant Colony Optimization (ACO) pada optimasi rute distribusi barang di PT. Global Jet Express juga menunjukkan hasil yang baik dalam meningkatkan efisiensi distribusi. Penelitian tersebut menggunakan tujuh titik distribusi dengan jarak antar titik yang diperoleh melalui Google Maps dan dimodelkan dalam bentuk graf berbobot simetris. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ACO mampu menghasilkan rute optimal dengan total jarak tempuh 18,90 km dan mencapai konvergensi setelah dua iterasi. Temuan ini membuktikan bahwa algoritma ACO efektif digunakan dalam menyelesaikan permasalahan TSP pada proses distribusi barang [5].

2.2. Lion Parcel

Lion Parcel merupakan perusahaan jasa pengiriman yang berada di bawah naungan Lion Air Group dan bergerak di bidang logistik domestik maupun internasional. Dengan dukungan jaringan udara Lion Air Group, Lion Parcel telah menjangkau sekitar 98% wilayah Indonesia serta memiliki ribuan agen dan armada distribusi. Selain itu, Lion Parcel menyediakan beberapa jenis layanan pengiriman seperti Onepack, Regpack, Jagopack, Interpack, dan Bigpack yang memiliki estimasi waktu pengiriman berbeda-beda [4]. Meskipun memiliki jaringan distribusi yang luas, Lion Parcel masih menghadapi berbagai tantangan dalam proses pengiriman, seperti kondisi geografis, efisiensi armada, serta ketepatan waktu distribusi. Permasalahan tersebut menuntut adanya metode optimasi rute yang mampu menentukan jalur pengiriman secara lebih efektif dan efisien. Oleh karena itu, algoritma Ant Colony Optimization (ACO) dapat digunakan sebagai solusi untuk membantu menentukan rute pengiriman optimal, khususnya pada wilayah dengan kondisi geografis yang kompleks seperti Kabupaten Nagekeo.

2.3. Heuristik

Metode heuristik merupakan pendekatan yang sering digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi dengan ruang pencarian yang luas dan kompleks. Metode ini bekerja menggunakan aturan praktis atau strategi pencarian tertentu untuk memperoleh solusi yang cukup baik dalam waktu yang relatif singkat. Beberapa contoh metode heuristik yang sering digunakan yaitu *Ranked Positional Weight* (RPW), *Largest Candidate Rules* (LCR), dan *Region Approach* (RA). Meskipun tidak selalu menghasilkan

solusi optimal secara global, metode heuristik banyak digunakan karena efisien dalam waktu komputasi dan mudah diimplementasikan [2].

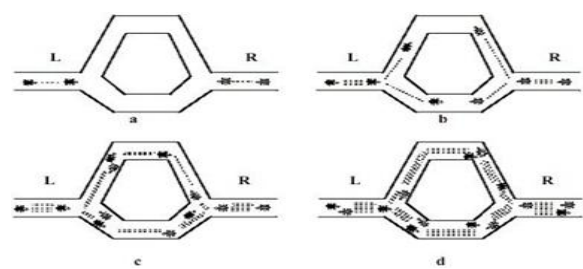
2.4. Metaheuristik

Metode metaheuristik merupakan pendekatan optimasi yang dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan metode heuristik dengan menghasilkan solusi yang lebih optimal dan fleksibel. Metode ini bekerja melalui proses eksplorasi dan eksploitasi dalam pencarian solusi sehingga mampu menghindari solusi lokal. Beberapa algoritma metaheuristik yang sering digunakan antara lain *Genetic Algorithm* (GA), *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Simulated Annealing* (SA), dan *Ant Colony Optimization* (ACO). Karena kemampuannya dalam menangani permasalahan optimasi yang kompleks, metode metaheuristik banyak digunakan pada berbagai kasus optimasi berskala besar [9].

2.5. Ant Colony Optimization

Ant Colony Optimization (ACO) merupakan algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku alami koloni semut dalam menemukan jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan. Semut meninggalkan jejak kimia berupa feromon pada jalur yang dilalui, sehingga jalur dengan konsentrasi feromon lebih tinggi akan lebih sering dipilih oleh semut lainnya. Mekanisme ini kemudian diadaptasi menjadi metode optimasi untuk menyelesaikan berbagai permasalahan pencarian rute dan optimasi kombinatorial. Algoritma ACO pertama kali diperkenalkan oleh Marco Dorigo pada tahun 1992 melalui model Ant System (AS) untuk menyelesaikan Traveling Salesman Problem (TSP).

Dalam algoritma ACO, setiap semut bertindak sebagai agen pencari solusi yang memilih jalur berdasarkan intensitas feromon dan nilai visibilitas jarak. Proses pencarian dilakukan secara iteratif melalui tahapan inisialisasi parameter, perhitungan probabilitas pemilihan jalur, pembentukan rute, serta pembaruan feromon pada setiap iterasi. Jalur terbaik akan memiliki intensitas feromon lebih tinggi sehingga peluang dipilih semakin besar, sedangkan jalur yang kurang optimal akan mengalami penguapan feromon. Karena kemampuannya dalam menemukan solusi optimal secara adaptif dan menghindari local optimum, algoritma ACO banyak digunakan dalam optimasi rute kendaraan, distribusi logistik, dan penjadwalan.



Gambar 1. Ilustrasi kerja semut

Untuk mengetahui implementasi ACO dalam menentukan rute terpendek menurut Dorigo Marco dan Thomas maka diperlukan variabel dan langkah-langkah, yaitu:

- Inisialisasi harga parameter-parameter algoritma:
 - Intensitas jejak semut antar node dan perubahannya ($\Delta\tau_{ij}$).
 - Jarak antar node dii
 - Node berangkat dan node tujuan.
 - Tetapan pengendali intensitas jejak semut (α), nilai $\alpha \geq 0$
 - Tetapan pengendali intensitas visibilitas (β), nilai $\beta \geq 0$.
 - Visibilitas antar node = $1/d_{ij}(\eta_{ij})$

b. Tentukan jarak antarnode

c. Tentukan parameter Alfa (α), Beta (β), τ_{ii} awal, jarak antar node.

d. Tentukan visibilitas antar node dengan menggunakan rumus:

$$\eta_{ij} = 1/d_{ij} \quad (1)$$

Dimana:

η_{ij} : informasi heuristik (visibility) pada edge $i-j$; makin kecil jarak, makin besar visibilitas.

e. Tentukan penjumlahan dari visibilitas antar node yang telah dihitung dengan rumus:

$$\sum_{k \in J_i} [\tau_{ik}]^\alpha \cdot [\eta_{ik}]^\beta \quad (2)$$

f. Tentukan probabilitas dari node asal ke node berikutnya dapat dihitung dengan rumus:

$$P_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in J_i} [\tau_{ik}]^\alpha \cdot [\eta_{ik}]^\beta} \quad (3)$$

Dimana:

P_{ij}^k : probabilitas semut k yang berada di node i memilih node j sebagai tujuan berikutnya.

J_i : himpunan node yang masih boleh dikunjungi semut k dari node i (belum ada di tabu list).

g. Panjang rute tiap semut dengan rumus:

$$L_k = \sum_{(i,j) \in \text{tur}_k} d_{ij} \quad (4)$$

Dimana:

L_k = total jarak/biaya rute yang ditempuh semut ke- k .

tur_k = urutan edge yang dilalui semut k dari start sampai kembali ke depot/tujuan.

h. Tambahan feromon semut k di edge (i, j) :

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, & \text{jika semut } k \text{ melewati edge } (i, j) \\ 0, & \text{jika tidak} \end{cases} \quad (5)$$

Dimana:

Jika semut k menggunakan edge tersebut dalam rutennya, ia menambah feromon dengan besar Q/L_k .

i. Akumulasi semua semut:

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (6)$$

Menjumlahkan semua kontribusi feromon dari seluruh semut pada edge yang sama di satu iterasi.

j. Update feromon

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij} \quad (7)$$

Dimana:

$(1 - \rho)\tau_{ij}$: bagian feromon yang tersisa setelah penguapan; mengurangi dominasi jalur lama.

$\Delta\tau_{ij}$: feromon baru dari rute-rute semut pada iterasi tersebut.

- Probabilitas tertinggi menghasilkan pemilihan node berikutnya. Setelah semua node dikunjungi dan rute selesai, dilakukan perhitungan panjang rute dan update feromon.

2.6. Metode Haversine

Metode Haversine merupakan metode yang digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik di permukaan bumi berdasarkan nilai lintang (latitude) dan bujur (longitude). Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan bentuk bumi yang mendekati bola sehingga hasil jarak yang diperoleh lebih akurat dibandingkan perhitungan jarak biasa. Metode ini banyak digunakan pada sistem navigasi, pemetaan, dan optimasi rute pengiriman untuk menentukan jarak antar lokasi secara geografis [8]. Rumus Haversine digunakan untuk menghitung jarak antar dua titik koordinat sebagai berikut:

$$d = 2r \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta\phi}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right) \quad (8)$$

Dimana:

d = jarak antara dua titik

r = jari-jari bumi, biasanya 6371 km

ϕ_1 = latitude titik 1 dalam radian

ϕ_2 = latitude titik 2 dalam radian

$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$

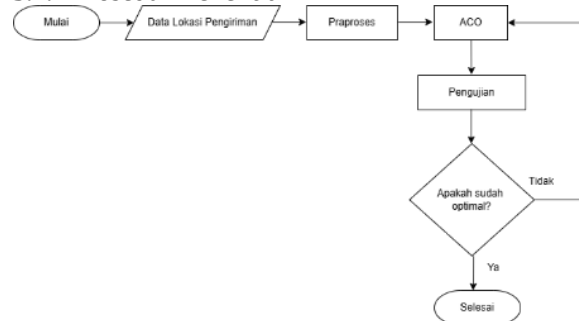
$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$

λ_1 = longitude titik 1 dalam radian

λ_2 = longitude titik 2 dalam radian

3. METODE PENELITIAN

3.1. Prosedur Penelitian



Gambar 2. Flowchart penelitian

a. Data Lokasi Pengiriman

Tahap awal dilakukan dengan mengumpulkan titik lokasi pengiriman berupa kantor agen Lion Parcel sebagai titik awal dan lokasi tujuan pengiriman. Selanjutnya dibuat matriks jarak antar lokasi berdasarkan data dari Google Maps sebagai dasar perhitungan optimasi rute.

b. Praproses

Tahap praproses dilakukan dengan menyiapkan data koordinat dan alamat lokasi pengiriman serta menentukan parameter algoritma ACO

seperti jumlah semut, feromon awal, dan jumlah iterasi.

c. *Ant Colony Optimization* (ACO)

Pada tahap ini dilakukan proses optimasi rute menggunakan algoritma ACO dengan parameter $\alpha = 1$, $\beta = 5$, $\rho = 0.2$, dan jumlah semut sebanyak 2 untuk mencari rute pengiriman paling optimal pada 30 titik pengantaran.

d. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan membandingkan jarak hasil optimasi ACO dengan jarak aktual dari Google Maps untuk mengetahui tingkat efisiensi rute yang dihasilkan.

3.2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini dilakukan untuk membangun sebuah antarmuka yang sederhana, intuitif, dan mudah digunakan dalam proses optimasi pencarian jalur terpendek untuk layanan Lion Parcel menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Lokasi dan Parameter

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa 30 titik lokasi pengiriman Lion Parcel di Kabupaten Nagekeo yang terdiri dari satu titik depot dan beberapa titik tujuan pengiriman. Setiap lokasi memiliki data koordinat latitude dan longitude yang digunakan untuk menghitung jarak antar titik menggunakan metode *haversine*. Parameter algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) yang digunakan yaitu jumlah semut 2, iterasi maksimum 100, nilai alpha 1, beta 1, evaporasi 0.2, dan feromon awal 1.

Tabel 1. Data lokasi pengiriman

No	Nama Titik	Latitude	Longitude
1	Lion Parcel Travel Agen Tiket & Cargo	-8.56767	121.27172
2	Luxcindo Jaya	-8.56568	121.27182
3	Badan Pusat Statistik Kabupaten Nagekeo	-8.57405	121.28157
4	Apotek Anugerah Farma	-8.56934	121.28941
5	SD Inpres Danga	-8.5614	121.27199
6	Bendungan Mbay	-8.6898	121.27949
7	Dinas Pangan Daerah Kabupaten Nagekeo	-8.55844	121.26496
8	LBS Motorized Koramil Mbay	-8.55029	121.2684
9	SD Negeri Kaburea	-8.61344	121.51613
10	Pasar Mbay Kabupaten Nagekeo	-8.56544	121.26739
11	Mega Ponsel Mbay	-8.56712	121.27015
12	Kantor Aesesa Polsek	-8.56271	121.26735
13	Puskesmas Danga	-8.57226	121.2939

No	Nama Titik	Latitude	Longitude
14	Hotel Pepita Mbay	-8.56557	121.27876
15	Kantor Desa Nggolombay	-8.57416	121.25425
16	Paudo	-8.56216	121.27099
17	Jl. Pramuka Danga	-8.56173	121.27006
18	Jl. Anton Bhia Wea Danga	-8.56262	121.26500
19	Kantor Bumi Indah	-8.62484	121.32816
20	Desa Lape	-8.56653	121.29127
21	Kampung Adat Mbay	-8.57160	121.25243
22	Kantor Desa Ngegedhawe	-8.60992	121.31693
23	Watukesu Gang 7	-8.56301	121.27591
24	Watukesu	-8.55958	121.27702
25	SMAK St. Clemens Boawae	-8.76566	121.16996
26	Kantor Bupati Nagekeo	-8.57518	121.28232
27	KSP Serviam Bhakti Mandiri	-8.57160	121.30283
28	KOPDIT Sangosay Mbay	-8.56417	121.27333
29	RSUD Aeramo Kabupaten Nagekeo	-8.58136	121.3348
30	Ratedosa	-8.57914	121.31487

4.2. Hasil Rute Optimal

Rute optimal merupakan jalur pengiriman terbaik yang diperoleh berdasarkan perhitungan jarak antar titik menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization*. Jalur ini dipilih karena memiliki total panjang rute yang paling kecil dibandingkan alternatif rute lainnya, sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu tempuh dan menekan biaya operasional pengiriman.

Tabel 2. Data percobaan optimasi

Percobaan	m	Iterasi	α	β	ρ	τ_0	Hasil
1	2	100	1	5	0.2	1	162.78
2	2	100	1	5	0.2	1	131.263
3	10	100	1	5	0.2	1	116.57
4	20	100	1	5	0.2	1	116.57
5	10	100	2	3	0.2	1	116.33
6	10	100	1	1	0.2	1	114.97

Berdasarkan hasil percobaan parameter algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO), setiap perubahan parameter memberikan pengaruh terhadap jarak rute yang dihasilkan. Hasil terbaik diperoleh pada percobaan dengan jumlah semut 10, iterasi 100, alpha 1, beta 1, evaporasi 0.2, dan feromon awal 1 dengan total jarak sebesar 114.97 km. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi parameter tersebut mampu menghasilkan rute pengiriman yang lebih optimal dan efisien.

Tabel 3. Hasil rute optimal

Urutan	Nama Titik	Jarak Prediksi (km)	Waktu (min)	Aktual (km)	Waktu (min)
1	Lion Parcel Travel Agen Tiket & Cargo Depot	0	0	0	0
2	Luxcindo Jaya	0.221	0.33	0.28	1
3	Mega Ponsel Mbay	0.243	0.36	0.35	1
4	Jl. Anton Bhia Wea Danga	0.755	1.13	1.1	2
5	Kantor Aesesa Polsek	0.259	0.39	0.26	1
6	Pasar Mbay Kabupaten Nagekeo	0.304	0.46	0.6	2
7	Hotel Pepita Mbay	1.251	1.88	1.6	4
8	Watukesu Gang 7	0.423	0.64	0.55	2
9	KOPDIT Sangosay Mbay	0.312	0.47	0.6	2
10	Paudo	0.34	0.51	0.4	1
11	SD Inpres Danga	0.139	0.21	0.091	1
12	Jl. Pramuka Danga	0.216	0.32	0.21	1
13	Watukesu	0.802	1.2	1.1	3
14	LBS Motorized Koramil Mbay	1.402	2.1	1	3
15	Dinas Pangan Daerah Kabupaten Nagekeo	0.981	1.47	0.85	1
16	Kantor Desa Nggolombay	2.108	3.16	2.2	4
17	Kampung Adat Mbay	0.347	0.52	0.8	2
18	Bendungan Mbay	13.476	20.21	35.2	64
19	SMAK St. Clemens Boawae	14.699	22.05	22.2	41
20	SD Negeri Kaburea	41.646	62.47	74.7	116
21	Kantor Bumi Indah	20.705	31.06	39.2	60
22	Kantor Desa Ngegedhawe	2.068	3.1	3.9	7
23	RSUD Aeramo Kabupaten Nagekeo	3.734	5.6	11.3	18
24	Ratedosa	2.205	3.31	2.9	6
25	KSP Serviam Bhakti Mandiri	1.567	2.35	2.6	4
26	Puskesmas Danga	0.984	1.48	1.4	3
27	Apotek Anugerah Farma	0.591	0.89	0.75	2
28	Desa Lape	0.373	0.56	0.45	1
29	Kantor Bupati Nagekeo	1.376	2.06	1.9	4
30	Badan Pusat Statistik Kabupaten Nagekeo	0.15	0.23	0.13	1
31	Lion Parcel Travel Agen Tiket & Cargo Depot	1.295	1.94	1.7	4
Total:		114,972 km	172,46 min	210.321 km	362 min



Gambar 5. Visualisasi jalur

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rute optimal dimulai dari depot dan mengunjungi seluruh titik tujuan dengan total jarak tempuh sebesar 114.927 km dan estimasi waktu perjalanan 172.46 menit dibandingkan dengan jarak aktual 210.321 km dan estimasi waktu sebesar 362 menit selisih antara keduanya sebesar 95.343 km dan waktunya 189.54, hasil tersebut menunjukkan bahwa rute hasil optimasi lebih pendek sebesar 95.343 km dan waktunya sebesar 189.54 dibandingkan rute dan waktu aktual.

4.3. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan membandingkan hasil rute optimasi algoritma Ant Colony Optimization (ACO) dengan rute aktual serta melakukan black box testing pada fungsi sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total jarak rute aktual sebesar 210.321 km, sedangkan hasil optimasi ACO sebesar 114.927 km dengan selisih 95.343 km. Selain itu, waktu tempuh hasil optimasi sebesar 172.46 menit lebih cepat dibandingkan waktu aktual sebesar 362 menit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa algoritma ACO mampu menghasilkan rute pengiriman yang lebih efisien dari segi jarak dan waktu.

Pengujian black box testing dilakukan untuk memastikan seluruh fitur sistem berjalan dengan baik, seperti pemilihan titik pengiriman, proses optimasi rute, tampilan hasil rute, dan visualisasi jalur pada peta. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Tabel 4. Pengujian sistem

Fitur yang diuji	Input	Output yang diharapkan	Hasil
Pilih titik pengiriman	Centang beberapa titik	Titik terpilih tersimpan	Berhasil
Jalankan ACO	Klik tombol Jalankan	Sistem menghitung rute	Berhasil
Perhitungan rute	Data titik dipilih	Rute optimal muncul	Berhasil
Tabel hasil rute	Proses selesai	Total jarak tampil	Berhasil
Visualisasi peta	Rute terbentuk	Jalur tampil di peta	Berhasil

Hasil pengujian *black box* menunjukkan bahwa seluruh fitur pada sistem dapat berfungsi dengan baik. Setiap input yang dimasukkan oleh pengguna dapat diproses oleh sistem dan menghasilkan output sesuai dengan kebutuhan. Dengan demikian, sistem dinyatakan layak digunakan sebagai alat bantu dalam proses optimasi rute pengiriman Lion Parcel.

4.4. Kelebihan Sistem

Kelebihan sistem pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Sistem mampu menentukan rute pengiriman secara otomatis berdasarkan titik lokasi yang dipilih pengguna.
- Menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) yang efektif dalam mencari jalur terpendek dari titik depot ke beberapa titik tujuan.
- Sistem menampilkan urutan rute pengiriman secara jelas sehingga memudahkan kurir dalam menentukan jalur distribusi.
- Menyediakan visualisasi rute pada peta digital sehingga pengguna dapat melihat jalur pengiriman secara langsung.
- Sistem dapat menghitung total jarak tempuh rute secara otomatis berdasarkan koordinat lokasi.

4.5. Kekurangan Sistem

Kekurangan sistem pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Parameter algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) sebaiknya diatur secara otomatis agar hasil rute yang diperoleh lebih stabil dan optimal.
- Sistem perlu dikembangkan agar dapat mendukung multi depot, sehingga lebih fleksibel dalam menangani distribusi pengiriman dari lebih dari satu titik awal.
- Pada penelitian selanjutnya, sistem sebaiknya mempertimbangkan kapasitas kendaraan dalam proses optimasi rute, agar hasil yang diperoleh tidak hanya efisien dari segi jarak tetapi juga sesuai dengan kemampuan angkut kendaraan.
- Data lokasi pengiriman perlu diperluas dan dapat diintegrasikan dengan sumber data yang lebih

lengkap agar sistem mampu menghasilkan rute yang lebih akurat dan representatif.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) pada optimasi rute pengiriman Lion Parcel di Kabupaten Nagekeo terbukti mampu menghasilkan rute yang lebih efisien dibandingkan rute aktual, dengan total jarak aktual sebesar 210.321 km dan total jarak hasil optimasi sebesar 114.927 km, serta selisih jarak sebesar 95.343 km. Selain itu, waktu tempuh juga mengalami penurunan dari 362 menit menjadi 172.46 menit, sehingga menunjukkan bahwa algoritma ACO tidak hanya mampu memperpendek jarak rute, tetapi juga mempercepat proses pengiriman dan meningkatkan efisiensi distribusi. Namun, untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan agar parameter pada algoritma (ACO) disarankan dilakukan secara otomatis agar proses pencarian rute menjadi lebih konsisten dan mampu menghasilkan solusi yang lebih optimal. Selain itu, pengembangan sistem multi depot juga perlu dilakukan sehingga aplikasi dapat menangani proses distribusi pengiriman dari lebih dari satu titik awal secara lebih fleksibel dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Ariyanti, "Implementasi *Ant Colony Optimization* Untuk Optimisasi Rute Terpendek pada Pengiriman Barang di Kantor J&T Kota Jambi," Tugas Akhir, Univ. Jambi, Jambi, Indonesia, 2024.
- [2] M. Basuki, M. Z. Hermanto, S. Aprilyanti, dan M. Junaidi, "Perancangan Sistem Keseimbangan Lintasan Produksi dengan Pendekatan Metode Heuristik," *Jurnal Teknologi*, vol. 11, no. 2, pp. 117-126, 2019.
- [3] M. P. Haidi dan P. Affandi, "Penerapan Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) Rute Terpendek Studi Kasus Distribusi Minyak Goreng Toko Cahaya Berkah," *Equiva Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 9-17, 2025.
- [4] E. A. Harahap, T. M. Syaumi, dan S. Anwar, "Analisis Estimasi Pengiriman dan Kualitas Packaging: Studi Kasus PT. Lion Parcel Cabang Krakatau," *Jurnal Bisnis dan Kajian Strategi Manajemen*, vol. 9, no. 1, pp. 82-96, 2025.
- [5] A. Haris, "Penerapan Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) pada Traveling Salesman Problem Dalam Pencarian Optimasi Rute Distribusi Barang Di PT. Global Jet Express," Tugas Akhir, Univ. Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Riau, Indonesia, 2025.
- [6] O. K. Indrawati, "Implementasi Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Menentukan Rute Terpendek Destinasi Wisata Banyuwangi," Tugas Akhir, Univ. Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, Indonesia, 2022.

- [7] N. A. V. Meitasari dan A. Adhi, "Optimisasi Rute Pengiriman Produk Usaha Mikro Kecil dan Menengah Menggunakan Metode Metaheuristik Particle Swarm Optimization," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 10, no. 2, pp. 12684-12690, 2025.
- [8] E. Erdiansyah, O. Komarudin, and I. Maulana, "Implementasi Rumus Haversine dan Algoritma Dijkstra dalam Pencarian Rute Perjalanan Menggunakan KRL pada Aplikasi Berbasis Android," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 7, no. 4, pp. 2856–2863, 2023.
- [9] D. Prayogo, R. A. Gosno, R. Evander, dan S. Limanto, "Implementasi Metode Metaheuristik Symbiotic Organisms Search dalam Penentuan Tata Letak Fasilitas Proyek Konstruksi Berdasarkan Jarak Tempuh Pekerja," *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Industri*, vol. 19, no. 2, pp. 103-114, 2017.
- [10] W. R. Ramdani dan R. Praditha, "Pola dan Estimasi Laba dalam Heuristik Representativeness (Studi Eksperimen dalam Peramalan Laba Masa Depan)," *Jurnal Riset Akuntansi Jambi*, vol. 2, no. 1, pp. 14-23, 2019.
- [11] V. Risqiyanti, H. Yasin, dan R. Santoso, "Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Metode Algoritma 'Ant Colony Optimization' pada GUI MATLAB (Studi kasus: PT Distriversa Buana Mas cabang Purwokerto)," *Jurnal Gaussian*, vol. 8, no. 2, pp. 272-284, 2019.
- [12] D. H. Saragih, "Tanggung Jawab Hukum Jasa Ekspedisi dalam Pengajuan Klaim atas Kerusakan dan Hilangnya Barang Kiriman pada PT Lion Parcel di Kota Medan," *Tugas Akhir, Univ. Medan Area, Medan, Indonesia*, 2023.