

PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI MAKANAN RINGAN UD.XYZ MENGUNAKAN ANT COLONY OPTIMIZATION

Priti Yanti Hutapea¹, Ragil Beta Permana², Abdi Zakariya Arrozi³, Samsul Amar⁴,
Trisita Novianti⁵

Pritihutape@gmail.com¹

Universitas Trunojoyo Madura

ABSTRAK

Distribusi yang efisien merupakan aspek penting dalam menjaga ketepatan waktu dan biaya operasional pada perusahaan yang bergerak di bidang logistik dan pemasaran produk konsumsi. UD. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam distribusi makanan ringan dan menghadapi permasalahan rute pengiriman yang tidak efisien, sehingga menyebabkan jarak tempuh lebih panjang, biaya operasional meningkat, dan kapasitas armada tidak digunakan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute distribusi terbaik menggunakan metode Ant Colony Optimization (ACO) pada permasalahan Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). Data yang digunakan meliputi permintaan 17 agen, koordinat lokasi, serta kapasitas dua armada distribusi. Perhitungan jarak dilakukan menggunakan koordinat geografis dan bantuan pemodelan algoritmik berbasis Python. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ACO mampu menghasilkan enam rute optimal dengan total jarak tempuh 1536,59 km, di mana rute tersebut lebih efisien dibandingkan rute sebenarnya perusahaan. Selain itu, algoritma ACO dapat mengelompokkan agen berdasarkan jarak terdekat dan memastikan batas kapasitas kendaraan tidak terlampaui. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan ACO dapat mengurangi waktu distribusi, meningkatkan efisiensi biaya transportasi, serta memperbaiki kualitas layanan pengiriman UD. XYZ.

Kata Kunci: Ant Colony Optimization; Distribusi; Rute Optimal; Capacitated Vehicle Routing Problem (Cvrp).

ABSTRACT

Efficient distribution is a crucial aspect in maintaining timeliness and operational costs for companies engaged in logistics and consumer product marketing. UD. XYZ is a company engaged in the distribution of snacks and faces the problem of inefficient delivery routes, resulting in longer travel distances, increased operational costs, and underutilization of fleet capacity. This study aims to determine the best distribution route using the Ant Colony Optimization (ACO) method for the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). The data used include requests from 17 agents, location coordinates, and the capacity of two distribution fleets. Distance calculations were performed using geographic coordinates and the assistance of Python-based algorithmic modeling. The results show that the ACO method is able to generate six optimal routes with a total distance of 1536.59 km, where these routes are more efficient than the company's actual routes. In addition, the ACO algorithm can group agents based on the closest distance and ensure that vehicle capacity limits are not exceeded. These findings indicate that the implementation of ACO can reduce distribution time, increase transportation cost efficiency, and improve the quality of UD. XYZ's delivery services.

Keywords: Ant Colony Optimization; Distribution; Optimal Route; Capacitated Vehicle Routing Problem (Cvrp).

PENDAHULUAN

UD. XYZ Merupakan usaha yang beroperasi di industri makanan ringan, di mana efisiensi dan kecepatan distribusi adalah faktor penting kepuasan konsumen. Sebagaimana permasalahan umum pada industri yang sejenis. UD. XYZ menghadapi tantangan yang berpengaruh terhadap sektor distribusi, terutama terkait keterlambatan pengiriman produk

yang berkelanjutan dan kurangnya pemanfaatan kapasitas armada transportasi. Penentuan rute yang kurang terstruktur, cenderung berdasarkan kebiasaan atau perkiraan, menyebabkan total jarak tempuh yang lebih panjang dari seharusnya. Dapat dikategorikan masalah yang sedang dihadapi UD. XYZ sebagai Vehicle Routing Problem, sebuah masalah optimasi yang memerlukan pendekatan matematis untuk mendapatkan solusi rute terbaik.

UD. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri pemasok makanan ringan. Produk yang dipasarkan meliputi keripik tahu pong, keripik puyur pedas, keripik enting jahe, kerupuk rambak kerbau, keripik nangka, dan keripik gadung. Saat ini, perusahaan menghadapi permasalahan dalam pendistribusian sistem yang belum berjalan secara efektif karena belum menerapkan metode optimasi. Berdasarkan hasil observasi awal, diketahui bahwa perusahaan tidak menggunakan pendekatan khusus dalam penentuan jalur distribusi, sehingga rute pengiriman menjadi lebih panjang dari seharusnya dan menyebabkan ketidakoptimalan.

Penentuan rute hanya didasarkan pada pengetahuan supir mengenai jalan menuju lokasi tujuan. Akibatnya, proses pengiriman sering mengalami keterlambatan. Selain itu, kapasitas kendaraan pengangkut juga belum dimanfaatkan secara maksimal. Pengiriman dilakukan tanpa mempertimbangkan rute dan kapasitas muatan yang optimal, serta sering terjadi pengulangan pengiriman ke lokasi yang sama. Hal ini mengakibatkan agen-agen harus menunggu karena keterbatasan armada pendistribusian. Kondisi tersebut diperparah dengan perbedaan jarak dan permintaan antar agen yang beragam, sehingga biaya distribusi meningkat akibat kurangnya perencanaan dan perhitungan yang matang dalam proses pendistribusian produk.

Upaya untuk memecahkan masalah VRP tersebut, diperlukan metode optimasi yang mampu menemukan solusi yang efisien. Algoritma Ant Colony Optimization merupakan salah satu metode metaheuristik yang sangat efektif. ACO terinspirasi dari perilaku cerdas kolektif semut dalam mencari jalur makanan. Semut meninggalkan jejak pheromone pada jalur yang mereka lalui; jalur yang lebih pendek akan memiliki konsentrasi pheromone yang lebih tinggi, menarik lebih banyak semut, dan secara otomatis memperkuat jalur tersebut sebagai solusi optimal (Wibowo & Handayani, 2021). Keberhasilan penerapan ACO dalam mencari rute distribusi terpendek telah terbukti dalam studi kasus sejenis (Haidi & Affandi, 2025), menunjukkan potensi besar algoritma ini untuk diterapkan pada sistem logistik makanan ringan. Selain itu, keunggulan ACO dalam menangani masalah optimasi diskrit menjadikannya pilihan yang tepat dibandingkan dengan metode heuristic lainnya. Penelitian sebelumnya, dalam optimal rute pengiriman makanan ringan pada UD.XYZ menggunakan metode pendekatan nearest insert dan saving matrix menghasilkan penghematan jarak sebesar 27,05% dan penghematan biaya distribusi sebesar 4,97% (Nur Fanani & Sukma Donoriyanto, 2023).

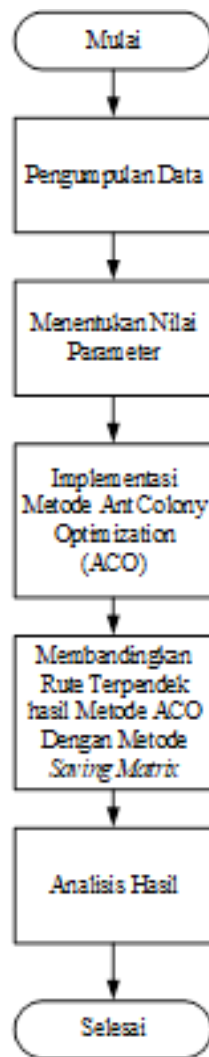
Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penentuan rute pengiriman barang, yang diklasifikasikan sebagai permasalahan optimasi kombinatorial yang kompleks. Masalah ini fokus pada penentuan rute optimal bagi armada kendaraan untuk melayani satu atau lebih pelanggan dari satu atau beberapa depot yang tersedia. Salah satu bentuk pengembangan dari VRP yang paling sering digunakan adalah Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). Model ini menambahkan batasan berupa kapasitas kendaraan yang bersifat homogen (sama) untuk melayani sejumlah pelanggan dengan permintaan tertentu. Dalam CVRP, total permintaan pelanggan pada setiap rute tidak boleh melebihi kapasitas maksimum kendaraan yang digunakan. Setiap rute pengiriman harus dimulai dan berakhir di depot yang sama, serta setiap pelanggan hanya boleh dikunjungi satu kali oleh satu kendaraan.

Berdasarkan urgensi dalam upaya peningkatan efisiensi dan didukung oleh efektivitas metode, penelitian ini berfokus pada penerapan Algoritma Ant Colony Optimization untuk optimalisasi rute distribusi agen makanan ringan UD. XYZ. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi rute distribusi optimal yang dapat meminimalkan biaya operasional dan mengurangi waktu pengiriman. Hasil yang diharapkan adalah solusi rute yang terstruktur dan terukur, yang dapat menjadi landasan bagi UD. XYZ untuk memperbaiki sistem logistiknya dan mengatasi masalah keterlambatan serta ketidakoptimalan pemanfaatan armada yang selama ini menghambat kinerja perusahaan.

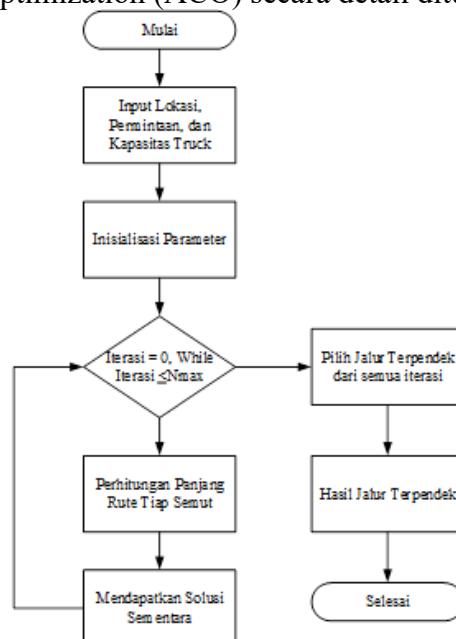
METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan mengambil data lokasi pendistribusian makanan ringan di Kota Surabaya dari penelitian sebelumnya Fanani & Donoriyanto (2023). Penelitian ini akan menentukan jalur terpendek untuk kendaraan saat melakukan pengiriman produk ke masing-masing titik agen. Penyelesaian permasalahan optimasi ini akan menggunakan algoritma ACO dengan bantuan software python dan Google maps untuk menghitung titik koordinat. Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang fokus pada optimasi rute distribusi dengan mengimplementasikan metode metaheuristik. Pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif, karena seluruh analisis dilakukan berdasarkan data numerik mengenai titik koordinat atau lokasi distribusi yaitu latitude dan longitude, permintaan pelanggan, serta kapasitas kendaraan yang bertujuan mengembangkan dan menguji implementasi algoritma ACO untuk menyelesaikan rute yang dihasilkan dan dibandingkan dengan rute aktual perusahaan dan heuristik konvensional (misalnya metode Saving matrix dan Nearest Insertion).

Data yang digunakan dalam penelitian antara lain meliputi data lokasi agen yang menggambarkan posisi atau alamat agen yang tidak berubah, serta data permintaan produk yang menunjukkan jumlah kebutuhan produk makanan ringan pada setiap agen. Selain itu, data kapasitas kendaraan digunakan untuk memberikan informasi mengenai kemampuan angkut armada dalam mendistribusikan produk. Jarak antara gudang dan agen pendistribusian makanan ringan diperoleh dengan menggunakan aplikasi Google Maps, yang menghitung jarak berdasarkan koordinat geografis (lintang dan bujur) dari masing-masing lokasi, sehingga hasil perhitungan jarak menjadi lebih akurat dan terukur. Flowchart penelitian secara detail ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart penelitian
Flowchart Ant Colony Optimization (ACO) secara detail ditunjukkan pada gambar 3



Gambar 3. Flowchart Ant Colony Optimization (ACO)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan Data lokasi depot dan agen UD. XYZ digunakan sebagai simpul dalam model grafik. Setiap simpul merepresentasikan titik tujuan pengiriman dengan koordinat geografis dan jumlah permintaan. Data dari penelitian ini di dapatkan dan di olah secara matematis. Kode yang di gunakan dalam setiap titik lokasi yaitu menggunakan kode A0 – A17. Kode A0 memiliki arti sebagai gudang utama atau pusat pengiriman. Kode A1 – A 17 di artikan sebagai titik titik dari pelanggan/ agen distribusi dari UD. XYZ. Setiap agen dari UD. XYZ memiliki *demand* atau permintaan yang dijadikan patokan dalam pengiriman dikarenakan pada setiap pengiriman tidak boleh melebihi kapasitas yang tersedia. Data demain dan lokasi nya adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Data koordinat dan *demand* setiap agen

K ode	Kota	D emand
A 0	Gudang (Surabaya)	0
A 1	Sidoarjo	20 45
A 2	Surabaya (agen dalam kota)	19 23
A 3	Pasuruan	49 7
A 4	Probolinggo	96 3
A 5	Ponorogo	13 70
A 6	Lumajang	29 6
A 7	Jember	12 89
A 8	Banyuwangi	10 35
A 9	Malang	14 94
A 10	Bangkalan (Madura)	11 16
A 11	Blitar	16 22
A 12	Kediri	13 24
A 13	Tulungagung	21 58
A 14	Mojokerto	45 4
A 15	Jombang	84 1
A 16	Gresik	29 56
A 17	Tuban	74 6

Tabel 1. proses pendistribusian menggunakan dua unit kendaraan dengan jenis yang berbeda yang digunakan untuk mengirikan dari Gudang ke setiap agen. Dua kendaraan tersebut memiliki kapasitas yang berbeda. Table data dari kapasitas kendaraan yang di gunakan oleh perusahaan UD. XYZ Adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Armada dan kapasitas angkut

Nama <i>Truck</i>	Ka pasitas
Suzuki Futura Box	20 00
Isuzu Traga	40 00

Untuk menentukan rute pendistribusian makanan ringan pada 17 agen, digunakan parameter untuk menentukan rute pengiriman barang $\alpha = 1$, $\beta = 1$, $\rho = 1$, $\tau_{ij} = 0,5$, $Q = 1$, $C_{max} = 1$. Keterangan α (alpha) menunjukkan **tingkat pengaruh jejak feromon (τ)** terhadap keputusan semut dalam memilih jalur. β (beta) menunjukkan **tingkat pengaruh jarak atau heuristik (η)** terhadap keputusan pemilihan jalur. ρ (*rho*) merupakan **tingkat penguapan feromon** pada setiap iterasi. τ_{ij} menunjukkan **jumlah feromon pada jalur dari titik i ke titik j**. Q (konstanta feromon total) merupakan **konstanta pengontrol jumlah feromon yang diletakkan** oleh semut setelah menyelesaikan perjalanan. C_{max} (kapasitas maksimum kendaraan) menunjukkan **batas kapasitas muatan kendaraan distribusi**. Nilai parameter tersebut digunakan untuk menghitung nilai probabilitas pada persamaan, dalam penentua jarak rute pendistribusian makanan ringan, maka perlu untuk mengetahui data jarak antar masing-masing agen. Gunanya mengetahui jarak antar masing masing agen yaitu agar pengiriman yang dilakukan berjalan optimal. Berikut merupakan data jarak antar seetiap agen dari Perusahaan UD. XYZ.

Tabel 3. Matrik jarak pada setiap titik koordinat (Km)

Dari \ Ke	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A0	0	3.7	22	41	83	20	12	17	28
A1	3.7	0	37	42	82	20	12	16	27
A2	22	37	0	73	11	19	8	19	30
A3	41	42	73	0	48	23	92	13	23
A4	83	82	11	48	0	27	52	94	19
A5	20	20	19	23	27	0	32	36	47
A6	12	12	8	92	52	32	0	68	17
A7	17	16	19	13	94	36	68	0	10
A8	28	27	30	23	19	47	17	10	0
A9	67	66	97	74	7	4	26	88	20
A10	13	13	18	22	30	26	7	42	3
A11	14	14	15	19	10	15	27	39	27
A12	12	12	11	15	19	14	28	39	28
A13	15	15	19	23	80	27	31	43	11
A14	57	59	55	94	13	15	17	21	33
A15	82	85	81	9	16	24	36	14	5
A16	45	47	47	82	12	19	20	32	10
A17	12	12	9	99	20	24	28	40	18
Dari \ Ke	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
A0	67	13	14	12	15	57	82	45	12
A1	66	13	14	12	15	59	85	47	12
A2	97	18	15	11	19	55	81	47	9
A3	74	22	19	15	23	94	92	82	99
A4	7	30	10	19	23	13	16	12	20
A5	4	26	15	14	27	15	24	19	24
A6	26	7	27	28	31	17	36	20	28
A7	88	42	39	39	43	21	14	16	40
A8	20	3	27	28	11	33	5	8	28
A9	0	20	82	98	256	158	184	125	206
A10	20	0	274	221	34	122	87	165	174
A11	82	274	0	50	37	71	40	114	123
A12	98	221	50	0	0	106	75	149	158
A13	256	34	37	0	0	0	34	51	97
A14	158	122	71	106	0	0	0	76	83
A15	184	87	40	75	34	0	0	0	85
A16	125	165	114	149	51	76	0	0	0
A17	206	174	123	158	97	83	85	0	0

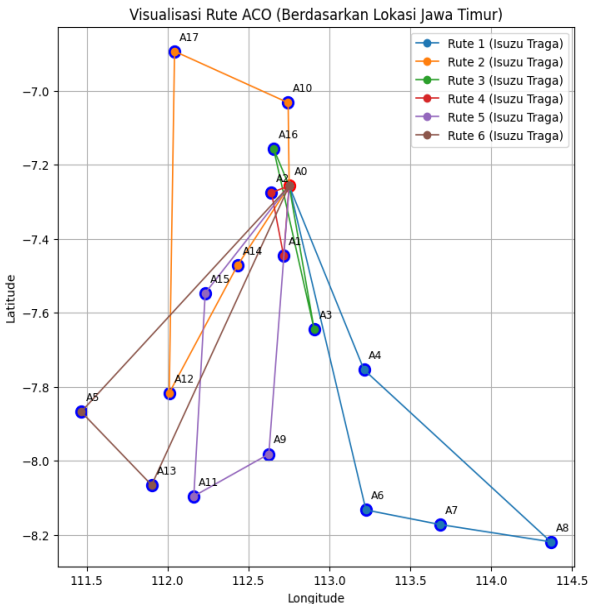
Tabel 3. hasil dari penelitian lebih efisien dibandingkan dengan estimasi pengiriman berdasarkan pengalam supir. Hasil dari penelitian ini menghasilkan enam rute terbaik

yang memiliki total jarak 1536.59 km dengan menggunakan parameter seperti yang di atas dan menggunakan metode ACO enam rute ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Urutan Rute Terbaik

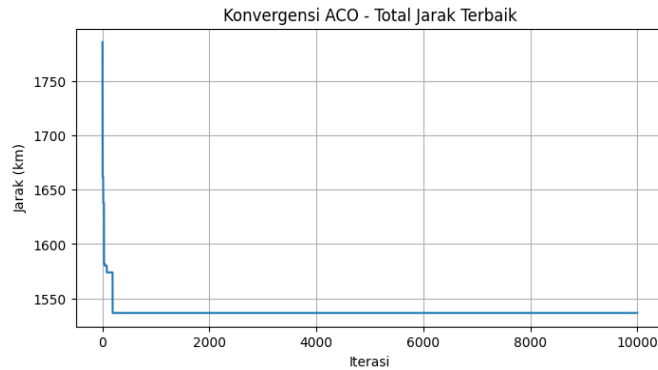
Warna Rute	Urutan Kunjungan	Jarak Rute
Biru	A0→A4→A7→A8→A0	449.01 km
Orange	A0→A10→A17→A12→A14→A0	309.48 km
Hijau	A0→A16→A3→A0	122.71 km
Merah	A0→A2→A1→A0	54.30 km
Ungu	A0→A9→A11→A15→A0	261.47 km
Cokelat	A0→A13→A5→A0	339.62 km
Total Jarak		1536.59 km

Tabel 4. algoritma ACO berhasil dalam mengoptimalkan jarak pengiriman, selain mengoptimalkan jarak pengiriman algoritma ini juga bisa membagi beban yang sesuai dengan kapasitas kendaraan yang tersedia. Gambaran dari visual rute dari pendistribusian makanan ringan dari UD. XYZ adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Visualisasi Rute ACO

Gambar 4. visualisasi rute menunjukkan hasil pembagian wilayah distribusi berdasarkan algoritma ACO di Provinsi Jawa Timur. Setiap warna mewakili satu rute pengiriman yang dilakukan oleh armada **Isuzu Traga**. Terlihat bahwa ACO mampu mengelompokkan agen-agen yang terdekat secara geografis dalam satu rute, sehingga perjalanan menjadi lebih efisien. Rute tidak saling tumpang tindih dan seluruh titik agen terhubung kembali ke gudang (A0) sebagai titik awal dan akhir perjalanan. Hal ini membuktikan bahwa metode ACO dapat mengoptimalkan pembagian wilayah distribusi dan meminimalkan jarak tempuh antargen.



Gambar 2. Konvergensi ACO

Gambar 5. grafik konvergensi menunjukkan bahwa algoritma ACO mampu mencapai solusi optimal dengan cepat. Pada awal iterasi, total jarak rute mengalami penurunan tajam dari sekitar 1800 km menjadi sekitar 1550 km, menandakan bahwa algoritma segera menemukan kombinasi rute yang lebih efisien. Setelah iterasi ke-1500, nilai jarak mulai stabil di sekitar 1536 km, yang berarti proses telah mencapai konvergensi. Hal ini menunjukkan bahwa ACO efektif dalam mencari rute distribusi yang optimal dan mampu mengurangi total jarak tempuh secara signifikan dibandingkan rute aktual perusahaan.

Tabel 5. Perbandingan total jarak rute awal perusahaan dengan metode *saving matrix*

Perbandingan Jarak	
Rute	Jarak
Awal Perusahaan	2.997,7 Km
<i>Saving Matrix</i>	2.186,7 Km
Penghematan	811 Km
Persentase Penghematan	27,05 %

Tabel 5. Menunjukkan bahwa metode ***Saving Matrix*** mampu mengurangi total jarak distribusi dari **2.997,7 km** menjadi **2.186,7 km**, sehingga terjadi **penghematan jarak sebesar 811 km** atau sekitar **27,05%** dibandingkan rute awal perusahaan. Hasil ini membuktikan bahwa penerapan metode optimasi dapat meningkatkan efisiensi distribusi dengan mengurangi jarak tempuh, yang secara tidak langsung juga berpotensi menurunkan biaya operasional seperti bahan bakar dan waktu pengiriman.

Tabel 6. Perbandingan total jarak rute awal perusahaan dengan metode *ant colony optimization* (ACO)

Perbandingan Jarak	
Rute	Jarak
Awal Perusahaan	2.997,7 Km
<i>Ant Colony Optimization</i> (ACO)	1.536,3 9 Km
Penghematan	1.461,1 1 Km
Persentase Penghematan	51,24 %

Tabel 6. Menunjukkan bahwa metode **ACO** mampu memberikan hasil yang lebih efisien dibandingkan sistem distribusi awal perusahaan. Total jarak distribusi berkurang

dari **2.997,7 km** menjadi **1.536,39 km**, sehingga terjadi **penghematan sebesar 1.461,11 km** atau sekitar **51,24%**. Hasil ini membuktikan bahwa penerapan ACO sangat efektif dalam menemukan rute pengiriman optimal dengan jarak yang lebih pendek. Dengan jarak tempuh yang berkurang lebih dari setengahnya, perusahaan dapat menghemat biaya bahan bakar, waktu pengiriman, serta meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Tabel 7. Perbandingan total jarak metode *saving matrix* dengan *ant colony optimization* (ACO)

Perbandingan Jarak	
Rute	Jarak
<i>Saving Matrix</i>	2.186,7 Km
<i>Ant Colony Optimization</i> (ACO)	1.536,39 Km
Penghematan	650,11 Km
Persentase Penghematan	29,74 %

Tabel 7. menunjukkan bahwa **ACO** menghasilkan rute distribusi yang lebih efisien dibandingkan metode ***Saving Matrix***. Total jarak distribusi berkurang dari **2.186,7 km** menjadi **1.536,39 km**, dengan **penghematan sebesar 650,11 km** atau sekitar **29,74%**. Hasil ini menandakan bahwa ACO mampu memberikan solusi rute yang lebih optimal dengan jarak tempuh yang lebih pendek, sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional distribusi dan menurunkan biaya transportasi secara signifikan dibandingkan metode sebelumnya.

KESIMPULAN

algoritma Ant Colony Optimization dalam menentukan sebuah rute pengiriman yang optimal. Perusahaan UD. XYZ sendiri bergerak pada produksi dan juga pengiriman atau distribusi makanan ringan. Masalah yang di hadapi perusahaan tersebut yaitu distribusi makanan ringan dari perusahaan tersebut memiliki rute yang belum optimal dan efisien. Kondisi tersebut menyebabkan kerugian pada perusahaan baik dari segi waktu maupun finansial. Segi waktu yang dimaksud pengiriman barang dari tempat produksi terhadap agen agen bisa menjadi lebih lama dan juga berpengaruh terhadap finansial dikarenakan banyak menghabiskan bahan bakar sehingga menyebabkan biaya operasional yang meningkat selain itu perusahaan tidak mempertimbangkan kapasitas kendaraan yang tersedia.

Algoritma ACO yang diterapkan menggunakan bantuan aplikasi python dan google maps, dari hasil percobaan menggunakan algoritme tersebut di hasilkan 6 rute yang optimal yang menunjukan total jarak yaitu 1536,59 km yang lebih baik dari sebelumnya enam rute tersebut adalah.

- Rute 1: 449,01 km
- Rute 2: 309,48 km
- Rute 3: 122,71 km
- Rute 4: 54,30 km
- Rute 5: 261,47 km
- Rute 6: 339,62 km

algoritma ACO mampu memberikan hasil yang lebih efisien dibandingkan dengan sistem distribusi awal. Kesimpulannya adalah bahwa algoritma ACO merupakan algoritma yang tepat dan efektif dalam menyelesaikan permasalahan pengiriman dari UD. XYZ. Metode ini tidak hanya mengoptimalkan jarak tempuh tapi juga membuat bahan bakar menjadi lebih efisien.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar dilakukan analisis yang mencakup variabel biaya operasional, seperti biaya bahan bakar, biaya tenaga kerja, dan biaya pemeliharaan kendaraan, guna memperoleh hasil optimasi yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- A. S. Salsabila dan Taufik, "Optimization of vehicle routing problem using guided local search and simulated annealing," *JENIUS J. Terap. Tek. Ind.*, vol. 4, no. 2, hal. 155–166, 2023, doi: 10.37373/jenius.v4i2.582.
- B. Yu, Z. Z. Yang, dan B. Yao, "An improved ant colony optimization for vehicle routing problem," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 196, no. 1, hal. 171–176, 2009, doi: 10.1016/j.ejor.2008.02.028.
- D. Udjulawa dan S. Oktarina, "Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization Untuk Pencarian Rute Terpendek Lokasi Wisata (Studi Kasus Wisata Di Kota Palembang)," *Klik -Jurnal Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 1, hal. 26–33, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.56869/klik.v3i1.326>
- D. Utama, T. Djatna, E. Hambali, M. Marimin, dan D. Kusdiana, "Intelligent Decision Support Systems for Searching the Optimum Palm Oil Based Bio-Energy Supply Chain By Using Ant Colony Optimization Method," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 21, no. 1, hal. 50–62, 2011, [Daring]. Tersedia pada: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/3668>
- D. Yuliati, Rizalatul Qomaria, dan Abdulloh Hamid, "Optimalisasi Pencarian Rute Kapal Terbaik dengan Menggunakan Metode Ant Colony Optimization," *J. Inform. Polinema*, vol. 11, no. 1, hal. 29–36, 2024, doi: 10.33795/jip.v11i1.5075.
- E. Setyati dan I. Juniwati, "Ant Colony Optimization Ant Colony Optimization untuk menyelesaikan perutean distribusi Snack dengan
- F. Novitasari dan E. Aryanny, "Route Optimization Using Ant Colony for Three-Wheel Vehicle Delivery," *Acad. Open*, vol. 10, no. 2, hal. 1–13, 2025, doi: 10.21070/acopen.10.2025.11192.
- L. Herlina, "14 Ribu Surat Suara Salah Cetak di Dapil V Sulsel," *Media Indones.*, vol. 4, no. Maret, hal. 222–243, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <https://mediaindonesia.com/nusantara/224342/14-ribu-surat-suara-salah-cetak-di-dapil-v-sulsel>
- M. P. Haidi dan P. Affandi, "Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (Aco) Rute Terpendek Studi Kasus Distribusi Minyak Goreng Toko," *Equiva (Journal Math. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 1, hal. 9–17, 2025.
- N. Alfa Husna, D. Hendri, H. Zalneel Haq, dan A. Rahmadayan, "Implementasi Algoritma Ant Colony Optimization untuk Penentuan Jalur Terpendek Klinik dari Lokasi Rawan Kecelakaan di Kota Pekanbaru," *SENTIMAS Semin. Nas. Penelit. dan Pengabd. Masy.*, hal. 112–119, 2023.
- P. A. Wardhana, R. Aurachman, dan B. Santosa, "Penentuan Rute Armada Pengiriman Pt.Aaa Menggunakan Algoritma Two-Phase Tabu Search Pada Vehicle Routing Problem With Heterogeneous Fleet and Time Windows Untuk Mengatasi Keterlambatan Pengiriman," *JISI J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 6, no. 2, hal. 135–143, 2019, doi: 10.24853/jisi.6.2.135-143.
- R. Sidik, M. Fitriawati, S. Mauluddin, dan A. Nursikuwagus, "Model Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (Aco) Untuk Optimasi Sistem Informasi Penjadwalan Kuliah," *J. Teknol. dan Inf.*, vol. 8, no. 2, 2018, doi: 10.34010/jati.v8i2.1257.
- Y. F. Rasyid dan R. Rochmoeljati, "Penentuan Rute Distribusi Produk Sparepart Menggunakan Metode Tabu Search Di Pt Murni Berlian Motors," *Juminten*, vol. 1, no. 3, hal. 1–12, 2020, doi: 10.33005/juminten.v1i3.32.