Optimasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) di PT. Medan Distribusindo Raya (MDR) Depo Sibolga

Septa Yohana Lubis
Matematika, Universitas Negeri Medan, Kota Medan, 20221, Indonesia
Corresponding Author: septalubis.4213230033@mhs.unimed.ac.id

Abstrak

Optimasi rute distribusi merupakan salah satu solusi untuk meningkatkan efisiensi dalam proses pengiriman barang, terutama dalam hal jarak, waktu, dan biaya. PT. Medan Distribusindo Raya (MDR) Depo Sibolga menghadapi permasalahan ketidakefisienan rute distribusi produk-produk Wings ke berbagai lokasi di wilayah Sibolga, Tapanuli Tengah, dan Tapanuli Utara. Penulisan ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute distribusi menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) yang terinspirasi dari perilaku koloni semut dalam mencari jalur terpendek. Metode penulisan yang digunakan adalah kuantitatif dengan data sekunder berupa jarak antar lokasi yang diperoleh dari Google Maps dan laporan operasional PT. MDR Depo Sibolga. Algoritma ACO diterapkan untuk memodelkan masalah distribusi sebagai Traveling Salesman Problem (TSP) dengan parameter $\alpha = 1$, $\beta = 1$, dan $\rho = 0{,}1$. Proses optimasi dilakukan menggunakan software MATLAB R2022a untuk menghasilkan rute terpendek, waktu tempuh minimal, dan biaya distribusi terendah. Hasil penulisan menunjukkan bahwa ACO berhasil menemukan rute optimal untuk tiga wilayah distribusi. Di wilayah Sibuluan (23 titik), rute terpendek adalah 11.47 km dengan waktu tempuh 6 jam 8 menit dan biaya Rp14.181,09. Untuk wilayah Pandan (33 titik), jarak tempuh optimal adalah 17.77 km dengan waktu 8 jam 52 menit dan biaya sebesar Rp21.970,18. Sementara itu, wilayah Sibolga (41 titik) mencatat jarak terpendek 18.48 km, waktu 10 jam 56 menit dan biaya distribusi sebesar Rp22.848,00.
Kata kunci: Ant Colony Optimization (ACO), optimasi rute, distribusi produk, Traveling Salesman Problem (TSP), PT. MDR Depo Sibolga.

Abstract

Distribution route optimization is one of the solutions to improve efficiency in the process of shipping goods, especially in terms of distance, time, and cost. PT Medan Distribusindo Raya (MDR) Sibolga Depot faces the problem of inefficient distribution routes for Wings products to various locations in Sibolga, Central Tapanuli, and North Tapanuli. This research aims to optimize distribution routes using the Ant Colony Optimization (ACO) algorithm which is inspired by the behavior of ant colonies in finding the shortest path. The research method used is quantitative with secondary data in the form of distances between locations obtained from Google Maps and operational reports of PT MDR Depo Sibolga. The ACO algorithm was applied to model the distribution problem as a Traveling Salesman Problem (TSP) with parameters $\alpha = 1$, $\beta = 1$, and $\rho = 0.1$. The optimization process is performed using MATLAB R2022a software to produce the shortest route, minimum travel time, and lowest distribution cost. The results showed that ACO successfully found the optimal route for three distribution areas. In the Sibuluan area (23 points), the shortest route is 11.47 km with a travel time of 6 hours 8 minutes and a cost of IDR 14.181,09. For the Pandan region (33 points), the optimal travel distance is 17.77 km with a time of 8 hours 52 minutes and a cost of IDR 21.970,18. Meanwhile, the Sibolga region (41 points) recorded the shortest distance of 18.48 km, time of 10 hours 56 minutes, and cost of Rp22.848.00.
Keywords: *Ant Colony Optimization (ACO), route optimization, product distribution, Traveling Salesman Problem (TSP), PT MDR Depot Sibolga.*

Citation: Lubis, S. Y. (2025). Optimasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) di PT. Medan Distribusindo Raya (MDR) Depo Sibolga. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2025*. 302 – 309.

PENDAHULUAN

Teori graf merupakan salah satu cabang dalam matematika diskrit yang mempelajari hubungan antar objek. Dalam konteks teori graf, objek direpresentasikan sebagai simpul (*node*), sementara hubungan antar objek direpresentasikan sebagai sisi (*edge*). Teori ini banyak diterapkan untuk memodelkan berbagai permasalahan nyata, seperti jaringan jalan, alur distribusi barang, sistem komunikasi, dan jaringan komputer. Kelebihan teori graf yaitu mampu menyederhanakan hubungan yang rumit menjadi bentuk yang bisa dihitung dan dianalisis, terutama untuk mencari solusi terbaik dalam masalah optimasi. Proses mengoptimalkan sesuatu yang sudah ada untuk mendapatkan solusi terbaik dikenal sebagai optimasi. Selain itu, optimasi digambarkan sebagai proses atau metode yang menggunakan program komputasi untuk membuat model matematis dari masalah yang dihadapi agar dapat menggunakan algoritma untuk mengidentifikasi solusi dari data yang diinput. Permasalahan optimasi dalam bidang matematika memiliki fungsi yang bertujuan untuk memaksimalkan atau meminimumkan suatu fungsi tujuan atau dalam bidang bisnis optimasi bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan dan meminimumkan biaya. Pengiriman barang

atau yang dikenal dengan proses distribusi dalam bidang komersial, merupakan salah satu contoh permasalahan optimasi.

Komponen utama dari rantai pasokan global adalah distribusi yang merupakan proses memindahkan barang atau produk dari produsen ke konsumen. Efisiensi logistik di Indonesia sangat bergantung pada distribusi, terutama karena meningkatnya permintaan akan barang-barang kebutuhan rumah tangga. Dengan tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 5,11% pada tahun 2024, Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan bahwa sektor distribusi memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) di Indonesia.

Salah satu distributor di Indonesia adalah PT. Medan Distribusindo Raya (MDR) yang mengutamakan pendistribusian pada produk-produk Wings untuk keperluan rumah tangga, termasuk Wings Food (Ale-Ale, Kecap Sedaap, Mie Sedaap, dan lain sebagainya), Wings Care (Ciptadent, Smile Up, Nuvo, Emeron, dan lain sebagainya) dan Wings Household (Boom, Daia, So Klin, dan lain sebagainya). Sebagai distributor, PT. MDR bertanggung jawab untuk memastikan produk sampai tepat waktu dan dalam kondisi yang baik ke tangan konsumen. Akan tetapi proses distribusi di PT. MDR Depo Sibolga sering kali mengalami ketidakefisienan akibat pengiriman barang yang kurang terstruktur karena pengulangan rute dan jarak pengiriman yang kurang optimal. Hal ini mengakibatkan waktu pengiriman menjadi tidak efisien dan meningkatkan biaya distribusi. Oleh sebab itu, PT. MDR dituntut harus mampu mengelola sistem distribusi secara efisien. Mengoptimalkan rute distribusi yang ada saat ini menjadi tantangan bagi PT. MDR Depo Sibolga. Kondisi jalan Kota Sibolga, yang berada di pesisir barat Sumatera Utara, sangat mendukung untuk mengoptimalkan rute distribusi. Panjang jalan yang terus meningkat dari 28.85 km pada tahun 2016 menjadi 36.09 km pada tahun 2020, menunjukkan peningkatan infrastruktur jalan yang berkelanjutan di kota ini. Hal ini menunjukkan bahwa kendaraan logistik dapat dengan mudah melintasi sebagian besar jalan raya di Sibolga. Selain itu, terdapat banyak persimpangan jalan di Kota Sibolga, seperti Simpang Lima di Jalan Horas yang menyediakan sejumlah rute alternatif untuk proses distribusi. Rute pengiriman yang tidak optimal dapat mengakibatkan pemborosan waktu dan meningkatnya biaya distribusi, terutama apabila terjadi peningkatan permintaan produk yang harus didistribusikan ke berbagai wilayah. Dalam hal ini, rute distribusi yang optimal menjadi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi operasional perusahaan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perusahaan harus memilih jalur distribusi terbaik untuk mengurangi pemborosan energi, waktu, dan jarak, serta mendapatkan biaya distribusi yang lebih ekonomis. Salah satu teknik untuk menyelesaikan masalah distribusi adalah *Traveling Salesman Problem* (TSP). Pendekatan ini merupakan model optimasi yang berusaha menentukan jalur terpendek yang akan mengunjungi setiap titik tujuan hanya satu kali dan kemudian kembali ke titik awal. Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) merupakan salah satu metode yang efisien untuk menyelesaikan TSP. ACO yang terinspirasi dari perilaku koloni semut, di mana semut saling berinteraksi satu sama lain melalui jejak feromon untuk menyelesaikan masalah optimasi kombinatorial akan berfungsi sebagai model untuk pendekatan ini. Algoritma ACO pertama kali diusulkan oleh Colorni, Dorigo, dan Maniezzo pada tahun 1996, dan sejak itu telah banyak digunakan untuk mencari rute terpendek, termasuk dalam distribusi barang. Dengan menerapkan ACO pada TSP, proses analisis dapat dilakukan untuk mendapatkan biaya distribusi seminimal mungkin, sekaligus untuk mempertimbangkan berbagai rute alternatif yang tersedia dari titik awal kemudian kembali ke titik awal lagi. Maka dari itu, pengoptimalan rute pendistribusian produk menggunakan Algoritma ACO sangat diperlukan agar proses distribusi berjalan lebih efektif dan efisien.

Algoritma ACO telah banyak diterapkan untuk menyelesaikan masalah optimasi rute distribusi maupun pengiriman barang. Algoritma ini telah berhasil diterapkan dalam sejumlah penulisan terdahulu. Penulisan yang dilakukan oleh (Aryanti, 2024) di mana ia menggunakan ACO untuk mengoptimalkan rute pengangkutan komoditas di J&T Kota Jambi. Penulisan ini menemukan jalur terpendek dengan total jarak 24.1 km dengan memodelkan lokasi target menggunakan representasi graf. Temuan ini menunjukkan bahwa ACO adalah solusi yang cocok untuk jaringan distribusi kontemporer karena dapat mengurangi waktu perjalanan dan biaya operasional secara drastis. Penggunaan Algoritma ACO untuk mengoptimalkan rute ekspedisi telah diteliti oleh (Ismail & Adrianto, 2020). Hasil dari penulisan ini yang membandingkan pendekatan heuristik dan tradisional dalam penentuan jalur terpendek yang menunjukkan bahwa ACO dapat meningkatkan efisiensi operasi bisnis ekspedisi saat memilih jalur pengiriman di CV. Cahaya Bintang Makassar. Dibandingkan dengan metode manual atau berbasis asumsi, algoritma ini telah terbukti memberikan hasil yang lebih cepat dan akurat.

ACO juga dapat memberikan jalur optimal untuk JNE Dewi Sartika Palu. Untuk menemukan rute terbaik bagi kurir JNE, penulisan ini menggunakan teknik graf dengan menggunakan 13 titik lokasi, menghasilkan jalur optimal yang

mencakup total jarak 56.4 km. Penggunaan algoritma ini ternyata lebih efektif daripada pendekatan tradisional yang mendasarkan penentuan rute perjalanan pada asumsi pengemudi. (Musdalipa *et al*., 2021). Selain itu, (Ekanayake. U, W. Daundasekara, 2020) berhasil menciptakan metode baru untuk memanfaatkan Algoritma ACO yang dimodifikasi dengan *Minimum Spanning Tree* (MST) untuk menyelesaikan masalah transportasi. Aturan transisi dan pembaruan feromon ditambahkan ke dalam algoritma untuk meningkatkan efektivitas dalam menemukan jawaban terbaik dalam skala yang luas. Temuan ini menunjukkan bahwa, ketika diterapkan pada jaringan dan transportasi yang terhubung, metode ini dapat memberikan hasil yang lebih efektif daripada algoritma metaheuristik alternatif.

Selain untuk logistik dan ekspedisi, Algoritma ACO juga digunakan dalam menentukan rute terbaik untuk pariwisata. Di Kabupaten Bandung Barat, (Hidayanti, 2022) menggunakan Algoritma ACO untuk menemukan rute tercepat antar tempat wisata. Untuk menentukan rute terbaik, lima tujuan wisata yaitu The Green Forest Resort, Farm House, De Ranch, Kebun Begonia, dan Tebing Keraton, dimodelkan dengan graf dalam penulisan ini. Hasilnya, rute terbaik ditemukan sepanjang 40.1 km secara keseluruhan yang dapat mengurangi waktu tempuh dan meningkatkan efisiensi saat mengunjungi beberapa tempat dalam satu perjalanan. Dari hasil penulisan-penulisan tersebut, terbukti jelas bahwa Algoritma ACO efektif digunakan untuk mengoptimalkan rute distribusi dan pengiriman barang. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk menggunakan Algoritma ACO dalam mengoptimalkan rute distribusi produk di PT. MDR Depo Sibolga dengan judul penulisan "Optimasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) di PT. Medan Distribusindo Raya (MDR) Depo Sibolga". Diharapkan penulisan ini dapat memberikan solusi yang efektif terhadap permasalahan distribusi berdasarkan jarak, waktu dan biaya distribusi.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan algoritmik untuk memecahkan permasalahan optimasi jalur dengan mempertimbangkan variabel jarak, waktu tempuh, serta biaya operasional distribusi. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari laporan operasional perusahaan dan sumber pendukung lainnya seperti Google Maps. Data tersebut meliputi rute pengiriman, jarak antar titik distribusi, waktu tempuh dan biaya bahan bakar yang digunakan dalam proses distribusi.

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari komputer/laptop dengan spesifikasi minimal prosesor Intel Core i5 dan RAM 8 GB yang digunakan untuk menjalankan simulasi, perangkat lunak MATLAB R2022a (MathWorks) sebagai media implementasi algoritma ACO, serta akses Google Maps yang berfungsi untuk memperoleh data jarak dan waktu tempuh antar lokasi distribusi.

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis. Tahap pertama yaitu menentukan titik lokasi tujuan pengiriman sebagai sampel penelitian, kemudian menentukan jarak antar titik menggunakan bantuan Google Maps. Selanjutnya dibentuk representasi graf rute distribusi, di mana setiap titik lokasi direpresentasikan sebagai simpul *(node)* dan jalur distribusi sebagai sisi *(edge)*. Setelah itu dilakukan inisialisasi parameter ACO yang meliputi α (kontrol intensitas jejak semut), β (kontrol visibilitas atau jarak), dan ρ (konstanta penguapan feromon). Peneliti kemudian menentukan jumlah semut yang digunakan untuk eksplorasi rute, serta menentukan nilai feromon awal menggunakan Algoritma *Greedy*. Nilai visibilitas antar titik dihitung berdasarkan jarak antar lokasi, kemudian probabilitas kunjungan setiap kota oleh semut ditentukan menggunakan rumus probabilistik ACO hingga seluruh simpul dikunjungi. Setelah satu siklus selesai, panjang tur tertutup (Lk) setiap semut dihitung untuk menemukan rute terpendek. Nilai feromon diperbarui pada jalur yang dilalui semut terbaik, dan proses ini diulang secara iteratif hingga diperoleh hasil konvergen atau mencapai batas iterasi maksimum. Dari hasil iterasi, ditentukan rute optimal akhir sebagai hasil perhitungan jalur distribusi terpendek yang paling efisien.

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pengumpulan data, pra-pemrosesan data, penerapan algoritma, dan evaluasi hasil. Tahap pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder dari PT. MDR Depo Sibolga dan sumber pendukung lainnya. Tahap pra-pemrosesan dilakukan dengan menyaring data yang tidak valid, menyamakan format satuan (kilometer dan menit), serta membentuk matriks jarak antar titik lokasi. Selanjutnya, algoritma ACO diterapkan menggunakan MATLAB R2022a untuk menentukan jalur optimal berdasarkan parameter α, β, dan ρ yang telah diinisialisasi sebelumnya. Berdasarkan hasil analisis tersebut, peneliti menarik kesimpulan dan memberikan rekomendasi strategis untuk peningkatan efisiensi distribusi perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

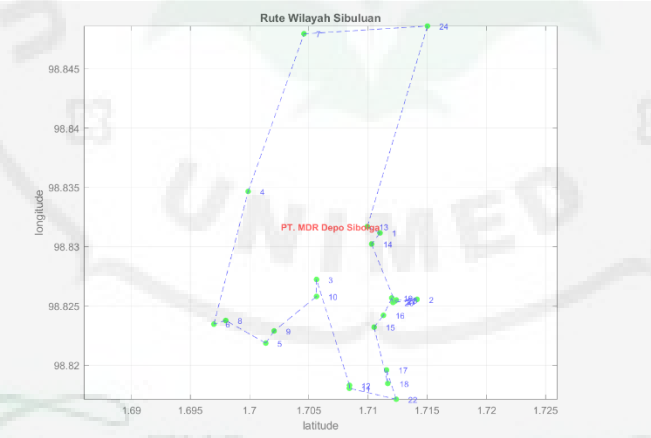
ACO digunakan untuk menemukan rute yang paling optimal untuk mengurangi waktu tempuh dan biaya proses distribusi. Meskipun memulai dari *vertex* awal tidak dapat dilakukan dengan cara kerja ACO, namun memulai dari *vertex* manapun di lokasi tujuan dapat dilakukan. Algoritma *Greedy* akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan awal dari penulisan ini. Berikut implementasi ACO dalam menyelesaikan kasus optimasi rute dalam pendistribusian produk kelokasi tujuan.

Wilayah pendistribusian produk di PT. Medan Distribusindo Raya (MDR) Depo Sibolga tersebar luas di tiga kabupaten utama, yaitu Tapanuli Selatan, Tapanuli Tengah dan Tapanuli Utara. Di wilayah Tapanuli Selatan, proses distribusi menjangkau daerah Muara Ampolu, Batang Toru, hingga Hutagodang. Sementara itu, di Tapanuli Tengah, jaringan distribusi lebih padat yang meliputi daerah Sibabangun, Pinangsori, Hutabalang, Pandan, Tugu Ikan Sibuluan, Sibuluan, Tukka, Sipange, Sarudik, dan pusat kota Sibolga. Selain itu, cakupan daerah Tapanuli Tengah juga meluas ke Kolang, Sipea-pea, Barus, hingga daerah yang lebih jauh seperti Pakkat, Andam Dewi, Manduamas, dan Saragih. Untuk wilayah Tapanuli Utara, distribusi bergerak ke arah utara dari Adiankoting, Tarutung, Sipoholon, Siborong-borong, hingga Dolok Sanggul dan Muara serta mencakup pula area strategis seperti Salib Kasih, Onan Hasang, Sarulla, Sipahutar, dan Pangaribuan.

Pada penelitian ini, penulis memilih tiga wilayah pendistribusian, yaitu daerah Pandan, Sibuluan dan Sibolga. Pemilihan wilayah tersebut dilakukan karena penulisan ini difokuskan pada area Sibolga-Tapanuli Tengah. Selain itu, ketiga wilayah ini dipilih karena memiliki jumlah titik pengiriman yang cukup banyak serta terdapat banyak persimpangan atau jalan alternatif, sehingga memungkinkan untuk dilakukan pencarian rute terbaik untuk proses pendistribusian.

Hasil Optimasi Wilayah Sibuluan

Hasil komputasi menggunakan algoritma ACO di MATLAB R2022a dengan parameter α = 1.00, β = 1.00, dan ρ = 0.10 menghasilkan rute terbaik untuk wilayah Sibuluan. Rute ini ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rute Pengiriman Produk Wilayah Sibuluan

Gambar 1. memperlihatkan rute perjalanan kendaraan pengiriman dari PT. MDR Depo Sibolga ke semua toko di wilayah Sibuluan, lalu kembali lagi ke titik awal. Dari tampilan rutenya terlihat bahwa lintasan sudah efisien, tidak ada pengulangan jalur, dan jarak tempuh menjadi lebih singkat. Rute terbaik yang diperoleh yaitu 1 → 14 → 21 → 23 → 2 → 20 → 19 → 16 → 15 → 18 → 17 → 22 → 11 → 12 → 3 → 10 → 9 → 5 → 8 → 6 → 4 → 7 → 24 → 13 → 1 dimulai dari PT. MDR Depo Sibolga → Tk. Parna Gabe → Toko Juni → Mentari → Zona Pandiangan → Erik → Tk. Naibaho → Tk. Angel Saragi → UD. Rahman / Rahmi → Swandi K → St Ht. Barat → Melda → Rizky Ardhillah → Leonard Prima Mendrofa → Tk. Raisa → Tk. Jamran → UD. Mak Dika → Tk. Akbar → Sarah → Andri → Tk. Pandiangan → Tk. Cahya Lestari → Tk. Tobing Cell → Tk. Hutauruk → PT. MDR Depo Sibolga dengan total jarak 11.47 km.

```
--- Perhitungan Total Waktu untuk Rute yang Diberikan (Wilayah Sibuluan) ---
Asumsi Kecepatan Rata-rata: 30.0 km/jam
Asumsi Waktu Pelayanan per Toko: 15.0 menit

Total Waktu yang Diperlukan untuk Rute Sibuluan: 6 jam 8 menit
Jumlah toko yang dikunjungi (dan diberi pelayanan): 23
fx >>
```

Gambar 2. Hasil Optmasi Waktu untuk Rute Pengiriman Wilayah Sibuluan

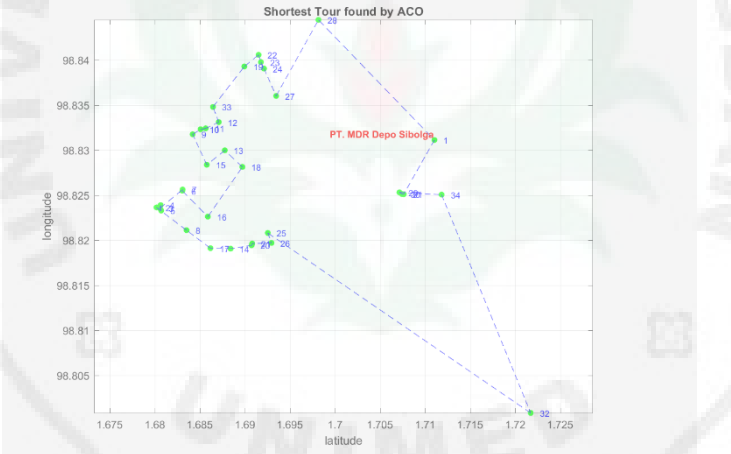
Dengan kecepatan kendaraan rata-rata 30 km/jam dan waktu pelayanan di setiap toko 15 menit, total waktu pengiriman adalah 6 jam 8 menit seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2. Selanjutnya, hasil output perhitungan biaya perjalanan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa dengan efisiensi bahan bakar 5.5 km/liter dan harga Rp6.800/liter, diperoleh konsumsi bahan bakar 2,09 liter dengan total biaya Rp14.181,09.

```
--- Ringkasan Biaya Perjalanan Wilayah Sibuluan ---
Jarak Tempuh Optimal (dari hasil ACO): 11.47 km
Efisiensi BBM: 5.5 km/liter
Harga BBM per liter: Rp 6800.00
------------------------------------------------
Total Konsumsi BBM: 2.09 liter
Total Biaya Perjalanan: Rp 14181.09
```

Gambar 3. Hasil Optimasi Biaya Rute Wilayah Sibuluan

Hasil Optimasi Wilayah Pandan

Pada wilayah Pandan yang memiliki 33 titik distribusi, hasil optimasi rute ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar 4. menunjukkan bahwa jalur distribusi yang dihasilkan membentuk lintasan melingkar dan teratur dengan pola kunjungan toko yang berdekatan satu sama lain. Hal ini menunjukkan efektivitas algoritma ACO dalam menentukan urutan kunjungan yang efisien tanpa menimbulkan tumpang tindih rute.



Gambar 4. Gambar Rute Distribusi Wilayah Pandan

Rute terbaik yang diperoleh yaitu 1 → 31 → 30 → 29 → 34 → 32 → 25 → 26 → 21 → 20 → 14 → 17 → 8 → 2 → 5 → 4 → 3 → 7 → 6 → 16 → 18 → 13 → 15 → 9 → 10 → 11 → 12 → 33 → 19 → 22 → 23 → 24 → 27 → 28 → 1 dengan urutan nama toko yaitu, PT. MDR Depo Sibolga → Yanti → Tk Yani Lubis → UD. Rezeki Bersama → Syarifa → Tk. Amanda → Tk. Hutapea → Tk. Afdal → Juliyani → Inal → Wong Cilik → Yasri Iii → Toko Rona → Mawar / Pratama → Tobing → Cilong → Pandawa 5 → Tk. Amora → UD. Ilham → UD. Maradat → Niko → Tk. Bersama → Tk. Peggi → Tk. Idoarta → Jordan Net → Parna Mart → Tk. Frisco → Warung Haikal → Ramli → Tk. Aura → Tk. Zevanstar → Mora Kios → Yehezkiel Hutabarat → Tk. Agim → PT. MDR Depo Sibolga dengan total jarak tempuh sebesar 17.77 km.

```
Command Window
>> wakturute2

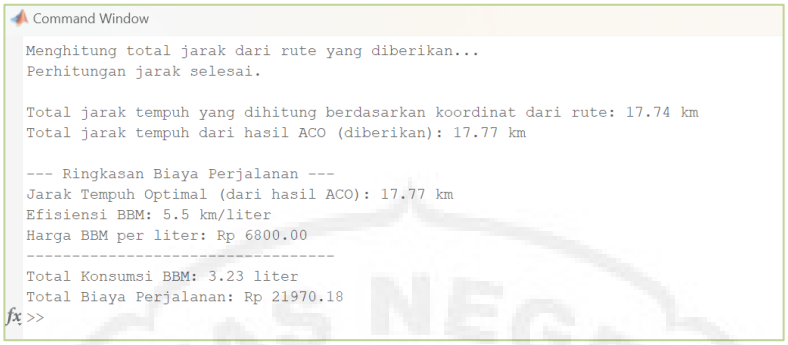
--- Perhitungan Total Waktu untuk Rute yang Diberikan ---
Asumsi Kecepatan Rata-rata: 30.0 km/jam
Asumsi Waktu Pelayanan per Toko: 15.0 menit

Total Waktu yang Diperlukan untuk Rute: 8 jam 52 menit
Jumlah toko yang dikunjungi (dan diberi pelayanan): 33
fx >>
```

Gambar 5. Hasil Optimasi Waktu Rute Distrbusi Wilayah Pandan

Dengan asumsi kecepatan 30 km/jam dan waktu pelayanan 15 menit per toko, waktu pengiriman total adalah 8 jam 52 menit sesuai dengan hasil output yang diperlihatkan pada Gambar 5. Hasil komputasi perhitungan biaya

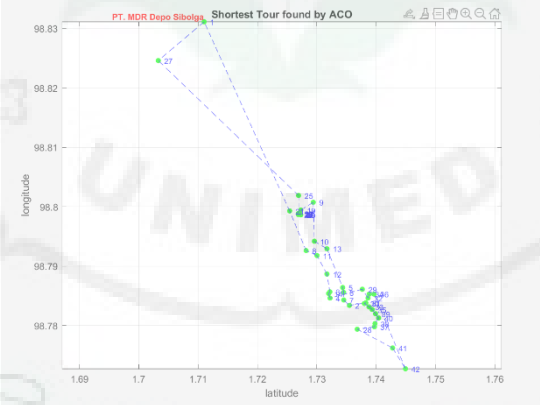
pengiriman pada Gambar 6. menunjukkan bahwa dengan efisiensi bahan bakar 5.5 km/liter dan harga Rp6.800/liter, konsumsi bahan bakar mencapai 3.23 liter dengan total biaya Rp21.970,18.



Gambar 6. Hasil Optimasi Biaya Rute Wilayah Pandan

Hasil Optimasi Wilayah Sibolga

Wilayah Sibolga memiliki 41 titik distribusi dan menjadi wilayah dengan jumlah toko terbanyak. Hasil optimasi rute dengan algoritma ACO dapat dilihat pada Gambar 7. Rute terbaik yang diperoleh yaitu 1 → 27 → 25 → 26 → 22 → 17 → 23 → 24 → 15 → 16 → 18 → 20 → 19 → 9 → 10 → 13 → 5 → 6 → 7 → 2 → 31 → 30 → 33 → 35 → 39 → 40 → 38 → 37 → 28 → 41 → 36 → 34 → 32 → 29 → 4 → 14 → 3 → 12 → 11 → 8 → 21 → 1 dengan urutan rute perjalanan toko yaitu, PT. MDR Depo Sibolga → Usaha Bismillah → Tk. Farel → Ompung Lius → Mak Juang → Mak Lani → Yanti → Mak Andi → Mak Lius → Mak Rio → Tk. Lahtahzan → Toko Paris → Ira Tk. Diah → Tk. Muslimah → Acay → Toko Abc → Toko Yulan → Sinar Terang → City Mart → Tk.Dos Roha → Sinar Harapan → M.Br.Tupang → Vellyn Jaya → Acong → UD. Aman → Tk. Petrus → Semangat Surya → Tk. Kayla → Randi → Tk. Ananda → Tk. Edo → Hans Jaya → 24 C/Darwin → UD. Segar → Toko Alhamdulillah → Tk. Putri → Wiwit → Tery → Nita → Tk. Munir → Wahana Wisata Kawal Samudra → PT. MDR Depo Sibolga dengan total jarak tempuh sebesar 18.48 km.



Gambar 7. Hasil Rute Distribusi Wilayah Sibolga

Dengan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan waktu pelayanan 15 menit per toko, total waktu pengiriman adalah 10 jam 56 menit sesuai dengan hasil output yang ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil komputasi perhitungan biaya perjalanan untuk rute Sibolga ditampilkan pada Gambar 9. Dengan efisiensi bahan bakar 5.5 km/liter dan harga Rp6.800/liter, kendaraan menghabiskan 3.36 liter bahan bakar dengan total biaya Rp22.848,00. Biaya ini merupakan yang tertinggi di antara ketiga wilayah karena jumlah titik distribusi yang paling banyak, namun tetap efisien karena kenaikannya sebanding dengan beban distribusi yang harus diselesaikan.

```
--- Perhitungan Total Waktu untuk Rute yang Diberikan ---
Asumsi Kecepatan Rata-rata: 30.0 km/jam
Asumsi Waktu Pelayanan per Toko: 15.0 menit

Total Waktu yang Diperlukan untuk Rute: 10 jam 56 menit
Jumlah toko yang dikunjungi (dan diberi pelayanan): 41
```

Gambar 8. Hasil Optimasi Waktu Rute Sibolga

```
Total jarak tempuh yang dihitung berdasarkan koordinat dari rute: 20.32 km
Total jarak tempuh dari hasil ACO (diberikan): 18.48 km

--- Ringkasan Biaya Perjalanan ---
Jarak Tempuh Optimal (dari hasil ACO): 18.48 km
Efisiensi BBM: 5.5 km/liter
Harga BBM per liter: Rp 6800.00
---------------------------------
Total Konsumsi BBM: 3.36 liter
Total Biaya Perjalanan: Rp 22848.00
```

Gambar 9. Hasil Optimasi Biaya Rute Distribusi Wilayah Sibolga

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penulisan yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa Algoritma ACO berhasil diterapkan untuk menentukan rute distribusi produk PT. Medan Distribusindo Raya (MDR) Depo Sibolga ke berbagai lokasi tujuan di tiga wilayah utama, yaitu Sibuluan, Pandan, dan Sibolga. Proses optimasi dilakukan dengan mempertimbangkan jarak tempuh, waktu, dan biaya distribusi. Untuk wilayah Sibuluan, rute terpendek yang dihasilkan adalah 1 → 14 → 21 → 23 → 2 → 20 → 19 → 16 → 15 → 18 → 17 → 22 → 11 → 12 → 3 → 10 → 9 → 5 → 8 → 6 → 4 → 7 → 24 → 13 → 1, dimulai dari PT. MDR Depo Sibolga → Tk. Parna Gabe → Toko Juni → Mentari → Zona Pandiangan → Erik → Tk. Naibaho → Tk. Angel Saragi → UD. Rahman / Rahmi → Swandi K → St Ht. Barat → Melda → Rizky Ardhillah → Leonard Prima Mendrofa → Tk. Raisa → Tk. Jamran → UD. Mak Dika → Tk. Akbar → Sarah → Andri → Tk. Pandiangan → Tk. Cahya Lestari → Tk. Tobing Cell → Tk. Hutauruk → PT. MDR Depo Sibolga, dengan total jarak 11.47 km, waktu tempuh 6 jam 8 menit dan biaya Rp14.181,09. Sementara itu, wilayah Pandan dengan 33 titik distribusi menghasilkan rute optimal dengan jarak 17.77 km, waktu tempuh 8 jam 52 menit, dan biaya sebesar Rp21.970,18. Wilayah Sibolga, meskipun memiliki titik distribusi terbanyak yaitu sebanyak 41 titik, justru mencatat jarak tempuh terpendek (18.48 km) dengan waktu tempuh 10 jam 56 menit dan biaya Rp22.848,00. Hasil ini menunjukkan bahwa ACO efektif dalam menangani kompleksitas rute distribusi, terutama untuk wilayah dengan banyak titik kunjungan. Selain itu, penggunaan *software* MATLAB R2022a terbukti mampu meningkatkan efisiensi proses iterasi dan akurasi hasil dibandingkan dengan perhitungan manual. Dengan demikian, implementasi ACO dapat menjadi solusi yang handal untuk optimasi rute distribusi, menghemat waktu, jarak, dan biaya operasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. MDR Depo Sibolga atas dukungan dan kerja sama dalam penyediaan data penelitian, serta kepada semua pihak yang telah membantu hingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Aljabar, M. I. (2023). Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization Dalam Menyelesaikan Traveling Salesman Problem (Studi Kasus : PT. Kobe Boga Utama). *Skripsi.* Bogor: Universitas Pakuan.

Aryanti, L. (2024). Implementasi Ant Colony Optimization Untuk Optimisasi Rute Terpendek Pada Pengiriman Barang Di Kantor J&T Kota Jambi. *Skripsi.* Jambi: Universitas Jambi.

Aziz, T. A. (2021). Eksplorasi Justifikasi dan Rasionalisasi Mahasiswa dalam Konsep Teori Graf. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, *06*(02), 40–54. https://ejournal.unib.ac.id/index.php/jpmr

Buhaerah, Busrah, Z., & Sanjaya, H. (2022). *Teori Graf dan Aplikasinya*. Makassar: LSQ.

Dorigo, Marco & Thomas. 2004. *Ant Colony Optimization.* The MIT Press, London: England

Ekanayake. U, W. Daundasekara, P. P. (2020). *An Approach for Solving Minimum Spanning Tree Problem and Transportation Problem Using Modified Ant Colony Algorithm*. *3*(9), 28–45.

Fariza, A., Arif Basofi, & Mochammad Rizki Hidayat. (2020). Pencarian Jalur berdasarkan Kepadatan Lalu Lintas di Surabaya Menggunakan Algoritma Koloni Semut. *Journal of Applied Computer Science and Technology*, 1(2), 50–55. https://doi.org/10.52158/jacost.v1i2.10

Ginting, A. F. (2024). Analisis Penentuan Rute Distribusi Optimal Dalam Pendistribusian Ikan Mas Dengan Metode Saving Matriks. *Skripsi.* Medan: Universitas Medan Area.

Hidayanti, N. (2022). Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Algoritma Semut (Studi Kasus Tempat Pariwisata di Kabupaten Bandung Barat). *Skripsi. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.*

Irawadi, A. (2024). Pengaruh Disiplin Kerja Terhadap Loyalitas Karyawan Pada PT . Medan Distribusindo Raya di Kota Sibolga. *Skripsi.* Medan: Universitas Medan Area.

Ismail, & Adrianto. (2020). Penerapan Algoritma Semut Untuk Optimasi Penentuan Jalur Terpendek Ekspedisi CV. Cahaya Bintang Makassar. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Teknik Informatika "JISTI".* 3(2), 64–70.

Leksono, A. (2009). Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk Menyelesaikan Traveling Salesman Problem (TSP). *Skripsi.* Semarang: Universitas Diponegoro.

Munir, R. 2016. Matematika Diskrit Edisi Keenam. Bandung: Informatika Bandung.

Musdalipa, Sahari, A., & Najar, A. M. (2021). Penentuan Jalur Terpendek Pendistribusian Barang Jalur Nugraha Ekakurir (JNE) Menggunakan Algoritma Semut (Studi Kasus JNE Dewi Sartika Palu). *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*, 18(1), 84–94. https://doi.org/10.22487/2540766x.2021.v18.i1.15536

Panjaitan, D. J., & Aprilia, R. (2022). *Teori Graph*. Medan: LPPM UMNAW.

Rahayuningsih, S. (2018). *Teori Graph dan Penerapanya*. Malang: Universitas Wisnuwardhana Press Malang (Unidha Press).

Tao, Y., Gao, H., Ren, F., Chen, C., Wang, T., Xiong, H., & Jiang, S. (2021). A mobile service robot global path planning method based on ant colony optimization and fuzzy control. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(8). https://doi.org/10.3390/app11083605

William, & Rosnani Ginting. (2019). Penjadwalan Produksi dengan Algoritma Semut. *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, *2*(3). https://doi.org/10.32734/ee.v2i3.746