

**SKRIPSI**

**IMPLEMENTASI ANT COLONY OPTIMIZATION ALGORITHM UNTUK  
OPTIMASI RUTE TERPENDEK DALAM PENGIRIMAN BARANG  
IMPLEMENTATION OF ANT COLONY OPTIMIZATION ALGORITHM  
FOR SHORTEST ROUTE OPTIMIZATION IN GOODS DELIVERY**



**HAERUNNISYA**

**D0218011**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT  
MAJENE  
2025**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**IMPLEMENTASI ANT COLONY OPTIMIZATION ALGORITHM UNTUK  
OPTIMASI RUTE TERPENDEK DALAM PENGIRIMAN BARANG**

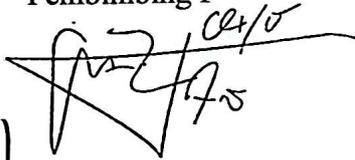
Telah dipersiapkan dan disusun oleh

**HAERUNNISYA  
NIM. D02 18 011**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada tanggal 23 mei 2025

Susunan Tim Penguji

Pembimbing I



**Ir. Sugiarto Cokrowibowo, S.Si., M.T.**  
NIP. 19860524 201504 1 004

Penguji I



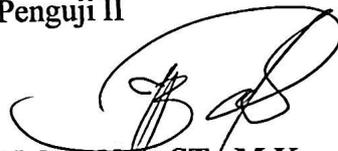
**Dr. Eng. Sulfayanti, S.Si., MT**  
NIP. 19890317 202012 2 011

Pembimbing II



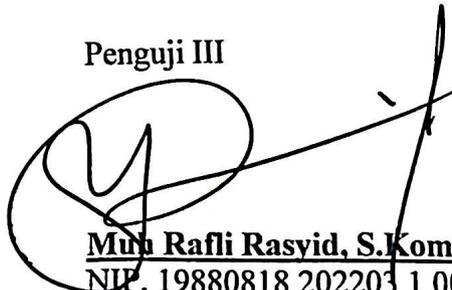
**Arnita Irianti, S.Si., M.Si.**  
NIP. 19870806 201803 2 001

Penguji II



**Nahya Nur, ST., M.Kom**  
NIP. 19911105/201903 2 024

Penguji III



**Muhi Rafli Raszyd, S.Kom., MT**  
NIP. 19880818 202203 1 006

**LEMBAR PENGESAHAN**

**IMPLEMENTASI ANT COLONY OPTIMIZATION ALGORITHM UNTUK  
OPTIMASI RUTE TERPENDEK DALAM PENGIRIMAN BARANG**

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

**HAERUNNISYA  
NIM: D02 18 011**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus  
Pada 23 Mei 2025  
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I



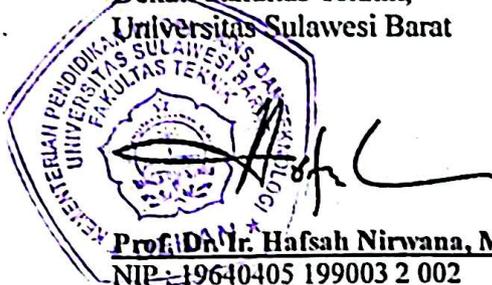
**Ir. Sugiarto Cokrowibowo, S.Si., M.T.**  
NIP. 19860524 201504 1 004

Pembimbing II



**Arnita Irianti, S.Si., M.Si.**  
NIP. 19870806 201803 2 001

Dekan Fakultas Teknik,  
Universitas Sulawesi Barat



**Prof. Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M. T**  
NIP. 19640405 199003 2 002

Ketua Program Studi  
Informatika,



**Muhi Rofiqi Rasyid, S.Kom., MT**  
NIP. 19880818 202203 1 006

## ABSTRAK

**Haerunisya.** Implementasi Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Optimasi Jalur Terpendek Pengiriman Barang. (Dibimbing oleh Ir. Sugiarto Cokrowibowo, S.Si., M.T. dan Arnita Irianti, S.Si., M.Si)

Pengiriman barang yang efisien membutuhkan optimasi jalur guna meminimalkan jarak tempuh dan waktu perjalanan. Penelitian ini mengimplementasikan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menentukan rute terpendek dalam skenario simulasi pengiriman barang. ACO merupakan algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari jalur terpendek menuju sumber makanan dengan memanfaatkan jejak feromon. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan sejumlah parameter seperti jumlah semut, jumlah iterasi, dan tingkat penguapan feromon. Eksperimen dilakukan pada data dummy yang disusun menyerupai kondisi nyata pengiriman barang. Hasil menunjukkan bahwa algoritma ACO mampu menghasilkan rute terpendek secara efektif, terutama pada kombinasi parameter sebanyak 20 semut, 100–200 iterasi, dan tingkat evaporasi feromon antara 0,3 hingga 0,5. Selain itu, penerapan ACO juga terbukti stabil dan akurat untuk berbagai ukuran dataset, sehingga memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam sistem logistik nyata. Temuan ini menunjukkan bahwa ACO merupakan solusi yang andal untuk optimasi rute pengiriman barang dalam rangka menghemat waktu dan biaya operasional.

**Kata kunci:** *Ant Colony Optimization*, Jalur Terpendek, Pengiriman Barang, Optimasi Rute, Algoritma Metaheuristik

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pencarian jalur terpendek merupakan salah satu masalah yang paling sering dibahas dalam berbagai bidang, terutama yang membutuhkan efisiensi waktu tinggi seperti pengiriman barang dan pencarian lokasi. Pada sektor pengiriman barang, pemilihan jalur yang optimal sangat krusial untuk meningkatkan efisiensi operasional. Dengan menemukan jalur terpendek antara berbagai titik pengiriman, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pengiriman akan berkurang secara signifikan, yang pada gilirannya dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Ketika kurir harus mengantarkan beberapa barang dalam sehari, jalur yang tepat memungkinkan mereka mengunjungi setiap alamat satu kali, kecuali titik awal dan akhir, sehingga mengurangi waktu perjalanan dan potensi keterlambatan.

Penelitian tentang optimasi rute pengiriman telah banyak dilakukan dengan menggunakan berbagai pendekatan algoritmik, salah satunya adalah *Ant Colony Optimization (ACO)*. ACO adalah algoritma yang terinspirasi dari perilaku koloni semut dalam mencari makanan. Secara alami, semut mampu menemukan rute terpendek dari sarangnya ke sumber makanan melalui jejak feromon yang mereka tinggalkan di sepanjang jalur yang mereka lewati. Semakin banyak semut yang melalui jalur tertentu, semakin kuat jejak feromon tersebut, yang mengarahkan semut lainnya untuk mengikuti jalur yang sama. Pada akhirnya, semut akan cenderung memilih rute yang paling optimal dan efisien, yang membuat ACO menjadi salah satu algoritma yang sangat populer dalam menyelesaikan masalah optimasi rute seperti *Traveling Salesman Problem (TSP)* (Risqiyanti & Rizkia, 2019).

Algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)* telah banyak digunakan untuk penyelesaian masalah dan pemodelan dalam berbagai bidang teknologi, khususnya untuk optimasi rute dan masalah *Traveling Salesman Problem (TSP)*.

ACO dikenal karena kecepatannya dalam menemukan solusi yang optimal, terutama ketika diterapkan pada masalah yang melibatkan banyak titik tujuan. Algoritma ini bekerja berdasarkan perilaku semut yang secara alami mampu menemukan rute terpendek menuju sumber makanan melalui jejak feromon yang ditinggalkan di sepanjang jalur yang dilalui.

Namun, penerapan ACO sering menghadapi tantangan dalam penentuan parameter seperti jumlah semut, jumlah iterasi, dan tingkat evaporasi feromon. Pemilihan parameter yang tepat sangat penting untuk mendapatkan hasil terbaik, karena parameter yang kurang sesuai dapat menyebabkan algoritma tidak mencapai solusi optimal atau memerlukan waktu komputasi yang terlalu lama. Meski begitu, ketika parameter diatur dengan tepat, ACO mampu memberikan solusi yang sangat efektif dan efisien.

Dalam konteks pengiriman barang, optimasi rute yang efisien sangat penting untuk memastikan bahwa barang dapat dikirim tepat waktu, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. ACO menawarkan pendekatan yang cocok untuk menyelesaikan masalah ini, karena algoritma ini dapat menyesuaikan diri dengan berbagai skenario pengiriman barang, di mana kurir harus mengunjungi setiap titik pengiriman hanya satu kali, kecuali titik awal dan akhir.

Penelitian ini memanfaatkan skenario *Traveling Salesman Problem* (TSP) untuk memodelkan masalah pengiriman barang, di mana rute terpendek sangat dibutuhkan untuk efisiensi. Dengan menggunakan algoritma ACO, penelitian ini bertujuan untuk menemukan rute yang paling efisien dalam pengiriman barang, dengan fokus pada penurunan waktu komputasi dan peningkatan kualitas solusi.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi pengembangan solusi optimasi rute dalam industri logistik, khususnya dalam meningkatkan performa pengiriman barang. Implementasi ACO diharapkan mampu membantu perusahaan logistik dalam memaksimalkan efisiensi rute pengiriman dan meningkatkan kualitas layanan pengiriman barang.

## **B. Rumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana kinerja *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam optimasi rute terpendek dalam pengiriman barang?

## **C. Tujuan penelitian**

Tujuan Penelitian Tujuan dari penelitian ini untuk menerapkan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menyelesaikan masalah optimasi rute terpendek pada pengiriman barang.

## **D. Batasan masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini ialah:

1. Penelitian ini terfokus pada optimasi penentuan rute dari tempat penyimpanan ke lokasi tujuan pengiriman barang.
2. Implementasi Algoritma yang digunakan untuk optimasi rute terpendek adalah algoritma *Ant Colony Optimization*.
3. Titik awalnya ditentukan dari Depot/Gudang penyimpanan barang ke alamat barang dengan syarat semua alamat dilalui tepat satu kali kecuali titik asal dan titik akhir.
4. Metode ini berlaku hanya untuk 1 kurir saja.
5. Sistem ini diimplementasikan dengan kondisi jalan yang sama.

## **E. Manfaat penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Pengetahuan tentang penentuan jarak terpendek menggunakan algoritma *Ant Colony Algorithm Optimization* (ACO).
2. Pertimbangan dalam mengambil keputusan untuk Optimasi Rute Terpendek.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. *Traveling salesman problem***

Traveling Salesman Problem (TSP) merupakan salah satu masalah klasik dalam Teori Graf yang sangat terkenal dalam bidang optimasi dan ilmu komputer. Masalah ini pertama kali digambarkan melalui skenario seorang pedagang yang harus berkeliling mengunjungi sejumlah kota. Tantangan utama dari TSP adalah menemukan lintasan terpendek yang memungkinkan pedagang tersebut berangkat dari kota asal, mengunjungi setiap kota tepat satu kali, dan kemudian kembali ke kota awal (Astami, 2015).

TSP dikenal sebagai masalah NP-hard, yang berarti bahwa seiring dengan bertambahnya jumlah kota, kompleksitas masalah ini meningkat secara eksponensial, sehingga sulit menemukan solusi optimal dalam waktu yang wajar. Dalam representasi graf, kota-kota atau lokasi yang harus dikunjungi oleh pedagang digambarkan sebagai *vertex* (titik), sedangkan jalan yang menghubungkan kota-kota tersebut digambarkan sebagai *edge* (sisi). Masalah TSP tidak hanya mencari rute terpendek, tetapi juga rute yang paling efisien dalam hal biaya dan jarak (Wirabuana, Bella, Ngatiqoh, & Fauzi, 2021).

TSP menarik perhatian besar di dunia komputasi karena masalah ini sederhana untuk dijelaskan, tetapi sangat sulit untuk diselesaikan secara optimal. Rute terpendek dalam TSP adalah jalur minimum yang diperlukan untuk mencapai tujuan dengan jarak atau biaya terendah. Dengan menggunakan graf, masalah ini dapat direpresentasikan dengan lebih jelas, di mana titik-titik mewakili kota dan sisi-sisi mewakili jarak atau biaya antar kota. Tujuannya adalah menemukan rute terpendek yang mengunjungi setiap titik satu kali dan kembali ke titik asal. Untuk menangani TSP, beberapa algoritma umum digunakan, antara lain:

1. *Brute Force*: Menghitung semua kemungkinan rute dan menghitung total jarak untuk setiap rute. Pendekatan ini menjadi tidak praktis untuk ukuran masalah yang besar karena kompleksitas waktu yang eksponensial.
2. *Nearest Neighbor*: Mulai dari kota awal dan terus berulang memilih kota terdekat yang belum dikunjungi dan sehingga semua kota sudah dikunjungi. Heuristik ini memberikan solusi yang cukup baik tetapi mungkin tidak selalu optimal.
3. *Genetic Algorithm*: Memanfaatkan konsep dari biologi evolusioner untuk mencari solusi yang baik. Algoritma ini mempertahankan populasi solusi potensial dan menerapkan operator genetik seperti mutasi dan persilangan untuk menciptakan solusi generasi baru.
4. *Ant Colony Optimization*: Terinspirasi oleh perilaku mencari makan semut, algoritma ini menggunakan jalur feromon untuk memandu pencarian. Semut membangun solusi secara bertahap dengan memilih kota berikutnya secara probabilistik berdasarkan tingkat dan jarak feromon.
5. *Simulated Annealing*: Mensimulasikan proses anil dalam metalurgi. Algoritma ini dimulai dengan solusi awal dan secara iteratif menjelajahi ruang solusi dengan membiarkan gerakan yang meningkatkan jarak total. Probabilitas untuk menerima pergerakan yang lebih buruk menurun dari waktu ke waktu, mengarah ke konvergensi menuju solusi optimal.

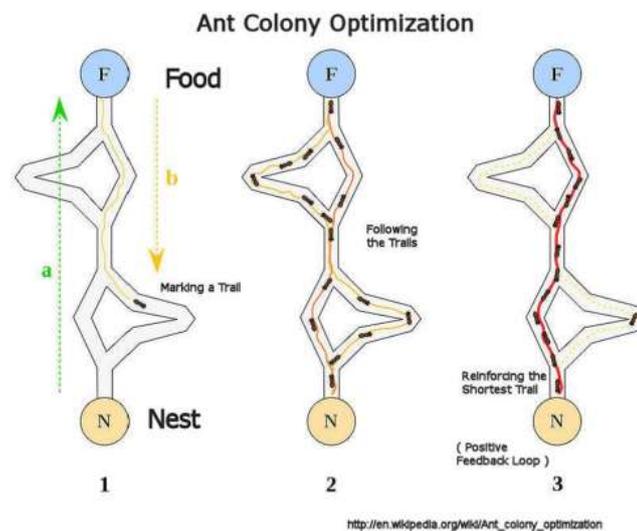
Meskipun TSP sulit diselesaikan secara optimal untuk jumlah kota yang besar, algoritma-algoritma ini terus dikembangkan dan digabungkan dengan teknik lain untuk menemukan solusi yang mendekati optimal dalam waktu yang wajar. *Brute force* menjadi tidak praktis karena sifat eksponensial TSP, sehingga pendekatan heuristik dan aproksimasi seperti *Ant Colony Optimization* dan *Simulated Annealing* sangat berguna untuk menemukan solusi terbaik secara efisien.

Sebagai kesimpulan, TSP tetap menjadi masalah yang penting dalam optimasi, terutama dalam bidang transportasi dan logistik, di mana solusi yang efisien untuk pengiriman barang atau perjalanan sangat diperlukan. Meskipun mencari solusi optimal untuk ukuran masalah yang besar sangat menantang,

algoritma modern seperti ACO dan *Genetic Algorithm* membantu menemukan solusi yang cukup baik dengan efisiensi yang tinggi.

### B. *Ant Colony Optimization (ACO)*

*Ant Colony Optimization (ACO)* pertama kali diusulkan oleh Marco Dorigo pada tahun 1991 dalam disertasinya untuk gelar PhD, dan kemudian algoritma ini dijelaskan lebih mendetail pada tahun 1996 dengan nama *Ant System (AS)*. Algoritma ini terinspirasi dari perilaku koloni semut yang secara alami mampu menemukan jalur terpendek dari sarang menuju sumber makanan menggunakan feromon (Risqiyanti & Rizkia, 2019).



Gambar 2.1. Jaringan feromon semut dari sarang menuju sumber makanan

Sumber: <https://socs.binus.ac.id/2019/12/31/ant-colony-optimization/>

*Ant Colony Optimization* bekerja dengan mengamati cara semut meninggalkan jejak feromon di jalur yang mereka lalui. Saat semut berjalan dari sarang menuju sumber makanan, mereka mengeluarkan zat kimia yang disebut pheromone di sepanjang rute perjalanan mereka. Semakin banyak semut yang melalui suatu jalur, semakin kuat jejak feromon yang tertinggal, sehingga menarik lebih banyak semut untuk memilih jalur tersebut di perjalanan selanjutnya. Jalur yang sering dilalui semut menjadi semakin populer, sementara jalur yang tidak

efisien secara bertahap ditinggalkan oleh semut karena jejak feromonnya menghilang (Mutakhiroh et al., 2007).

ACO menggunakan prinsip ini dalam pemecahan masalah optimasi. Dengan meniru perilaku semut dalam mencari rute, ACO memanfaatkan pendekatan probabilistik untuk mencari solusi terbaik melalui graf, di mana simpul (nodes) mewakili lokasi atau kota, dan sisi (*edges*) mewakili jalur di antara lokasi tersebut. Semut-semut buatan dalam algoritma ACO secara bertahap membangun solusi, memilih jalur berdasarkan tingkat feromon yang ada dan jarak antar simpul, sehingga solusi terbaik (jalur terpendek) dapat ditemukan.

Selain itu, meskipun seekor semut individu memiliki kemampuan terbatas, koloni semut secara keseluruhan dapat menyelesaikan tugas-tugas yang kompleks dan terkoordinasi, jauh melampaui kemampuan individualnya. Fenomena ini disebut inteligensi kolektif, yang memungkinkan koloni semut untuk menemukan solusi yang efisien dalam masalah pencarian jalur dan pembagian kerja. Koloni semut secara kolektif dapat mencapai tujuan yang rumit melalui kerjasama tanpa adanya pengendalian pusat, dan hal ini menginspirasi banyak algoritma optimasi modern (Ibnu Assayyis & Cholissodin, 2020). Dalam konteks ACO, algoritma ini bekerja sebagai berikut:

1. Inisialisasi: Pada tahap awal, setiap semut buatan ditempatkan di salah satu simpul dalam graf.
2. Pembangunan Solusi: Semut akan menjelajahi graf, memilih jalur berikutnya secara probabilistik berdasarkan jumlah feromon dan jarak. Semut lebih cenderung memilih jalur dengan tingkat feromon yang lebih tinggi dan jarak yang lebih pendek.
3. Pembaruan Feromon: Setelah setiap iterasi, feromon diperbarui di sepanjang jalur yang dipilih. Jalur yang lebih pendek dan lebih efisien akan menerima lebih banyak feromon, sehingga meningkatkan probabilitas bahwa jalur tersebut akan dipilih oleh semut di iterasi berikutnya.
4. Evaporasi Feromon: Seiring berjalannya waktu, feromon yang tertinggal di jalur yang kurang optimal akan menguap, mengurangi peluang jalur tersebut dipilih di masa depan.

Adapun rumus feromon dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$P_{ij} = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k \notin visited} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \quad (2.1)$$

- $P_{ij}$  : Probabilitas bahwa semut bergerak dari node  $i$  ke  $j$
- $\tau_{ij}$  : Tingkat feromon pada jalur dari node  $i$  ke  $j$
- $\eta_{ij}$  : Heuristik desirability dari jalur  $i \rightarrow j$ , biasanya  $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ , dimana  $d_{ij}$  adalah jarak atau biaya.
- $\alpha$  : Parameter yang mengontrol pengaruh parameter terhadap probabilitas.
- $\beta$  : Parameter yang mengontrol pengaruh heuristik/jarak terhadap probabilitas
- $visited$  : Himpunan node yang sudah dikunjungi oleh semut (agar tidak mengunjungi ulang)

- dimana  $\alpha$  menunjukkan derajat kepentingan pheromone dan  $N_{(k)}^i$  adalah pilihan yang dipunyai semut  $k$  (neighborhood) pada saat ia berada pada simpul  $i$ . *Neighborhood* dari semut  $k$  pada simpul  $i$  akan mengandung semua simpul yang bisa dituju yang tersambung secara langsung ke simpul  $i$ , kecuali simpul yang sudah dikunjungi sebelumnya.
- Seekor semut  $k$  ketika melewati ruas akan meninggalkan Jumlah pheromone yang terdapat pada ruas  $ij$  setelah dilewati semut  $k$  diberikan dengan rumus:

$$\tau_{i,j} \leftarrow \tau_{i,j} + \Delta\tau^k \quad (2.2)$$

- Dengan meningkatnya nilai pheromone pada ruas  $i-j$ , maka kemungkinan ruas ini akan dipilih lagi pada iterasi berikutnya

semakin Setelah sejumlah simpul dilewati maka akan terjadi penguapan pheromone dengan aturan sebagai berikut:

$$\tau_{i,j} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{i,j}, \forall (i,j) \in A \quad (2.3)$$

Melalui proses ini, ACO secara bertahap memperbaiki solusinya hingga menemukan rute terpendek yang optimal atau mendekati optimal. Algoritma ini telah berhasil diterapkan dalam berbagai masalah optimasi seperti *Traveling Salesman Problem* (TSP), optimasi jaringan, dan penjadwalan tugas.

*Ant Colony Optimization* terus berkembang dengan berbagai modifikasi dan penggabungan dengan algoritma lain, menjadikannya salah satu pendekatan yang populer dalam bidang optimasi komputasional, khususnya dalam konteks masalah yang melibatkan graf dan pencarian rute.

### C. Graf

Graf adalah struktur matematika yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara objek-objek yang berbeda. Dalam graf, objek-objek ini disebut simpul (*vertex*), dan hubungan antar simpul direpresentasikan oleh sisi (*edge*). *Graf* memiliki banyak aplikasi di berbagai bidang, terutama dalam masalah optimasi seperti pencarian rute terpendek. Struktur graf sering digunakan untuk merepresentasikan jaringan, seperti jaringan jalan raya, di mana simpul mewakili kota, dan sisi mewakili jalan yang menghubungkan kota-kota tersebut. Bobot pada sisi seringkali mewakili jarak atau waktu tempuh antar kota.

1. Titik – titik tersebut disebut *vertex*.
2. Garis – garis yang menghubungkan antar *vertex* disebut *edge*.
3. Adjacent artinya berdekatan, dua *vertex* akan disebut *adjacent*, jika mempunyai *edge* yang sama.
4. Bobot yang biasanya terdapat pada *edge* yang merepresentasikan jarak dari *vertex-vertex* yang dihubungkan oleh *edge* tersebut.
5. Path adalah lintasan yang melalui *edge* dan *vertex* dalam graf.

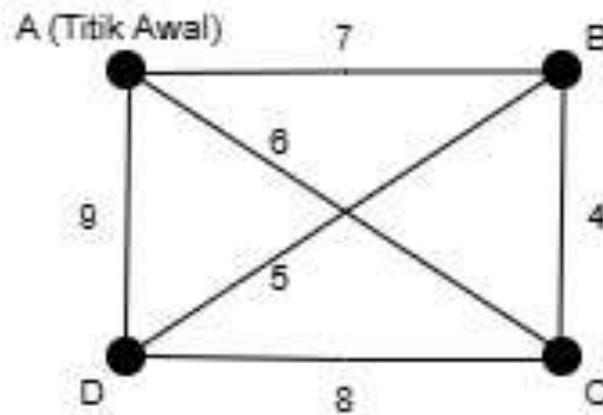
6. *Cycle* adalah lintasan yang dimulai dan berakhir pada *vertex* yang sama.
7. *Direct* pada *directed graph* adalah graf dimana edge-edgenya mempunyai suatu arah.

Salah satu permasalahan optimasi adalah menentukan rute terpendek dalam sebuah graf. Graf berbobot, atau graf yang setiap sisinya diberi nilai atau bobot, adalah jenis graf yang digunakan untuk mencari jalur terpendek. Bobot pada sisi grafik dapat menggantikan hal-hal seperti jarak antar kota, waktu yang dibutuhkan untuk menyampaikan pesan, harga pembangunan, dll. Di sini, diasumsikan bahwa semua bobot adalah positif. Lintasan yang dilalui dari satu simpul ke simpul lainnya dengan besaran atau nilai pada sisi dengan ujung paling sedikit, dari simpul awal hingga simpul akhir, dikatakan sebagai lintasan terpendek. Jalur terpendek adalah jalur minimal yang diperlukan untuk mencapai satu titik dari titik lainnya. Grafik dapat digunakan untuk mencari jalur minimal yang dipertanyakan. Graf yang digunakan adalah graf berbobot, artinya setiap sisi memiliki nilai atau bobot yang diberikan padanya.

Graf yang digunakan adalah graf-graf yang berbobot, yaitu graf yang setiap sisinya diberikan suatu nilai. Ada beberapa macam persoalan lintasan terpendek, antara lain (Mukti & Mulyono, 2018):

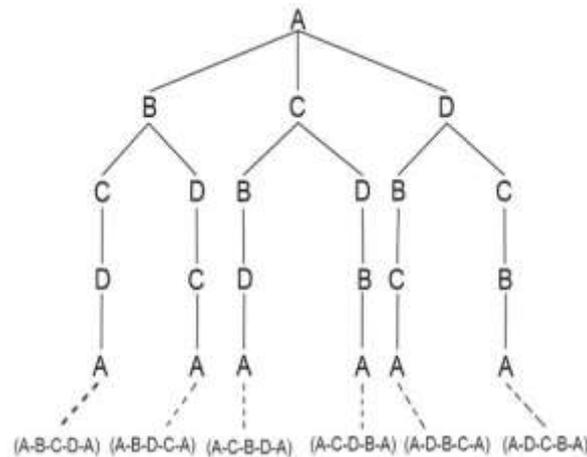
1. Lintasan terpendek antara dua buah simpul tertentu. (*a pair shortest path*).
2. Lintasan terpendek antara semua pasangan simpul (*all pairs shortest path*).
3. Lintasan terpendek dari simpul tertentu ke semua simpul yang lain (*singlesource shortest path*).
4. Lintasan terpendek antara dua buah simpul yang melalui beberapa simpul tertentu (*intermediate shortest path*).

Contoh kasus penggunaan Graf sebagai berikut



Gambar 2.2. Graf Lengkap

Graf diatas mempunyai 4 simpul termasuk Depot (0) sebagai titik awal, graf ini memiliki vertex sebanyak 4 – titik awal (a) sebagai Depot = 3, di rentangkan menjadi:

Gambar 2.3. *Minimum Spanning Tree*

Dari stuktur pohon tersebut terdapat 6 solusi, yaitu:

$V_1 = (A, B, C, D, A)$  atau  $(A, D, C, B, A)$  dengan panjang rute  $7 + 4 + 8 + 9 = 28$

$V_2 = (A, C, D, B, A)$  atau  $(A, B, D, C, A)$  dengan panjang rute  $6 + 8 + 5 + 7 = 26$

$V_3 = (A, C, B, D, A)$  atau  $(A, D, B, C, A)$  dengan panjang rute  $6 + 4 + 5 + 9 = 24$

Jadi, vertex terpendek ialah  $V_3 = (A, C, B, D, A)$  atau  $(A, D, B, C, A)$  dengan panjang rute  $6 + 4 + 5 + 9 = 24$

#### D. Penelitian Terkait

Penelitian dilakukan dengan merujuk dari berbagai sumber penelitian terdahulu. Adapun penelitian tersebut diuraikan sebagai berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

NO	Judul Artikel	Penulis dan tahun terbit	Hasil Penelitian	Keterkaitan
1.	Penerapan algoritma Ant Colony untuk optimasi rute terpendek pada pengiriman barang PT. JNE Pematangsiantar	Marina Juwita, Suhada, Ika Okta Kirana, Poningsih, dan Muhammad Ridwan Lubis, 2022	Menggunakan algoritma ACO mampu menghasilkan rute optimal yakni panjang rute terpendek, dengan menggunakan metode ACO dapat menyajikan tabel dan perhitungan matematis pada algoritma. Aplikasi yang digunakan hanya bisa mencakup titik-titik rute yang telah ditentukan.	Algoritma yang digunakan didalam penelitian ini sama

2.	<p>Algoritma Dijkstra dan Algoritma Greedy Untuk Optimasi Rute Pengiriman Barang Pada Kantor Pos Gorontalo</p>	<p>Novria Fatmawati Lakutu, Sri Lestari Mahmud, Muhammad Rifai Katili, Nisky Imansyah Yahya, 2023</p>	<p>Penelitian ini menerapkan algoritma Dijkstra dan Greedy untuk mencari rute antar kecamatan yang menjadi tujuan pengiriman barang, kemudian membandingkan untuk melihat algoritma mana yang lebih optimal. Berdasarkan hasil perhitungan, Algoritma Dijkstra dapat memberikan solusi yang lebih optimal dengan total jarak tempuh yang diperoleh sebesar 304,90 Km, sedangkan Algoritma Greedy menghasilkan total jarak tempuh sebesar 441,60 Km.</p>	<p>Kasus yang digunakan pada penelitian ini sama yaitu mencari rute terpendek</p>
3	<p>Optimasi Jalur Distribusi dengan Metode Vehicle</p>	<p>Agung Chandra dan Bambang</p>	<p>Tujuan dari penelitian ini adalah untuk</p>	<p>Kasus yang digunakan pada penelitian ini</p>

	Routing Problem (VRP)	Setiawan, 2018	menerapkan metode Vehicle Routing Problem (VRP) untuk mempercepat pendistribusian produk dan meminimalkan penggunaan bahan bakar. Metode VRP merupakan salah satu solusi untuk mencari rute terpendek dari 57 lokasi di Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi), empat lokasi di Bandung, dan tiga lokasi di Surabaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode VRP yang paling efisien adalah dengan menggabungkan metode heuristik dan meta-heuristik	sama yaitu mencari rute terpendek
--	-----------------------	----------------	---	-----------------------------------

			– simulation annealing yang mampu mengurangi jarak tempuh sekitar 11,79% di Jabodetabek, 0% di Bandung, dan 8,98% di Surabaya.	
4	Optimalisasi Pendistribusian Dengan Metode <i>Travelling Salesman Problem</i> Untuk Menentukan Rute Terpendek Di Pt Xyz	Muhammad Viqri Andriansyah, Rizki Achmad Darajatun, dan Dimas Nurwinata Rinaldi, 2021	Dari hasil yang didapat menggunakan WinQSB, didapat bahwa keempat metode TSP tersebut dapat meminimalkan rute pendistribusian, sehingga biaya bahan bakar juga dapat menurun. Namun rute yang memiliki jarak terpendek berasal dari metode Two-Ways Exchange Improvement dengan selisih jarak pendistribusian sebesar 16,78 KM	Algoritma yang sama dengan pembahasan yang berbeda

			dan biaya bahan bakar sebesar Rp. 219.410.	
5	Penerapan Algoritma Genetika Untuk Mencari Optimasi Kombinasi Jalur Terpendek Dalam Kasus <i>Traveling salesman problem</i>	Aldhigo Yusron Mubarak, dan Umi Chotijah, 2021	Algoritma genetika dapat diimplementasikan untuk menyelesaikan ukuran jarak atau masalah TSP yang optimal dengan memakai ukuran keturunan, ukuran populasi, probabilitas persilangan dan mutasi, dan metode seleksi yang tepat.	Menggunakan Algoritma dan kasus yang sama
6	Optimasi Vehicle Routing Problem Pada Rute Pendistribusian Menggunakan Metode <i>Ant Colony Optimization</i>	Maxsi Ary, 2022	etode <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO) digunakan untuk mencari rute pendistribusian dan penentuan jarak lintasan terbaik pada perusahaan jasa pengiriman barang atau dokumen. Hasil penelitian	Menggunakan Algoritma yang sama namun kasus yang berbeda

			<p>didapatkan optimasi vehicle routing problem (VRP) pada jasa pengiriman dengan rute pendistribusian terbaik adalah A – C – E – B – D – F – A dengan jarak rute lintasan pengiriman terdekat 18,9 km.</p>	
7	<p>Optimalisasi Metode penyelesaian orienteering problem menggunakan algoritma genetika dan <i>Ant Colony Optimization</i></p>	<p>Radiva Hera Oktiagi, 2019</p>	<p>Dengan diterapkannya penggabungan kedua Algoritma tersebut didapatkan hasil dari penggabungan GA dan ACO lebih baik dibandingkan dengan hasil dari masing-masing algoritma tersebut.</p>	<p>Menggunakan metode yang sama namun kasus yang berbeda</p>
8	<p>Penerapan Algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> Untuk Pencarian</p>	<p>Daniel Udjulawa, Serly Oktarina, 2022</p>	<p>Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa ACO dapat digunakan untuk</p>	<p>Kasus dan metode sama.</p>

	Rute Terpendek Lokasi Wisata (Studi Kasus Wisata Di Kota Palembang)		mencari rute terpendek dalam pencarian lokasi wisata, dapat dibuktikan pengujian pada lokasi yang sama untuk pencarian rute, ACO mampu bekerja sangat baik.	
9	Penerapan Algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO) Rute Jalur Terpendek	Siti Nurhalisa Jumaedi, Wahyuni Abidin, dan Try Azisah Nurman, 2022	Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan kurir untuk mengambil keputusan dalam menentukan lokasi jalur yang akan dilalui. Terdapat enam jumlah lokasi yang digunakan. Pada situasi ini, penggunaan algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> terbatas pada satu siklus atau satu iterasi (NC=1), sehingga rute terbaik diperoleh	Kasus dan metode sama.

			<p>sementara siklus pertama yaitu GOR Prof Tahir Djide ( ) menuju Panti Asuhan Al Muhtadina ( ) menuju Rumah Yatim Makassar ( ) menuju Lapangan Tala BTP/GLT ( ) menuju Rusunawa Kodam XIV/Hsn ( ) menuju Pabrik Produksi Roti Tawar Bandung Makassar ( ) lalu kembali pada titik pertama GOR Prof Tahir Djide ( ) dengan jarak tempuh sepanjang 7,9 km.</p>	
10	<p>Optimasi Multiple <i>Traveling salesman problem</i> dengan Algoritma Genetika pada Kasus Model Rute Terpendek</p>	<p>Arnita Irianti, Sugiarto Cokrowibowo dan Aswandi, 2021</p>	<p>Dapat disimpulkan bahwa algoritma genetika dapat menyelesaikan permasalahan Multiple Traveling Salesman Problem hal ini dapat dilihat pada sistem</p>	<p>Kasus, metode dan algoritma yang sama</p>

Penjemputan Sampah Kabupaten Majene		yang dapat membuat rute yang optimal.	
--	--	---	--

Berdasarkan Tabel 2.1, dapat disimpulkan bahwa terdapat berbagai pendekatan dan algoritma yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya untuk menyelesaikan permasalahan optimasi rute, khususnya dalam konteks pengiriman barang, distribusi, dan pencarian jalur terpendek. Secara umum, algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) menjadi salah satu metode populer yang diterapkan karena kemampuannya dalam menemukan solusi rute yang optimal secara bertahap melalui simulasi perilaku semut dalam membangun jalur berdasarkan intensitas feromon.

Beberapa penelitian seperti oleh Marina Juwita dkk. (2022), Maxsi Ary (2022), dan Daniel Udjulawa & Serly Oktarina (2022) menunjukkan bahwa algoritma ACO mampu menghasilkan solusi yang optimal dan cocok untuk berbagai skenario, baik itu pengiriman barang, pencarian rute wisata, hingga penyelesaian VRP. Penelitian-penelitian tersebut memperkuat validitas penggunaan ACO dalam studi ini. Selain itu, penelitian oleh Siti Nurhalisa Jumaedi dkk. (2022) juga mendukung penggunaan ACO dalam skala kecil dengan hasil rute efisien meskipun hanya menggunakan satu siklus iterasi.

Di sisi lain, pendekatan lain seperti algoritma genetika (GA) dan Dijkstra juga digunakan dalam penelitian berbeda untuk perbandingan atau penguatan metode, seperti terlihat pada penelitian Novria Fatmawati dkk. (2023) dan Aldhigo Yusron Mubarak & Umi Chotijah (2021). Bahkan, integrasi antara ACO dan GA sebagaimana dilakukan oleh Radiva Hera Oktiagi (2019) menunjukkan bahwa penggabungan dua pendekatan metaheuristik dapat menghasilkan performa yang lebih baik.

Dari keseluruhan studi terkait, dapat disimpulkan bahwa metode ACO relevan dan telah terbukti efektif dalam menyelesaikan permasalahan optimasi

rute, baik dalam konteks tunggal seperti *Traveling Salesman Problem* (TSP) maupun bentuk lanjutan seperti *Vehicle Routing Problem* (VRP) dan Multiple TSP. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat kontribusi pada studi-studi sebelumnya dengan tetap menggunakan pendekatan ACO, namun dengan eksplorasi pengujian parameter yang lebih luas dan skala dataset yang lebih besar untuk melihat skalabilitas dan efisiensi algoritma secara lebih menyeluruh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arif, M. B. (2019). Penentuan Jarak Terpendek Pada Jalur Pengiriman Musae Chips Dengan Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan*, 6(1), 19–23. <https://doi.org/10.25047/jtit.v6i1.97>
- Astami, A. D. (2015). *Identifikasi Parameter yang Berpengaruh pada Ant Colony Optimization yang Dimodifikasi pada Penyelesaian Travelling Salesman Problem Identification of the Parameters that Affect on the Ant Colony Optimization for Solving Travelling Salesman Problem*. 2(1).
- Fallo, D. Y. (2018). Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi (JUKANTI)*, 1(1), 28–32. <https://doi.org/10.37792/jukanti.v1i1.8>
- Firgiawan, W., Cokrowibowo, S., Irianti, A., & Gunawan, A. (2021). Performance Comparison of Spider Monkey Optimization and Genetic Algorithm for Traveling Salesman Problem. *Proceeding - ICERA 2021: 2021 3rd International Conference on Electronics Representation and Algorithm*, 191–195. <https://doi.org/10.1109/ICERA53111.2021.9538795>
- Hidayat, T. (2007). *Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Algoritma Semut*. 2007(Snati).
- Ibnu Assayyis, M., & Cholissodin, I. (2020). *Optimasi Travelling Salesman Problem Pada Angkutan Sekolah Menggunakan Algoritme Ant Colony Optimization (Studi Kasus: MI Salafiyah Kasim Blitar)* (Vol. 4, Issue 1). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Juwita Marina, S Suhada, dkk(2022). *Penerapan Algoritma Ant Colony untuk Optimasi Rute Terpendek pada pengiriman barang PT. JNE Pematang siantar*. 2022, 62-71
- Muharni, Y., Herlina, L., Kurniawan, B., Ilhami, M. A., Kulsum, K., Febianti, E., Mutaqin, A. I. S., & Hartono, H. (2022). Perancangan rute pergerakan

- material handling crane pada operasional gudang barang jadi menggunakan *Ant Colony Optimization*. *Journal Industrial Servicess*, 7(2), 289.  
<https://doi.org/10,36055/jiss.v7i2.14468>
- Mubarok AldhiqoYusran,Umi Chotijah (2021). *Penerapan Algoritma Genetika Untuk mencari Optimasi Kombinasi Jalur Terpendek dalam kasus Traveling salesman problem*. Gresik. 2021, 77-82
- Mukti, M. R., & . M. . (2018). Menentukan Rute Terpendek Dengan Menggunakan Algoritma Floyd-Warshall Dalam Pendistribusian Barang Pada Pt. Rapy Ray Putratama. *KARISMATIKA: Kumpulan Artikel Ilmiah, Informatika, Statistik, Matematika Dan Aplikasi*, 4(1).  
<https://doi.org/10.24114/jmk.v4i1.11857>
- Oktiagi Radiva Hera(2019). *Optimalisasi Metode Penyelesaian Orieteering Problem menggunakan algoritma Genetika dan Ant Colony Optimization*, Semarang, Universitas Negeri Semarang. 2019
- Risqiyanti, V., & Rizkia, A. D. (n.d.). *Pencarian Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization Guna Memantau SDG's (Risqiyanti dan Rizka) PENCARIAN RUTE TERPENDEK MENGGUNAKAN ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION PADA GUI MATLAB GUNA MEMANTAU SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS Studi Kasus Wilayah Jawa Tengah (he Shortest Route Search Using the Ant Colony Optimization Algorithm in GUI Matlab for Monitoring Sustainable Development Goals. Case Study in Central Java Region)* (Issue 50275).
- Widyastuti, N., & Hamzah, A. (2007). PENGGUNAAN ALGORITMA GENETIKA DALAM PENINGKATAN KINERJA FUZZY CLUSTERING UNTUK ( Application of Genetic Algorithm to Enhance the Performance of Clustering. *Berkala MIPA*, 17(2), 1–14.
- Wirabuana, R., Bella F, T. ., Ngatiqoh, R. ., & Fauzi, M. . (2021). Pencarian Rute Terpendek pada Distribusi Produk dengan Metode Djikstra DI PT. XYZ.

Jurnal Syntax Admiration, 2(7), 1341-1349.  
<https://doi.org/10.46799/jsa.v2i7.273>.

Yusron Mubarak, A., & Chotijah, U. (2021). Penerapan Algoritma Genetika Untuk Mencari Optimasi Kombinasi Jalur Terpendek Dalam Kasus *Travelling Salesman Problem*. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 7(2), 77–82.  
<https://doi.org/10,54914/jtt.v7i2.424>