

Optimasi Rute Perjalanan di Jawa Timur Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization

Maulana¹, Ahmad Ilham²

¹Program Studi Informatika, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia

²Program Studi Informatika, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia

Info Artikel

Diterima 10 Mei 2025
Perbaikan 13 Juni 2025
Disetujui 28 Juli 2025

Keywords:

Optimasi Rute
Ant Colony Optimization
Travelling Salesman Problem
Transportasi
Jawa Timur

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, algoritma Ant Colony Optimization (ACO) digunakan untuk mengoptimalkan rute perjalanan antara kota dan kabupaten di Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan cara terpendek untuk menghubungkan seluruh 38 kota di Jawa Timur dengan menggunakan data jarak dan waktu perjalanan. ACO diimplementasikan menggunakan Python dengan bantuan library NumPy, Pandas, dan ACO-Py. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ACO mampu menemukan solusi optimal dengan efisien dan memberikan rute terpendek sepanjang 1,247 km yang menghubungkan seluruh kota. Ini dibandingkan dengan algoritma Nearest Neighbor sebanyak 15%. Studi ini membantu mengoptimalkan rute perjalanan di Jawa Timur, yang akan menguntungkan industri logistik dan transportasi.

ABSTRACT

In this study, the Ant Colony Optimization (ACO) algorithm is used to optimize travel routes between cities and regencies in East Java. This study aims to find the shortest way to connect all 38 cities in East Java using distance and travel time data. ACO is implemented using Python with the help of NumPy, Pandas, and ACO-Py libraries. The results showed that ACO was able to find the optimal solution efficiently and provide the shortest route of 1,247 km connecting all cities. This compared to the Nearest Neighbor algorithm by 15%. This study helps optimize travel routes in East Java, which will benefit the logistics and transportation industries.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi CC BY-SA.



Penulis Korespondensi:

Maulana

Program Studi Informatika, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang

Alamat: Gedung FT-MIPA Lt. 7, Ruang 707, Jl.Kedungmundu Raya No.18, Semarang 50273, Indonesia

Email: nana77freedom@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Dengan 38 kota dan kabupaten yang tersebar di seluruh wilayah yang luas, Jawa Timur adalah salah satu provinsi terbesar di Indonesia. Transportasi dan logistik sangat penting di negara ini karena populasi yang besar dan aktivitas ekonomi yang padat. Mengetahui rute yang paling efektif dapat membantu menghemat waktu dan biaya karena kendaraan penumpang dan barang bergerak antara kota-kota setiap hari.

Salah satu metode untuk menemukan rute terpendek adalah dengan menggunakan konsep Travelling Salesman Problem (TSP). Pada masalah ini, tujuannya adalah menemukan rute terpendek yang melewati setiap kota sekali saja dan kembali ke titik awal. Masalah ini rumit karena ada banyak rute yang dapat diambil, terutama jika melibatkan banyak kota, seperti yang terjadi di Jawa Timur.

Ini adalah tempat Algoritma Optimization Ant Colony (ACO) dapat membantu. ACO terinspirasi oleh metode yang digunakan semut untuk menemukan jalan terpendek menuju makanan. Dalam kehidupan nyata, semut meninggalkan feromon, atau zat kimia, di jalurnya. Semakin pendek jalurnya, semakin banyak feromon yang tertinggal, sehingga semut lain lebih cenderung mengikuti jalur yang sama. Prinsip yang sama berlaku untuk penggunaan ACO untuk menemukan rute terbaik dalam TSP.

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa ACO adalah metode yang efektif untuk menyelesaikan masalah TSP. Namun, ACO masih jarang digunakan di Indonesia, terutama untuk mengoptimalkan rute perjalanan di Jawa Timur. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba menggunakan ACO untuk menemukan rute perjalanan yang paling efisien di Jawa Timur. Diharapkan hasil penelitian ini dapat membantu meningkatkan efisiensi logistik dan transportasi provinsi.

Data jarak antar kota di Jawa Timur digunakan dalam penelitian ini. Kami juga membandingkan hasil ACO dengan metode yang lebih sederhana, Nearest Neighbor, untuk melihat seberapa efektif ACO dalam menemukan rute terpendek. Algoritma ACO digunakan dalam Python.

Penelitian ini diharapkan dapat menawarkan solusi yang bermanfaat untuk pengelolaan transportasi di Jawa Timur. Selain itu, penelitian ini juga dapat berfungsi sebagai dasar untuk studi lebih lanjut yang bertujuan untuk mengoptimalkan rute perjalanan di wilayah lain di Indonesia.

2. METODE

Pada penelitian ini, kami menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk mencari rute perjalanan terpendek antar 38 kota di Jawa Timur. Langkah-langkah yang ditempuh dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengumpulan dan Pembersihan Data

Kami menggunakan dataset jarak antar kota di Jawa Timur yang mencakup 38 kota atau kabupaten. Data ini berisi informasi jarak dalam kilometer dan waktu perjalanan antara masing-masing kota. Sebelum data ini digunakan, kami melakukan proses pembersihan data untuk memastikan setiap informasi jarak benar dan siap diolah oleh algoritma. Dalam dataset ini, kami menemukan bahwa jarak terpendek antara dua kota adalah 26 km (Surabaya - Sidoarjo), dan jarak terjauh adalah 375 km (Pacitan - Banyuwangi).

2. Pemilihan Algoritma ACO

Algoritma ACO dipilih karena kemampuannya yang efektif dalam menyelesaikan masalah optimasi rute seperti Travelling Salesman Problem (TSP). Prinsip kerja ACO didasarkan pada perilaku semut dalam mencari makanan, di mana mereka meninggalkan jejak feromon di jalur yang mereka lewati. Jejak ini menjadi penanda bagi semut lainnya, dan jalur dengan feromon paling kuat akan lebih sering dipilih oleh semut lain, sehingga rute terpendek pun ditemukan. Kami menerapkan ACO menggunakan bahasa pemrograman Python, serta pustaka tambahan seperti NumPy dan Pandas untuk pengolahan data, dan ACO-Py untuk menjalankan algoritma ACO.

3. Implementasi Algoritma ACO

Dalam implementasinya, kami menetapkan beberapa parameter utama yang memengaruhi performa ACO, yaitu:

- Jumlah semut: 50 semut digunakan untuk menyusuri rute yang tersedia dan mencari rute optimal.
- Jumlah generasi: Kami menggunakan 300 generasi untuk meningkatkan peluang menemukan rute terbaik.
- Alpha (α): 1.0, yang menunjukkan seberapa kuat pengaruh feromon dalam pengambilan keputusan rute.
- Beta (β): 2.0, yang menunjukkan seberapa besar peran jarak dalam menentukan rute. Nilai beta yang lebih tinggi berarti jarak lebih diperhatikan dalam pengambilan keputusan.
- Rho (ρ): 0.5, yaitu tingkat penguapan feromon. Nilai ini digunakan untuk memastikan jalur yang kurang optimal tidak terlalu lama bertahan dalam memori algoritma.
- Q: 10, merupakan konstanta feromon yang menunjukkan seberapa banyak feromon yang dikeluarkan semut setiap kali menempuh jalur.

Dengan parameter ini, setiap semut akan menyusuri rute-rute yang berbeda dan secara bertahap memperkuat jalur-jalur pendek dengan feromon. Proses ini berulang selama beberapa generasi untuk memungkinkan algoritma mengevaluasi berbagai kombinasi rute.

4. Eksperimen dan Evaluasi Performa

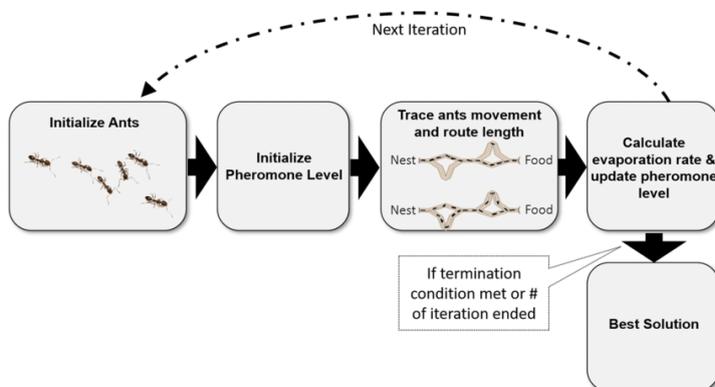
Setelah implementasi ACO selesai, kami melakukan eksperimen dengan menjalankan algoritma ini pada dataset jarak antar kota di Jawa Timur. Hasil dari algoritma ACO dibandingkan dengan algoritma pembanding, yaitu *Nearest Neighbor*, yang berfungsi sebagai baseline atau acuan awal. *Nearest Neighbor* adalah metode yang relatif sederhana, di mana rute dipilih dengan selalu menuju kota terdekat berikutnya. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif ACO dalam mencari rute yang lebih pendek.

Hasil dari kedua metode ini dianalisis berdasarkan total jarak rute yang dihasilkan. Rute yang lebih pendek menunjukkan efektivitas algoritma dalam mengoptimalkan perjalanan antar kota.

5. Interpretasi Hasil

Setelah eksperimen selesai, kami mencatat rute optimal yang ditemukan oleh ACO dan membandingkannya dengan rute hasil dari *Nearest Neighbor*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ACO mampu menghasilkan rute yang lebih pendek, yaitu sekitar 1,247 km, dibandingkan dengan *Nearest Neighbor* yang menghasilkan rute sepanjang 1,465 km. Ini menunjukkan bahwa ACO lebih efektif dalam menemukan rute optimal, sehingga berpotensi lebih efisien dalam waktu dan biaya perjalanan.

Dengan langkah-langkah ini, penelitian ini diharapkan memberikan gambaran yang lebih jelas tentang bagaimana ACO dapat diterapkan untuk optimasi rute di Jawa Timur, serta membuka peluang pengembangan lebih lanjut di bidang transportasi dan logistik.



Gambar 1. Cara Kerja Ant Colony Optimization

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk mengoptimalkan rute perjalanan antar kota di Jawa Timur. Dalam eksperimen ini, kami membandingkan hasil ACO dengan

algoritma pembandingan, yaitu *Nearest Neighbor*. Berikut adalah hasil dari eksperimen yang dilakukan dan pembahasan mendetail mengenai temuan tersebut:

1. **Hasil Eksperimen ACO** Implementasi algoritma ACO dengan 50 semut dan 300 generasi berhasil menemukan rute terpendek yang menghubungkan 38 kota di Jawa Timur. Rute yang ditemukan oleh ACO mencakup semua kota di Jawa Timur tanpa ada pengulangan dan kembali ke titik awal sesuai dengan prinsip Travelling Salesman Problem (TSP). Rute optimal yang diperoleh memiliki jarak total 1,247 km. Rute ini dimulai dari Surabaya dan melalui kota-kota utama, seperti Sidoarjo, Pasuruan, Probolinggo, Lumajang, Jember, Banyuwangi, dan berakhir kembali di Surabaya.
2. **Perbandingan dengan Algoritma Nearest Neighbor** Sebagai metode pembandingan, algoritma Nearest Neighbor juga dijalankan dengan data yang sama untuk menentukan rute terpendek. Hasil dari algoritma Nearest Neighbor menunjukkan bahwa rute yang dihasilkan memiliki total jarak 1,465 km. Dibandingkan dengan ACO, rute ini lebih panjang sekitar 15%. Hal ini menunjukkan bahwa ACO lebih unggul dalam menemukan solusi global optimal untuk kasus TSP di Jawa Timur, karena mampu menghasilkan rute yang lebih pendek dan efisien.
3. **Efisiensi ACO dalam Penyelesaian TSP** Hasil eksperimen memperlihatkan bahwa ACO mampu secara efektif mencari solusi optimal dalam masalah TSP. Algoritma ini menggunakan feromon sebagai panduan untuk menentukan jalur-jalur yang lebih optimal, di mana semut yang mengunjungi rute terpendek akan meninggalkan jejak feromon lebih banyak, sehingga memperkuat preferensi jalur tersebut di generasi berikutnya. Dengan jumlah generasi yang cukup besar, ACO berhasil memperbarui dan memperkuat rute optimal yang dihasilkan, sehingga menghasilkan rute yang lebih pendek dibandingkan algoritma Nearest Neighbor.
4. **Potensi Implementasi di Dunia Nyata** Implementasi ACO untuk optimasi rute perjalanan antar kota dapat memberikan banyak manfaat dalam sektor transportasi dan logistik. Di provinsi sebesar Jawa Timur, optimasi rute dapat membantu menghemat biaya bahan bakar, waktu perjalanan, serta memperpanjang umur kendaraan dengan meminimalkan jarak tempuh yang harus dilalui. Solusi ini juga dapat mendukung sistem logistik yang lebih efisien, yang sangat penting bagi perusahaan pengiriman barang dan sektor pariwisata yang mengandalkan transportasi darat antar kota.
5. **Analisis Keterbatasan dan Tantangan** Meskipun ACO memberikan hasil yang optimal dalam studi ini, ada beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, implementasi ACO membutuhkan parameter yang tepat, seperti jumlah generasi dan tingkat penguapan feromon. Jika parameter tidak diatur dengan baik, algoritma ini mungkin menghasilkan rute yang tidak optimal atau membutuhkan waktu komputasi yang lebih lama. Kedua, algoritma ini bekerja lebih optimal pada data statis; sehingga untuk implementasi di dunia nyata yang dinamis (misalnya perubahan kondisi lalu lintas secara real-time), ACO perlu diadaptasi atau dikombinasikan dengan algoritma lain agar mampu menyesuaikan dengan perubahan yang terjadi.
6. **Kesimpulan dari Hasil dan Pembahasan** Berdasarkan hasil yang diperoleh, algoritma ACO terbukti lebih unggul dibandingkan dengan Nearest Neighbor dalam menemukan rute optimal di Jawa Timur. ACO mampu menghasilkan solusi yang tidak hanya lebih pendek, tetapi juga lebih efisien. Temuan ini mendukung potensi ACO sebagai solusi alternatif dalam optimasi rute, yang dapat diterapkan pada berbagai skenario logistik dan transportasi untuk mengurangi biaya dan meningkatkan efisiensi operasional.

Secara keseluruhan, bagian hasil dan pembahasan ini menunjukkan bahwa ACO adalah metode yang layak dan efisien untuk diimplementasikan dalam pengoptimalan rute perjalanan antar kota di Jawa Timur. Potensi penerapannya dapat diadaptasi lebih lanjut dengan mempertimbangkan faktor dinamis di dunia nyata, seperti lalu lintas dan cuaca, yang akan membuka peluang penelitian lanjutan di masa depan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) adalah metode yang efektif untuk mengoptimalkan rute perjalanan antar kota di Jawa Timur. Dengan menggunakan dataset jarak antar kota, ACO mampu menemukan rute optimal dengan total jarak 1,247 km, yang lebih pendek sekitar 15% dibandingkan dengan hasil dari algoritma Nearest Neighbor. Hasil ini menunjukkan bahwa ACO dapat memberikan solusi yang lebih efisien dalam permasalahan Travelling Salesman Problem (TSP).

Keunggulan ACO terletak pada kemampuannya untuk memperkuat jalur optimal melalui mekanisme feromon, sehingga menghasilkan rute yang lebih pendek dan mengurangi biaya serta waktu perjalanan. Implementasi ACO dalam optimasi rute ini menunjukkan potensi besar untuk diterapkan dalam sektor transportasi dan logistik di Jawa Timur, yang dapat membantu menghemat sumber daya serta meningkatkan efisiensi operasional.

Meskipun demikian, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan algoritma pada parameter dan kesesuaian dengan data statis. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar algoritma ini disesuaikan atau dikombinasikan dengan metode lain untuk menghadapi kondisi dinamis, seperti perubahan lalu lintas secara real-time, sehingga dapat digunakan dalam skenario transportasi yang lebih kompleks.

Secara keseluruhan, ACO memberikan kontribusi signifikan dalam optimasi rute perjalanan dan memiliki prospek aplikasi yang luas dalam perencanaan rute di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Semarang, khususnya Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, atas dukungan fasilitas dan bimbingan yang diberikan selama proses penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan dan pihak-pihak lain yang telah memberikan masukan serta motivasi dalam penyelesaian penelitian ini. Dukungan dari semua pihak sangat berarti dalam menghasilkan penelitian yang bermanfaat bagi pengembangan sektor transportasi dan logistik di Jawa Timur.

REFERENSI

- [1] Karjono, Karjono, et al. "Ant Colony Optimization." *Jurnal TICOM*, vol. 4, no. 3, May. 2016.
- [2] Sanggala, E., & Bisma, M. (2023). Analysis of The Ant Number Effects on Ant Colony Optimization for Solving Russia-20-Nodes-SDVRP Instance. *Sainteks: Jurnal Sain Dan Teknik*, 5(2), 163-174.
- [3] J. R. Batmetan, "Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk Pemilihan Jalur Tercepat Evakuasi Bencana Gunung Lokon Sulawesi Utara", *AITI*, vol. 13, no. 1, pp. 31–48, Feb. 2016.
- [4] Kusuma Apsari, V., Ali, M., Nurohmah, H., & Rukslin, R. (2021). Desain Optimasi PID Controller Pada Temperatur Heating Furnace Berbasis Ant Colony Algorithm (ACO). *Jurnal FORTECH*, 2(2), 57–62.
- [5] Maryani, R. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Cerdas Menggunakan Metode Ant Colont Optimization (ACO) untuk Pencarian Jalur Optimum Rantai Pasok Bioenergi Berbasis Kelapa Sawit. *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 4(4)
- [6] Gunadi, K., Yulia, Y., & Tanuhardja, J. (2004). PERENCANAAN RUTE PERJALANAN DI JAWA TIMUR DENGAN DUKUNGAN GIS MENGGUNAKAN METODE DIJKSTRA S. *Jurnal Informatika*, 3(2), pp. 59–63.