

Penerapan Algoritma *Ant Colony* pada Pendistribusian Barang

Sisilia Firda Laila Akhadah and Juhari*

Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia

Abstrak

Ant Colony Optimization (ACO) merupakan algoritma untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang terinspirasi dari perilaku koloni semut dalam mencari sumber makanan. Masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana implementasi Algoritma *Ant Colony* dalam menentukan rute terpendek pada pendistribusian barang serta menganalisis pengaruh parameter α (intensitas jejak feromon) dan β (nilai heuristik) terhadap efektivitas pencarian rute. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan pendekatan simulasi pada beberapa kendaraan pengiriman barang bahan bangunan di Malang Raya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 33 lokasi pengiriman barang yang kemudian dibagi menjadi 5 sesuai dengan pembagian wilayah tujuan pengiriman barang. Rute terpendek yang dihasilkan dikatakan lebih efektif jika dibandingkan dengan rute dengan bantuan google maps saja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan algoritma ACO mampu memangkas jarak tempuh secara signifikan dengan rata-rata efektivitas mencapai 16,26% dari lima kendaraan yang diuji. Pada Pengujian parameter menunjukkan bahwa nilai β yang lebih tinggi ($\beta \geq 5$) memberikan pengaruh signifikan dalam pencarian rute terpendek, sedangkan variasi nilai α dapat disesuaikan tanpa mempengaruhi hasil secara signifikan. Dengan demikian, hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma ACO dinilai efektif dalam optimalisasi rute distribusi barang, terutama dengan kombinasi parameter yang tepat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai penerapan algoritma *Ant Colony* dalam menentukan rute terpendek.

Kata Kunci: Algoritma *Ant Colony*; Distribusi Barang; Rute Terpendek; Parameter α dan β

Abstract

Ant Colony Optimization (ACO) is an algorithm used to solve optimization problems, inspired by the behavior of ant colonies in find of food sources. The main issue addressed in this study is how to implement the Ant Colony algorithm to determine the shortest route for goods distribution and to analyze the influence of the parameters α (pheromone intensity) and β (heuristic value) on the effectiveness of route search. This study used a quantitative method with a simulation approach involving several delivery vehicles for building materials in Malang Raya. The testing was conducted using 33 delivery locations, which were then divided into five delivery clusters. The shortest routes generated by the algorithm were found to be more effective when compared to routes suggested by Google Maps. The results show that the implementation of the ACO algorithm significantly reduces travel distance, with an average effectiveness of 16.26% across the five vehicles that were tested. Parameter testing indicates that higher β values ($\beta \geq 5$) significantly influence the search for the shortest route, while variation in α does not significantly affect the results. Thus, this study concludes that the ACO algorithm is effective in optimizing delivery routes, especially when employing the appropriate combination of parameters. This research is expected to provide a deeper understanding of the Ant Colony algorithm in determining the shortest route.

Keywords: Ant Colony Algorithm; Goods Distribution; Shortest Route; Parameters α and β

Copyright © 2025 by Authors, Published by JRMM Group. This is an open access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>)

*Corresponding author. E-mail: juhari@uin-malang.ac.id

1 Pendahuluan

Distribusi barang merupakan salah satu komponen penting dalam rantai pasok perusahaan karena berperan langsung dalam mengantarkan produk ke konsumen. Efisiensi dalam distribusi sangat menentukan biaya operasional dan tingkat layanan kepada pelanggan. Salah satu tantangan utama dalam sistem distribusi adalah penentuan rute pengiriman yang optimal agar waktu tempuh dan biaya dapat diminimalkan [1].

Masalah pencarian rute terpendek secara matematis dapat dimodelkan menggunakan teori graf dan dikenal dalam bentuk *Travelling Salesman Problem* (TSP). TSP merupakan masalah kombinatorial yang bertujuan mencari lintasan terpendek untuk mengunjungi sejumlah titik hanya satu kali dan kembali ke titik awal [2]. Untuk menyelesaikan masalah ini, digunakan pendekatan optimasi seperti *Ant Colony Optimization* (ACO).

ACO adalah algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku koloni semut dalam mencari sumber makanan. Algoritma ini menggunakan prinsip jejak feromon sebagai panduan dalam membentuk rute optimal [3]. Saat berjalan setiap semut melepaskan feromon, yang mana semut lain peka terhadap feromon tersebut sehingga memberikan harapan untuk mengikuti jejaknya. Potensinya tergantung pada konsentrasi feromon. Setelah beberapa saat, rute terpendek akan cenderung sering diikuti dan feromonya menjadi jenuh [4]. Dalam implementasinya, ACO telah banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi rute, termasuk dalam konteks logistik dan distribusi [5].

Penelitian ini mengimplementasikan algoritma ACO untuk mencari rute terpendek distribusi barang dari perusahaan PT. Bumi Pembangunan Pertiwi menuju beberapa titik tujuan distribusi di wilayah Malang Raya. Selain itu, dilakukan analisis pengaruh parameter α (pengaruh jejak feromon) dan β (pengaruh visibilitas) terhadap efektivitas hasil pencarian rute pada algoritma ACO.

2 Metode

Pada penerapan algoritma ant colony penelitian ini memiliki beberapa tahapan, yaitu:

1. Menentukan titik gudang atau perusahaan awal yang akan menjadi awal pendistribusian barang dan menentukan titik-titik perusahaan atau toko bangunan yang akan dijadikan tujuan pendistribusian barang. Beserta jarak antar titik tersebut.
2. Identifikasi parameter ($\alpha = 1, \beta = 2, \rho = 0,5$) [6].
3. Simbolisasi parameter-parameter algoritma yang terdiri dari [7]:
 - (a) Jumlah titik (n), dimana $n = 33$.
 - (b) Visibilitas antar titik (η_{ij}) dan jarak antar titik (d_{ij}).
 - (c) Tetapan siklus semut (Q), $Q = 1$.
 - (d) Tetapan pengendalian intensitas jejak semut (α), $\alpha \geq 0$.
 - (e) Tetapan pengendali visibilitas (β), $\beta \geq 0$.
 - (f) Tetapan penguapan jejak semut (ρ), $0 < \rho < 1$.
 - (g) Intensitas jejak semut/feromon antar titik (τ_{ij}), dan perubahan intensitas jejak semut/feromon antar titik $\Delta\tau_{ij}$ [8].
 - (h) Jumlah siklus maksimum (NC_{max}) [9]. Pada permasalahan ini, siklus pertama ($NC = 1$) akan menggunakan nilai $\tau_{ij} = \tau_0 = \frac{jumlahtitik}{C_{greedy}}$. Untuk siklus berikutnya jika diperlukan, nilai τ_{ij} akan diperbarui sampai dengan ($NC = NC_{max}$).
4. Mencari rute mula-mula dengan algoritma greedy. Hal ini digunakan untuk membantu mengoptimalkan rute pada algoritma ant colony [10].
5. Menghitung feromon awal dilakukan dengan cara menjumlahkan titik-titik yang menghasilkan total panjang rute sementara menggunakan algoritma greedy. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung feromon awal $\tau_{ij} = \tau_0 = \frac{jumlahtitik}{C_{greedy}}$.
6. Menghitung visibilitas antar titik $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ [11]. Menghitung visibilitas antar titik tersebut yaitu

untuk mengetahui jarak terjauh yang paling memungkinkan.

7. Menghitung probabilitas untuk setiap siklus atau semut. Pada tahap ini, probabilitas terhadap semut k ditujukan agar semut berpindah dari simpul i ke simpul j [12].
 - (a) Untuk menentukan titik tujuan akan digunakan persamaan probabilitas sebagai berikut.

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}, & \text{untuk } j \in \{N - \text{tabu}_k\} \\ 0, & \text{untuk } j \text{ lainnya} \end{cases}$$

Dengan i sebagai indeks titik asal dan j sebagai indeks titik tujuan.

- (b) Penetapan titik selanjutnya dilakukan berdasarkan bilangan random dengan bantuan Excel. Bilangan random tersebut akan menunjukkan suatu nilai dalam rentang 0 sampai 1. Titik tujuan berikutnya yang dipilih berdasarkan selisih nilai probabilitas titik dengan random bernilai positif [10].
8. Menentukan rute terpendek sementara, dan masih perlu melakukan perhitungan perubahan intensitas feromon dan menghitung pembaruan feromon.
9. Melakukan perhitungan perubahan intensitas feromon. Perhitungan kembali intensitas feromon diperlukan karena terdapat penguapan feromon. Hal ini menyebabkan kemungkinan terjadinya perubahan nilai intensitas feromon [13]. Persamaan perubahan nilai feromon adalah

$$\Delta \tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k \quad \forall (i, j) \in \text{tabu}_k$$

dengan $\Delta \tau_{ij}^k$ adalah perubahan nilai intensitas feromon semut setiap iterasinya dengan persamaan sebagai berikut

$$\Delta \tau_{ij}^k = \frac{Q}{C^k}$$

nilai $Q = 1$, dan C^k adalah panjang rute yang dibangun oleh semut ke- k .

10. Melakukan pembaruan feromon, $\tau_{ij}^{\text{baru}} = (1 - \rho) \tau_{ij} + \Delta \tau_{ij}^k$, dengan nilai $\Delta \tau_{ij}^k = \frac{1}{C^k}$ yang telah dicari sebelumnya. Perhitungan nilai intensitas feromon ini akan digunakan untuk siklus selanjutnya jika diperlukan [14].
11. Analisa hasil perhitungan metode *Ant Colony Optimization* dari hasil perhitungan yang berupa jarak terpendek.
12. Melakukan uji pengaruh parameter. Dari perhitungan menggunakan algoritma ant colony penggunaan nilai pada parameter perlu dilakukan uji coba agar mengetahui hasil paling optimalnya [15].

3 Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menerapkan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menentukan rute terpendek dalam pendistribusian barang dari PT. Bumi Pembangunan Pertiwi ke 33 titik tujuan yang tersebar di wilayah Malang Raya. Data lokasi diperoleh dari perusahaan, kemudian divisualisasikan dan diverifikasi menggunakan Google Maps. Titik-titik distribusi kemudian dikelompokkan menjadi lima area layanan pengiriman yang diwakili oleh lima kendaraan.

3.1 Hasil Implementasi Algoritma ACO

Berdasarkan sumber data, diambil 5 kendaraan yang akan melakukan pendistribusian barang dimana setiap kali pemberangkatan distribusi tersebut menuju ke beberapa toko atau perusahaan yang menjadi tujuan pendistribusian barang. Setiap kendaraan dihitung rute distribusinya menggunakan ACO, dan

hasilnya dibandingkan dengan rute dari Google Maps sebagai acuan. Berikut ini hasil implementasi algoritma ACO berupa jarak terpendek dan perbandingan efektivitas rute:

1. Rute terpendek atau rute optimal untuk kendaraan 1: $V_A \rightarrow V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_A$ dengan panjang rute 15,726 km.
2. Rute terpendek untuk kendaraan 2: $V_B \rightarrow V_5 \rightarrow V_6 \rightarrow V_7 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_{10} \rightarrow V_9 \rightarrow V_8 \rightarrow V_B$ dengan panjang rute 31,9 km.
3. Rute terpendek untuk kendaraan 3: $V_C \rightarrow V_{12} \rightarrow V_{13} \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{15} \rightarrow V_{18} \rightarrow V_{16} \rightarrow V_{17} \rightarrow V_C$ dengan panjang rute 29,15 km.
4. Rute terpendek untuk kendaraan 4: $V_D \rightarrow V_{19} \rightarrow V_{21} \rightarrow V_{22} \rightarrow V_{23} \rightarrow V_{24} \rightarrow V_{25} \rightarrow V_{20} \rightarrow V_D$ dengan panjang rute 40,3 km.
5. Rute terpendek untuk kendaraan 5: $V_E \rightarrow V_{28} \rightarrow V_{29} \rightarrow V_{30} \rightarrow V_{32} \rightarrow V_{31} \rightarrow V_{27} \rightarrow V_{26} \rightarrow V_E$ dengan total jarak tempuh sejauh 40,55 km.
6. Kendaraan 1 hingga 5 mengalami penghematan jarak tempuh dengan rata-rata efektivitas sebesar 16,26%, menunjukkan bahwa ACO mampu menghasilkan rute yang lebih efisien.

3.2 Uji Pengaruh Parameter α dan β

Untuk mengetahui pengaruh parameter terhadap performa ACO, dilakukan simulasi dengan kombinasi nilai α (intensitas jejak feromon) dan β (visibilitas/jarak). Nilai α yang diuji antara lain: 0, 0.2, 0.5, 0.7, 1, 1.5, 2, 5, 10, sedangkan β yang diuji antara lain: 0, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20. Uji coba dilakukan sebanyak 10 iterasi pada semua uji coba dan didapatkan hasil uji pengaruh parameter tersebut dibawah ini.

Tabel 1: Nilai efektivitas rata-rata untuk kombinasi parameter α dan β

$\alpha \setminus \beta$	0	0.2	0.5	0.7	1	1.5	2	5	10
0	86.19	82.60	81.28	77.60	80.80	76.39	83.40	73.30	80.29
0.5	71.20	71.19	67.29	66.80	69.29	69.79	75.60	70.90	74.19
1	61.46	63.59	64.09	62.29	66.09	65.59	63.88	66.89	60.50
2	58.89	59.69	58.39	59.09	57.19	60.19	59.99	54.69	56.49
5	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69
10	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69
20	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69	54.69

Berdasarkan tabel hasil uji coba parameter α (jejak feromon) dan β (jarak atau informasi heuristik) pada Algoritma Ant Colony dalam konteks pencarian rute terpendek dengan memberikan 10 iterasi uji coba menghasilkan nilai terbaik masing-masing parameter diatas, berikut adalah beberapa kesimpulan yang dapat diambil:

1. Hasil terbaik diperoleh saat $\beta = 5$ atau lebih tinggi, di mana rute stabil di jarak minimum yaitu 54,69 km.
2. Pengaruh β lebih signifikan terhadap hasil dibandingkan α , yang berarti visibilitas memiliki peran dominan dalam proses eksplorasi solusi optimal.
3. Kombinasi parameter optimal yang disarankan adalah β tinggi ($\beta \geq 5$) dan α dapat disesuaikan karena tidak banyak memengaruhi hasil akhir secara signifikan.

3.3 Analisis Efektivitas

Pada pengiriman barang kendaraan 1 rute terpendeknya memangkas jarak sekitar 12.59% dibandingkan rute yang diberikan oleh google maps, pada kendaraan 2 memangkas jarak sekitar 16.05%, pada kendaraan 3 memangkas jarak sekitar 19.02%, pada kendaraan 4 memangkas jarak sekitar 16.39%, dan pada kendaraan 5 memangkas jarak sekitar 17.25%.

Rata-rata efektivitas pemangkasan jarak tempuh pada seluruh kendaraan mencapai 16.26%, dengan tren efisiensi meningkat seiring penyesuaian parameter. Ini menunjukkan bahwa ACO tidak hanya

mampu menghasilkan rute terpendek, tetapi juga dapat disesuaikan dengan karakteristik data melalui penyesuaian parameter.

4 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) efektif dalam menyelesaikan permasalahan pencarian rute terpendek pada pendistribusian barang. Implementasi ACO pada 33 titik distribusi yang dikelompokkan ke dalam lima area pengiriman menghasilkan penghematan jarak tempuh rata-rata sebesar 16,26% dibandingkan dengan rute konvensional dari Google Maps.

Pengujian parameter menunjukkan bahwa nilai β (visibilitas) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efektivitas rute yang dihasilkan, sementara α (intensitas feromon) cenderung tidak memberikan perubahan besar terhadap hasil. Kombinasi parameter dengan nilai β tinggi ($\beta \geq 5$) memberikan hasil yang paling optimal dan konsisten. Hal ini berarti visibilitas memiliki peran dominan dalam proses pencarian rute terpendek pada uji coba permasalahan ini.

Dengan demikian, algoritma ACO dapat menjadi pendekatan yang andal dalam merancang sistem distribusi yang lebih efisien, terutama pada kasus nyata dengan jumlah titik distribusi yang banyak dan kompleksitas rute yang tinggi.

Pernyataan Kontribusi Penulis (CRediT)

Sisilia Firda Laila Akhadah: Konseptualisasi, Metodologi, Penulisan–Draf Awal. **Juhari:** Kurasi Data, Analisis Formal, Penulisan–Telaah, Penyuntingan, Perangkat Lunak, Validasi, dan Visualisasi.

Deklarasi Penggunaan AI atau Teknologi Berbasis AI

Model ChatGPT versi 4 digunakan untuk membantu analisis hasil uji coba parameter dan pemeriksaan tata bahasa.

Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Pendanaan dan Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing atas segala bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PT. Bumi Pembangunan Pertiwi atas bantuan data dan informasi yang berharga bagi penulis dan dapat penulis gunakan dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Matematika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang atas fasilitas dan dukungan akademik yang telah diberikan, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Tak lupa, penulis menyampaikan terima kasih yang mendalam kepada orang tua dan keluarga tercinta atas segala doa, semangat, serta dukungan moral dan materiil yang tiada henti. Juga kepada teman-teman yang telah memberikan bantuan, semangat, dan menemani penulis dalam setiap proses penyelesaian penelitian ini. Semoga segala bentuk bantuan dan kebaikan yang diberikan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT, dan semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Ketersediaan Data

Data dalam penelitian ini tersedia atas permintaan yang wajar kepada perusahaan PT. Bumi Pembangunan Pertiwi.

Daftar Pustaka

- [1] R. Y. C. Sianturi, B. Rahayudi, and A. W. Widodo, “Implementasi algoritma ant colony optimization untuk optimasi rute distribusi produk kebutuhan pokok dari toko sasana bonofie mojoroto,” *Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. 3190–3197, 2021. [Available online](#).
- [2] S. Rohman, L. Zakaria, A. Asmiati, and A. Nuryaman, “Optimisasi travelling salesman problem dengan algoritma genetika pada kasus pendistribusian barang pt. pos indonesia di kota bandar lampung,” *Jurnal Matematika Integratif*, pp. 61–73, 2020. DOI: [10.24198/jmi.v16.n1.27804.61-73](https://doi.org/10.24198/jmi.v16.n1.27804.61-73) [Available online](#).
- [3] M. R. Djalal and F. Faisal, “Ant colony based pid tuned parameters for controlling synchronous motor,” *Jurnal TAM (Technology Acceptance Model)*, pp. 67–73, 2019. [Available online](#).
- [4] D. Udjulawa and S. Oktarina, “Penerapan algoritma ant colony optimization untuk pencarian rute terpendek lokasi wisata (studi kasus wisata di kota palembang),” *Jurnal Ilmu Komputer*, pp. 26–33, 2022. DOI: [10.56869/klik.v3i1.326](https://doi.org/10.56869/klik.v3i1.326) [Available online](#).
- [5] Karjono, Moedjiono, and D. Kurniawan, “Ant colony optimization,” *Jurnal TIKOM*, pp. 119–125, 2016. [Available online](#).
- [6] M. R. Faizal, K. A. B. Sitorus, M. Tandililing, and S. H. Baharuddin, “Sistem pencarian rute terbaik ekspedisi barang menggunakan metode ant colony pada pt. pelindo tpkm,” *Jurnal STIMIK Profesional Makassar (PROGRES)*, pp. 1–8, 2021. DOI: [10.56708/progres.v16i1.388](https://doi.org/10.56708/progres.v16i1.388) [Available online](#).
- [7] Y. S. Tyas and W. Prijodiprodjo, “Aplikasi pencarian rute terbaik dengan metode ant colony optimization (aco),” *Indonesian Journal of Computing and Cybernetics System*, pp. 55–64, 2013. [Available online](#).
- [8] V. Risqiyanti, H. Yasin, and R. Santoso, “Pencarian jalur terpendek menggunakan metode algoritma ant colony optimization pada gui matlab (studi kasus: Pt. distriversa buana mas cabang purwokerto),” *Jurnal Gaussian*, pp. 272–284, 2019. DOI: [10.14710/j.gauss.v8i2.26671](https://doi.org/10.14710/j.gauss.v8i2.26671) [Available online](#).
- [9] D. K. Situmorang and D. Guslan, “Analisis rute pendistribusian dengan menggunakan metode ant colony optimization dalam persoalan vehicle routing problem pada kantor pos boyolali,” *Jurnal Logistik Bisnis*, pp. 51–59, 2018. [Available online](#).
- [10] Musdalipa and A. Sahari, “Penentuan jalur terpendek pendistribusian barang jalur nugraha ekakurir (jne) menggunakan algoritma semut (studi kasus jne dewi sartika palu),” *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, pp. 84–94, 2021. [Available online](#).
- [11] D. W. Nugraha, A. Amriana, and R. Setiawaty, “Implementasi algoritma ant colony optimization (aco) pada pencarian jalur terpendek automatic teller machine (atm) di kota palu,” *Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, pp. 191–202, 2020. [Available online](#).
- [12] M. Dorigo, V. Maniezzo, and A. Colorni, “The ant system: Optimization by a colony of cooperation agents,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, vol. 26, no. 1, pp. 1–13, 1996. DOI: [10.1109/3477.484436](https://doi.org/10.1109/3477.484436) [Available online](#).
- [13] M. Dorigo and T. Stützle, *Ant Colony Optimization*. MIT Press, 2004. [Available online](#).
- [14] M. I. S. Kirom and A. A. Soebroto, “Implementasi algoritma ant colony optimization untuk rekomendasi rute terpendek pada usaha thrifting di kota malang,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. 1–8, 2017. [Available online](#).

[15] A. D. Astami, C. Faticahah, and V. Hariadi, “Indikasi parameter yang berpengaruh pada ant colony optimization yang dimodifikasi pada penyelesaian travelling salesman problem,” *Jurnal Teknik Pomits*, pp. 1–5, 2013. [Available online](#).