



PENGUNAAN ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO) UNTUK PENDISTRIBUSIAN CABAI PADA STUDI KASUS PERMANA CABE

Andre Rizky Pangestu¹, Afiana Septi Laili², Tandyo Dwi Oktavian³, Ibnu Abizaid Fisabilillah⁴,
Nimas Ayu Anggun Kharisma⁵, Muhamad Gus Amix Kusuma⁶

¹²³⁴⁵⁶ Program Studi Teknik Informatika, Universitas Islam Balitar

Jl. Imam Bonjol No. 16, Jl. Majapahit No.2- 4, Sananwetan, Kec. Sananwetan, Kota Blitar, Jawa Timur
66137

¹andrerizky43@gmail.com, ²afianasepti21@gmail.com, ³tndiodwi@gmail.com, ⁴ibnu.abzaid29@gmail.com, ⁵nimasayu498@gmail.com, ⁶muhamadamix244@gmail.com

Abstract

The distribution of chili peppers plays a crucial role in maintaining economic stability, particularly in urban economic sectors. High demand requires distributors to deliver chili peppers quickly and efficiently to preserve product quality. This study aims to assist distributors in determining the best distribution routes that are not only fast but also safe. To achieve this goal, the Ant Colony Optimization (ACO) method was employed, an algorithmic approach inspired by the behavior of ants in finding the shortest paths to food sources. This study utilized actual data to analyze and determine optimal distribution routes. Manual calculations using the ACO algorithm revealed that the algorithm parameters ($\alpha=1$, $\beta=2$, $\rho=1$) with 20 ants and 100 iterations were able to produce optimal solutions. The implementation of this algorithm successfully identified the shortest distribution route with a total distance of 25.50 km, starting from Permana Cabe to various delivery destinations. The findings demonstrate that the Ant Colony Optimization algorithm is effective in optimizing chili pepper distribution routes. In addition to improving time and cost efficiency, the generated solution also contributes to enhancing the quality of distributor services. Therefore, this study provides significant contributions to the field of logistics and distribution, particularly in the context of agricultural product distribution in urban areas.

Keywords : *ant colony optimization, shortest distance, chili distribution, route optimization*

Abstrak

Distribusi cabai memainkan peran krusial dalam menjaga stabilitas ekonomi, khususnya di sektor perekonomian kota. Permintaan yang tinggi menuntut distributor untuk mengantarkan cabai secara cepat dan efisien guna mempertahankan kualitas produk. Penelitian ini bertujuan untuk membantu distributor dalam menentukan rute distribusi terbaik yang tidak hanya cepat tetapi juga aman. Untuk mencapai tujuan tersebut, digunakan metode Ant Colony Optimization (ACO), sebuah pendekatan algoritmik yang terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari jalur terpendek menuju sumber makanan. Penelitian ini memanfaatkan data aktual untuk menganalisis dan menentukan rute distribusi yang optimal. Hasil perhitungan manual dengan algoritma ACO menunjukkan bahwa penggunaan parameter algoritma ($\alpha=1$, $\beta=2$, $\rho=1$) dengan 20 semut dan 100 iterasi mampu menghasilkan solusi yang optimal. Implementasi algoritma ini berhasil menemukan rute distribusi terpendek dengan total jarak 25,50 km, yang dimulai dari Permana Cabe menuju berbagai lokasi tujuan pengiriman. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa algoritma Ant Colony Optimization efektif dalam mengoptimalkan rute distribusi cabai. Selain meningkatkan efisiensi waktu dan biaya, solusi yang dihasilkan juga berkontribusi pada peningkatan kualitas layanan distributor. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam bidang logistik dan distribusi, khususnya dalam konteks distribusi hasil pertanian di wilayah perkotaan.

Kata kunci : *algoritma semut, jarak terpendek, distribusi cabai, optimasi rute*

1. PENDAHULUAN

Pada era modern ini, perkembangan transportasi, khususnya dalam pengiriman



barang pokok, telah mengalami kemajuan yang signifikan. Berbagai perusahaan ekspedisi telah bermunculan untuk mengatasi tantangan distribusi, mencakup pengiriman bahan pangan, sandang, hingga barang-barang berat lainnya. Ketergantungan masyarakat terhadap layanan ini semakin meningkat setiap harinya, yang secara langsung memengaruhi jumlah pengemudi di jalan. Namun, pengelolaan transportasi pengiriman barang juga memerlukan perhatian khusus, seperti perhitungan biaya perjalanan, manajemen waktu, hingga optimalisasi efisiensi operasional. Tantangan ini menjadi semakin krusial dalam pengiriman bahan pokok yang bersifat mudah rusak, seperti cabai, yang membutuhkan kecepatan dan ketepatan pengiriman agar tetap segar saat tiba di tujuan. Oleh karena itu, strategi pemangkasan rute menjadi langkah penting untuk menghindari hambatan di jalan, sehingga pengiriman dapat berjalan lancar dan tepat waktu.

Di Kota Blitar, sektor ekspedisi bahan pokok berkembang pesat, termasuk usaha-usaha lokal seperti Permana Cabe, yang berperan sebagai pengepul cabai dari para petani sekitar. Cabai, sebagai salah satu komoditas utama, memiliki sifat mudah layu dan kehilangan kesegarannya dalam waktu singkat, biasanya 5 hari pada suhu ruang [2]. Namun pada beberapa kondisi, cabai tidak serta merta akan langsung dikirim dan disimpan terlebih dahulu di tempat pengepulan. Selain itu faktor dari pembungkusan saat dikirim juga memengaruhi tingkat kematangan cabai yang makin cepat. Jika kadar air makin tinggi (sekitar 60-85%), maka cabai akan lebih cepat rusak [3]. Kondisi ini menuntut para pengemudi untuk memastikan pengiriman cabai berlangsung dengan cepat dan aman hingga sampai ke tujuan. Namun, tantangan waktu sering kali mendorong pengemudi untuk mengemudi secara ugal-ugalan di jalan, sebuah fenomena yang tak jarang memicu keresahan di masyarakat. Tingginya tekanan untuk menjaga kualitas cabai selama pengiriman menjadi salah satu faktor yang memengaruhi perilaku ini, sekaligus menyoroti perlunya solusi yang lebih baik dalam pengelolaan logistik dan transportasi agar efisiensi dapat tercapai tanpa mengorbankan keselamatan di jalan.

Dari masalah tersebut, penggunaan solusi pencarian rute terdekat dengan memanfaatkan algoritma semut atau *Ant Colony Optimization (ACO)* dirasa baik untuk membantu pengelola usaha. Algoritma ini merupakan salah satu dari algoritma heuristik, yaitu teknik analisa yang menggunakan aturan praktis untuk menemukan

solusi yang baik untuk masalah yang rumit. Algoritma ini diambil dari perilaku para semut yang memiliki koloni dalam pencarian jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan (Hardjasutanto, 2010).

ACO diambil dari perilaku koloni semut dalam pencarian jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan. Algoritma semut diperkenalkan oleh Moyson dan Manderick dan secara meluas dikembangkan oleh Marco Dorigo. Algoritma semut merupakan teknik probabilistik untuk menyelesaikan masalah komputasi dengan menemukan jalur terbaik melalui grafik. Mengingat prinsip algoritma yang didasarkan pada perilaku koloni semut dalam menemukan jarak perjalanan paling pendek tersebut, ACO sangat tepat digunakan untuk diterapkan dalam penyelesaian masalah menentukan jalur terpendek. [1]

Penerapan ACO dalam pengelolaan logistik dan transportasi, khususnya dalam pengiriman cabai, dapat memberikan solusi yang signifikan. Dengan menggunakan algoritma ini, perusahaan ekspedisi dapat merencanakan rute pengiriman dengan lebih efisien, meminimalkan waktu perjalanan, serta menghindari hambatan yang dapat memperlambat proses pengiriman. Hal ini akan membantu memastikan bahwa cabai tetap dalam kondisi segar dan aman saat tiba di tujuan. Selain itu, penggunaan ACO juga dapat mengurangi tekanan yang dihadapi oleh pengemudi untuk mengemudi secara terburu-buru dan berisiko tinggi, karena rute yang diambil sudah optimal dan terhindar dari kemacetan atau hambatan lainnya.

Dengan demikian, ACO menawarkan solusi yang menarik dalam upaya meningkatkan efisiensi pengiriman barang, khususnya bahan pangan yang mudah rusak, tanpa mengorbankan keselamatan pengemudi. Penggunaan algoritma ini dapat membantu perusahaan ekspedisi dalam merencanakan rute yang lebih cepat, lebih aman, dan lebih efisien, sehingga pengiriman barang dapat dilakukan dengan lebih optimal.

Selain itu, penerapan teknologi seperti ACO dalam pengelolaan transportasi juga membuka peluang untuk integrasi dengan sistem logistik berbasis data *real-time*. Dengan menggabungkan data mengenai kondisi lalu lintas, cuaca, dan lokasi kendaraan, algoritma ini bisa lebih dinamis dalam menentukan rute terbaik. Misalnya, jika terjadi kemacetan atau cuaca buruk di salah satu jalur, sistem bisa otomatis menyesuaikan rute pengiriman untuk menghindari hambatan tersebut. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pengiriman, tetapi juga mengurangi kemungkinan kerusakan pada barang



yang dikirim, serta meminimalkan biaya operasional. Oleh karena itu, penggunaan ACO dalam industri ekspedisi diharapkan tidak hanya meningkatkan produktivitas dan kepuasan pelanggan, tetapi juga dapat berkontribusi pada pengembangan solusi logistik yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Dengan penerapan teknologi yang tepat, masalah pengiriman barang, terutama yang bersifat sensitif seperti cabai, dapat diatasi secara lebih terencana dan efektif.

Lebih lanjut, implementasi algoritma ACO dalam sistem pengelolaan rute pengiriman tidak hanya bermanfaat bagi perusahaan ekspedisi, tetapi juga dapat memberikan dampak positif bagi masyarakat dan ekonomi secara keseluruhan. Dengan mengurangi waktu tempuh pengiriman, ACO berpotensi mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh kendaraan, karena kendaraan akan lebih sedikit menghabiskan waktu di jalan dan menghindari perjalanan panjang yang tidak perlu. Hal ini sejalan dengan upaya global untuk menciptakan solusi transportasi yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, efisiensi dalam pengiriman barang akan berdampak pada penurunan biaya operasional yang pada gilirannya bisa membuat harga barang lebih terjangkau bagi konsumen. Oleh karena itu, inovasi teknologi seperti ACO memiliki potensi untuk membawa keuntungan jangka panjang, baik dari sisi bisnis, sosial, maupun lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian sebelumnya, Molina dan Wenefrida menjelaskan bahwa algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan algoritma lain dalam menyelesaikan masalah pencarian rute terdekat. Hal ini sejalan dengan hasil aplikasi program pencarian rute terpendek menggunakan algoritma ACO pada beberapa titik koordinat. Pada simulasi yang dilakukan, waktu perhitungan tercepat dicapai dengan parameter Rho tertentu. Untuk 6 titik koordinat, waktu tercepat tercatat 3,815 detik pada $Rho = 0,5$. Pada 10 titik koordinat, waktu tercepat adalah 4,3265 detik dengan $Rho = 0,2$, sementara untuk 15 titik koordinat, waktu tercepat tercatat 5,6027 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa parameter Rho memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi algoritma, dan algoritma ACO mampu memberikan solusi optimal dengan waktu komputasi yang relatif singkat, bahkan saat jumlah koordinat bertambah [5].

Kemudian, pada artikel lain yang ditulis oleh Ahmad Ihsan, Taufan Arif Adlie, dan Septia Harliansyah, menyatakan bahwa hasil percobaan

dari penelitian mereka, dilakukan dengan menggunakan robot, yang diuji sebanyak 20 kali, terdiri dari 10 percobaan sebelum dan setelah penerapan optimalisasi. Setelah pengoptimalan, robot berhasil menemukan jalur terpendek, dengan contoh terbaik adalah jalur 2, yang memiliki panjang toyal 213 cm, nilai probabilitas 3,239, dan waktu tempuh antara 14 hingga 17 detik. Penelitian ini menegaskan bahwa metode ACO memainkan peran penting dalam pengambilan keputusan terkait penentuan jalur terpendek, terutama dalam situasi yang melibatkan percabangan jalan. Dari hasil ini, terlihat bahwa penerapan algoritma ACO tidak hanya memberikan solusi optimal pada penentuan jarak transportasi besar, namun juga pada aplikasi nyata seperti navigasi robotik.[4]

Menurut Daniel Udjulawa dan Serly Oktarina pada penelitian mereka, Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) telah terbukti efektif dalam pencarian rute terpendek, termasuk untuk lokasi wisata. Pengujian pada titik lokasi yang sama menunjukkan algoritma ini dapat bekerja dengan baik. Implementasinya dilakukan menggunakan PHP, menghasilkan nilai jarak terpendek sebesar 205.12025621393 [9].

Penelitian ini mengulik lebih dalam tentang pemangkasan rute berdasarkan jarak tempuh, titik lokasi, kondisi jalan, dan juga mencapai pada tujuan dengan perhitungan yang baik. Penelitian dilakukan dengan metode yang disesuaikan sehingga diharapkan mendapat hasil yang maksimal.

2.2 Kajian Teori

a. Sistem Penentuan Rute

Sistem penentuan rute adalah mekanisme atau teknologi yang digunakan untuk menentukan jalur atau rute terbaik dari satu titik ke titik lainnya berdasarkan kriteria tertentu, seperti jarak terpendek, waktu tempuh tercepat, atau efisiensi biaya. Sistem ini sering digunakan dalam berbagai bidang seperti transportasi, logistik, navigasi, dan telekomunikasi. Optimasi rute merupakan aspek penting dalam logistik dan transportasi di sektor minyak dan gas, di mana rute yang efisien dapat menghasilkan penghematan biaya, pengurangan emisi karbon, dan peningkatan efisiensi operasional[8].

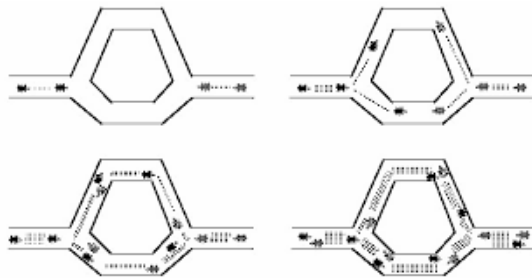
b. Algoritma Heuristik

Heuristic atau dikenal juga sebagai algoritma heuristik adalah sebuah teknik analisa yang digunakan untuk meningkatkan kinerja melalui komputasi. Di bidang ilmu computer,

heuristic adalah sebuah teknik yang dirancang untuk mampu menyelesaikan masalah, tanpa perlu pembuktian atas benar-tidaknya solusi yang diberikan, tetapi solusi yang dihasilkan biasanya merupakan solusi yang akurat, juga solusi atas masalah yang lebih sederhana tetapi berhubungan dengan permasalahan lain yang lebih kompleks[6].

c. *Ant Colony Optimization*

Algoritma Semut diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut (Dorigo, 1996). Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui[6].



Gambar 1. Algoritma Semut

Pada gambar di atas, semakin banyak semut yang melewati jalur, maka semakin jelas jejak kaki yang terlihat dari peninggalan semut. Hal ini menyebabkan jalur yang dilewati sedikit semut akan semakin berkurang jumlah semut yang melaluinya, bahkan bisa saja nantinya tidak akan dilalui lagi. Sebaliknya, jalur yang dilalui banyak semut akan semakin padat oleh semut-semut lain karena jalur tersebut lebih dipilih oleh para semut. Gambar 1 memvisualisasikan perjalanan semut dalam menemukan jalur terpendek dari sarang ke sumber makanan, dengan kelompok semut yang bergerak dari arah berlawanan. Feromon yang ditinggalkan oleh semut-semut yang melewati jalur atas akan cepat menguap karena jumlah semut yang melewati jalur tersebut lebih sedikit, sementara jalur bawah memiliki lebih banyak semut dan feromon yang tertinggal di sana akan menguap lebih lambat. Gambar di atas menunjukkan bahwa akhirnya semut-semut lain lebih memilih

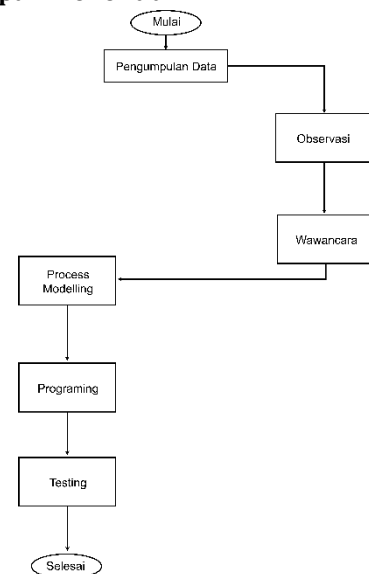
untuk melewati jalur bawah karena feromon yang tertinggal di jalur tersebut masih cukup banyak, sementara feromon di jalur atas telah banyak menguap sehingga tidak menarik perhatian semut-semut lain. Dengan demikian, semakin banyak semut yang melewati suatu jalur, semakin banyak semut yang mengikuti jalur tersebut, sementara jalur yang dilalui sedikit semut akan kehilangan feromon dan akhirnya tidak dipilih lagi. Dari proses ini, jalur terpendek antara sarang dan sumber makanan pun akhirnya teridentifikasi [10].

d. *Application Programming Interface*

Application Programming Interface yang nantinya dikenal sebagai API merupakan mekanisme yang memungkinkan dua atau lebih aplikasi dengan multiplatform untuk dapat saling berkomunikasi. Begitulah definisi secara umum tentang API. Pemahaman konsep ini dapat dilakukan secara teoritis yang baku atau melalui ilustrasi agar lebih mudah diingat, tergantung pada preferensi masing-masing. Sampai di sini, pemahaman tentang API seharusnya sudah cukup untuk melanjutkan materi tentang bagaimana API bekerja[7].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian



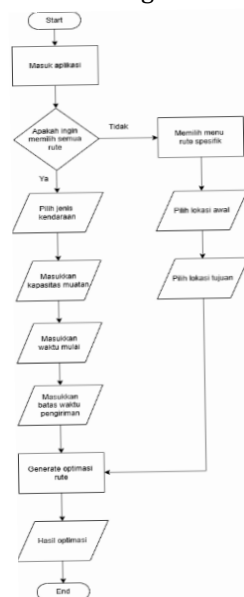
Gambar 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap. Tahap pertama adalah pengumpulan data. Kemudian analisa data yang telah ada. Selanjutnya adalah olah data dengan metode yang dipilih

(dalam hal ini adalah *Ant Colony Optimization* atau ACO). Dan terakhir adalah pembahasan hasil.

3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data primer dan juga sekunder. Pada data primer, peneliti terjun langsung ke lapangan dengan mengamati serta survei tempat objek yaitu distributor cabai yang telah ditetapkan. Metode ini memungkinkan peneliti untuk lebih baik dalam mengamati se



Gambar 3. Flowchart

cara langsung aktivitas pendistribusian cabai, mulai dari proses penerimaan cabai dari petani hingga proses pengirimannya. Selain itu, wawancara mendalam juga dilakukan dengan pihak distributor untuk menggali informasi yang lebih rinci terkait mekanisme kerja, tantang dalam pendistribusian, dan strategi yang digunakan untuk menjaga kualitas cabai selama proses distribusi. Pendekatan ini tentu saja bertujuan untuk mendapatkan data yang akurat dan komprehensif, sehingga mampu memberikan gambaran nyata tentang alur distributor cabai di wilayah tersebut.

3.3. Analisa Data

Penelitian ini dilaksanakan di distributor cabai bernama Permana Cabe pada akhir tahun 2024, dengan fokus utama pada analisis proses pendistribusian cabai dari hulu ke hilir. Beberapa

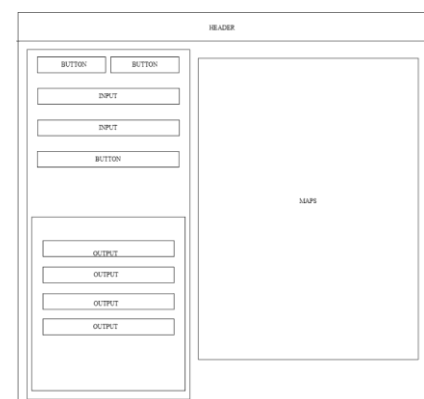
pertanyaan kunci yang menjadi dasar penelitian meliputi: bagaimana cara pendistribusian cabai dilakukan, lokasi-lokasi tujuan distribusi, serta sumber-sumber cabai yang diterima oleh distributor. Penelitian ini bertujuan untuk memahami secara mendalam alur distribusi, mulai dari pengumpulan cabai dari para petani hingga pengirimannya ke berbagai wilayah. Dengan menggali informasi tersebut, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai efisiensi distribusi, tantangan yang dihadapi, serta potensi peningkatan yang dapat diterapkan untuk mempercepat proses pengiriman dan menjaga kualitas cabai yang didistribusikan.

3.4. Tahapan Metode

a. Flowchart

b. Desain Layout

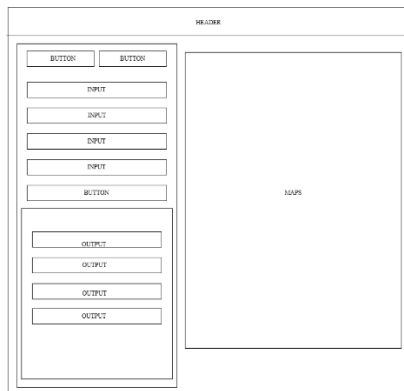
- Halaman Rute Spesifik



Gambar 4. Halaman Rute Spesifik

Desain layout ini terdiri dari headeryang mempunyai tiga bagian utama, yaitu header di bagian atas untuk menampilkan judul atau navigasi, panel kontrol di sebelah kiri yang berisi tombol navigasi, input data, tombol eksekusi, dan panel output untuk menampilkan hasil, serta bagian kanan yang merupakan area peta.

- Halaman Semua Rute



Gambar 5. Halaman Semua Rute

Desain layout ini terdiri dari header. Judul Layout terdiri dari tiga bagian utama, yaitu header di bagian atas untuk menampilkan judul atau navigasi, panel kontrol di sebelah kiri yang berisi tombol navigasi, input data, tombol eksekusi, dan panel output untuk menampilkan hasil, serta bagian kanan yang merupakan area peta.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Manual

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, data yang didapat kemudian diolah dan dijadikan tabel terlebih dahulu.

Tabel 1. Data Titik Lokasi Pengiriman Cabe

No	Alamat	Latitude	Longitude
1	Permana Cabe	- 8.139077176 57893	112.19250106 932807
2	Pasar Kademangan	- 8.143956075 310417	112.14555814 850499
3	Pasar Legi	- 8.087124377 934913	112.15556712 56592
4	Pasar Templek	- 8.100156047 361384	112.15977622 404095

5	Ekspedi	-	112.15105694
	si	8.056654057	612548
	Prabow	735447	
	o		
	Bersaud		
	ara		

Dari hasil wawancara, objek penelitian, yaitu Permana Cabe, memiliki 4 tujuan utama yang sering dituju. Empat tujuan tersebut memiliki *latitude* dan *longitude* yang sudah dicocokkan dengan data sekunder dari hasil pencarian Google Map.

Data tersebut kemudian dipermisalkan dengan kode:

Tabel 2. Titik Lokasi Dengan Menggunakan Kode

No	Kode	Alamat
1	L1	Permana Cabe
2	L2	Pasar Kademangan
3	L3	Pasar Legi
4	L4	Pasar Templek
5	L5	Ekspedisi Prabowo Bersaudara

Di bawah ini merupakan jarak antar lokasi yang telah didapatkan. Jarak antar lokasi antar kilometer.

Tabel 3. Jarak Antar Lokasi

	L1	L2	L3	L4	L5
L1	0	5.20	7.06	5.63	10.24
L2	5.20	0	6.41	5.12	9.73
L3	7.06	6.41	0	1.52	3.42
L4	5.63	5.12	1.52	0	4.93
L5	10.24	9.73	3.42	4.93	0

Tahap selanjutnya adalah inisialisasi parameter. Karena lokasi tidak banyak, hanya beberapa titik saja, maka parameter yang ditentukan yaitu:

1. Alpha (α) = 1
2. Beta (β) = 2
3. Rho (ρ) = 1
4. Ant (jumlah semut): 20 semut
5. Iterasi: 100

Kemudian adalah menginisialisasi jejak feromon. Pada graf terdapat 5 lokasi (L1. L2. L3, L4, L5). Semua jalur ini memiliki nilai awal

feromon yang sama, yaitu 1. Setiap sisi (jalur) antara dua lokasi diberi inisial variabel i dan j .

$$\tau_{ij}=1 \quad \forall ij=1$$

Untuk menghitung jumlah total jalur antar lokasi, dapat dihitungkan rumus jumlah sisi pada graf lengkap:

$$Jumlah\ jalur = \frac{n \cdot (n - 1)}{2} \quad (1)$$

Di mana $n = 5$, sehingga:

$$Jumlah\ jalur = \frac{5 \cdot (5 - 1)}{2} = 10$$

Dengan begini, terdapat 10 jalur unik antar lokasi. Dan di bawah ini merupakan semua kombinasi pasangan lokasi dan inialisasi nilai jejak feromon.

1. $L1 \rightarrow L2: \tau_{12} = 1$
2. $L1 \rightarrow L3: \tau_{13} = 1$
3. $L1 \rightarrow L4: \tau_{14} = 1$
4. $L1 \rightarrow L5: \tau_{15} = 1$
5. $L2 \rightarrow L3: \tau_{23} = 1$
6. $L2 \rightarrow L4: \tau_{24} = 1$
7. $L2 \rightarrow L5: \tau_{25} = 1$
8. $L3 \rightarrow L4: \tau_{34} = 1$
9. $L3 \rightarrow L5: \tau_{35} = 1$
10. $L4 \rightarrow L5: \tau_{45} = 1$

Kemudian menghitung visibilitas. Visibilitas disimbolkan dengan η , merupakan kebalikan dari jarak antar lokasi. Visibilitas menunjukkan seberapa menarik suatu jalur untuk dipilih berdasarkan jaraknya. Jalur yang lebih pendek akan memiliki visibilitas yang lebih tinggi. Visibilitas dirumuskan dengan:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \quad (2)$$

Dengan:

- d_{ij} merupakan jarak antar lokasi i dan j
- η_{ij} merupakan visibilitas antara lokasi i dan j

Berikut adalah perhitungan visibilitas yang dilakukan dalam tabel.

Tabel 4. Perhitungan Visibilitas

Lokasi	Jarak	Visibilitas
--------	-------	-------------

$L1 \rightarrow L2$	5.20	$\eta_{12} = \frac{1}{5.20} = 0.1923$
$L1 \rightarrow L3$	7.06	$\eta_{13} = \frac{1}{7.06} = 0.1416$
$L1 \rightarrow L4$	5.63	$\eta_{14} = \frac{1}{5.63} = 0.1777$
$L1 \rightarrow L5$	10.24	$\eta_{15} = \frac{1}{10.24} = 0.0977$
$L2 \rightarrow L3$	6.41	$\eta_{23} = \frac{1}{6.41} = 0.1560$
$L2 \rightarrow L4$	5.12	$\eta_{24} = \frac{1}{5.12} = 0.1953$
$L2 \rightarrow L5$	9.73	$\eta_{25} = \frac{1}{9.73} = 0.1028$
$L3 \rightarrow L4$	1.52	$\eta_{34} = \frac{1}{1.52} = 0.6579$
$L3 \rightarrow L5$	3.42	$\eta_{35} = \frac{1}{3.42} = 0.2924$
$L4 \rightarrow L5$	4.93	$\eta_{45} = \frac{1}{4.93} = 0.2028$

Tahap selanjutnya adalah menghitung probabilitas perpindahan semut. Semut berpindah dari lokasi i ke j . probabilitas dihitung menggunakan rumus:

$$P = \left\{ \frac{\tau_{ij} \cdot \eta_{ij}}{\sum_{k \in \text{visited}} \tau_{ik} \cdot \eta_{ik}} \right\} \quad (3)$$

Jika j belum dikunjungi. Dengan:

- τ_{ij} merupakan jejak feromon pada sisi (i, j)
- η_{ij} merupakan $\frac{1}{d_{ij}}$ dan kebalikan dari jarak antara i dan j
- α merupakan bobot pengaruh feromon
- β merupakan bobot pengaruh jarak

Selanjutnya menghitung probabilitas berdasarkan jarak antar lokasi.

Tabel 5. Perhitungan Probabilitas Awal

Jalur	Jarak	Visibilitas	$\eta_{ij} \cdot \tau_{ij}$
$L1 \rightarrow L2$	5.20	0.1923	$1^\alpha \cdot (0.1923)^\beta = 0.037$

$L1 \rightarrow L3$	7.06	0.1416	$1^\alpha \cdot (0.1416)^\beta = 0.020$
$L1 \rightarrow L4$	5.63	0.1777	$1^\alpha \cdot (0.1777)^\beta = 0.0321$
$L1 \rightarrow L5$	10.2	0.0977	$1^\alpha \cdot (0.0977)^\beta = 0.009$

Kemudian hitung total Denominatornya. Denominator adalah penjumlahan untuk semua lokasi (k) yang belum dikunjungi.

$$\text{Total} = 0.037 + 0.020 + 0.032 + 0.009 = 0.098$$

Setelah mendapatkan total Denominatornya, langkah selanjutnya adalah menghitung probabilitas perpindahannya. Probabilitas perpindahan dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{\tau_{ij} \cdot \eta_{ij}}{\text{Total}} \quad (4)$$

Tabel 6. Perhitungan Probabilitas Perpindahan

Jalur (L1 → X)	Probabilitas (P_{ij})
$L1 \rightarrow L2$	$\frac{0.037}{0.098} = 0.378$
$L1 \rightarrow L3$	$\frac{0.020}{0.098} = 0.204$
$L1 \rightarrow L4$	$\frac{0.032}{0.098} = 0.327$
$L1 \rightarrow L5$	$\frac{0.009}{0.098} = 0.092$

Setelah mendapat probabilitas perpindahan, langkah selanjutnya adalah melakukan perjalanan lengkap berdasarkan probabilitas tersebut. Total jarak rute (d_{total}) dihitung dengan menjumlahkan jarak antar lokasi sesuai dengan urutan perjalanan semut.

Menentukan rute semut terlebih dahulu. Untuk menentukan rute semut, maka diambil rute yaitu:

$$L1 \rightarrow L2 \rightarrow L4 \rightarrow L3 \rightarrow L5 \rightarrow L1$$

Setelah itu, diambil jarak dari tabel jarak sebelumnya untuk setiap pasangan lokasi pada rute.

- $d_{L1 \rightarrow L2}$ merupakan jarak dari $L1 \rightarrow L2$
- $d_{L2 \rightarrow L4}$ merupakan jarak dari $L2 \rightarrow L4$
- $d_{L4 \rightarrow L3}$ merupakan jarak dari $L4 \rightarrow L3$
- $d_{L3 \rightarrow L5}$ merupakan jarak dari $L3 \rightarrow L5$
- $d_{L5 \rightarrow L1}$ merupakan jarak dari $L5 \rightarrow L1$.

Kemudian jarak dari hubungan jalur tersebut dijumlahkan seluruhnya.

$$L_k = \sum_{(i,j) \in \text{rute}} d_{ij} \quad (5)$$

$$d_{\text{total}} = d_{L1 \rightarrow L2} + d_{L2 \rightarrow L4} + d_{L4 \rightarrow L3} + d_{L3 \rightarrow L5} + d_{L5 \rightarrow L1} \quad (6)$$

Jadi jarak yang didapat adalah:

$$d_{\text{total}} = 5.20 + 5.12 + 1.52 + 3.42 + 10.24 = 25.50$$

Sehingga jarak akhir dari rute yang dilalui semut adalah **25.50 km**.

Langkah terakhir adalah perbaruan feromon. Langkah ini dilakukan untuk memperbarui jejak feromon semut. Untuk mendapatkan perbaruan feromon langkahnya yaitu seperti berikut.

Pertama adalah evaporasi feromon. Semua jejak feromon menguap dengan faktor, faktor ini mengatur seberapa cepat feromon menghilang seiring waktu. Rumus yang digunakan adalah:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_{ij} \quad (7)$$

Dimana keterangannya:

- τ_{ij} merupakan jejak feromon di jalur (i, j),
- ρ merupakan koefisien evaporasi feromon ($\rho = 0.1$, misalnya)
- $1 - \rho$ merupakan faktor pengurangan feromon.

Langkah kedua adalah penambahan feromon dari semut. Feromon akan ditambahkan ke jalur yang dilalui oleh semut tadi, dengan jumlah yang bergantung pada kualitas rute (semakin pendek jarak rute, semakin banyak feromon yang ditambahkan). Rumus yang digunakan untuk menambahkan feromon adalah:

$$\Delta \tau_{ij} = \frac{Q}{d_{\text{total}}} \quad (8)$$

Dimana keterangannya:

- Q adalah konstanta (biasanya atau nilai yang disesuaikan)
- d_{total} adalah jarak total rute yang ditempuh oleh semut
- τ_{ij} adalah penambahan feromon pada jalur (i, j) .

Kemudian yang ketiga adalah pembaruan jejak feromonnya. Jejak feromon diperbarui dengan menambahkan nilai yang dihitung untuk setiap jalur yang dilalui. Rumus yang digunakan adalah:

$$\tau_{ij} \leftarrow \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij} \quad (9)$$

Kemudian perhitungannya adalah:

Rute terbaik yang ditemukan semut adalah $L1 \rightarrow L2 \rightarrow L4 \rightarrow L3 \rightarrow L5 \rightarrow L1$ dengan total $d_{total} = 25.50$.

Jejak feromon awal adalah untuk semua jalur.

- Jika $\rho = 0.1$ maka evaporasinya:
- $$\tau_{ij} \leftarrow 0.9 \cdot \tau_{ij} \text{ untuk setiap jalur } (i, j)$$
- Kemudian adalah menambahkan feromonnya:

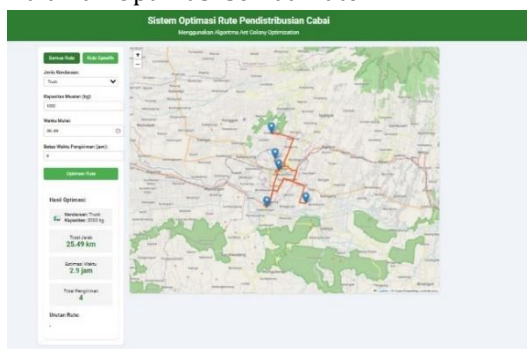
$$\Delta\tau_{ij} = \frac{1}{25.50} \approx 0.0392$$

- Sehingga setiap jalur yang dilalui semut akan mendapat tambahan feromon sekitar 0.0392.

Kemudian adalah mengulangi langkah di atas sampai iterasi yang ditentukan yaitu 100 iterasi.

4.2. Implementasi Interface

a. Halaman Optimasi Semua Rute

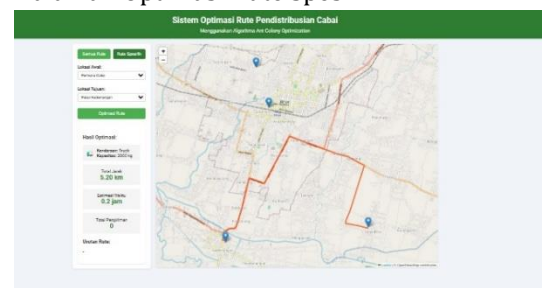


Gambar 6. Tampilan Optimasi Semua Rute

Pada bagian atas halaman terdapat header yang menampilkan judul sistem dan keterangan penggunaan algoritma. Panel kontrol di sebelah kiri memuat berbagai elemen input yang diperlukan untuk proses optimasi. Pengguna dapat memilih jenis kendaraan melalui dropdown menu. Di bawahnya terdapat kolom input untuk memasukkan kapasitas muatan dalam kilogram. Sistem juga menyediakan pengaturan waktu mulai yang menunjukkan pukul 08.00 dan kolom input untuk batas waktu pengiriman dalam satuan jam. Sebuah tombol "Optimasi Rute" berwarna hijau tersedia untuk memulai proses perhitungan.

Area peta di sebelah kanan menggunakan layanan OpenStreetMap yang menampilkan visualisasi rute pengiriman. Peta dilengkapi dengan marker-marker berwarna biru yang menandai lokasi-lokasi pengiriman, serta garis oranye yang menggambarkan rute yang telah dioptimasi.

b. Halaman Optimasi Rute Spesifik



Gambar 7. Tampilan Optimasi Rute Spesifik

Sistem Optimasi Rute Pendistribusian Cabai ini menampilkan antarmuka yang terbagi menjadi dua bagian utama. Di sisi kiri terdapat panel kontrol yang memuat pilihan Lokasi Awal (Pekot Cabe) dan Lokasi Tujuan (Pusat Kadaeragan), dilengkapi dengan tombol Optimasi Rute berwarna hijau. Hasil optimasi menunjukkan penggunaan kendaraan truck berkapasitas 2000 kg dengan total jarak 5.20 km dan estimasi waktu tempuh 0.2 jam.

Di sisi kanan terdapat peta interaktif yang menampilkan titik-titik lokasi dengan marker biru dan rute optimal yang ditunjukkan dengan garis oranye. Peta



dilengkapi dengan tombol zoom di sudut kiri atas untuk mengatur tingkat detail tampilan. Sistem ini memanfaatkan Algoritma Ant Colony Optimization untuk menentukan rute terbaik dalam pendistribusian cabai.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Implementasi algoritma Ant Colony Optimization (ACO) dalam optimasi rute distribusi cabai telah berhasil memberikan solusi yang efektif dengan menghasilkan rute terpendek sepanjang 25.50 km dari Permana Cabe ke berbagai lokasi tujuan pengiriman.

Sistem yang dikembangkan telah berhasil mengintegrasikan visualisasi rute menggunakan OpenStreetMap yang memungkinkan pengguna untuk melihat secara langsung jalur distribusi yang telah dioptimasi. Antarmuka sistem dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan penggunaan, dilengkapi dengan berbagai fitur seperti input kapasitas muatan, pemilihan jenis kendaraan, dan pengaturan waktu pengiriman.

Hasil perhitungan manual menunjukkan bahwa parameter yang digunakan dalam algoritma ACO ($\alpha=1$, $\beta=2$, $\rho=1$) dengan 20 semut dan 100 iterasi mampu memberikan hasil optimasi yang optimal dalam pencarian rute terpendek untuk distribusi cabai.

Pengujian sistem juga memperlihatkan bahwa implementasi ini dapat membantu distributor dalam mengambil keputusan terkait pemilihan rute pengiriman yang paling efisien. Hal ini tidak hanya mengoptimalkan waktu pengiriman tetapi juga berpotensi mengurangi biaya operasional dan menjaga kualitas cabai selama proses distribusi. Keberhasilan implementasi ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi optimasi rute berbasis ACO dapat menjadi solusi yang efektif dalam mengatasi permasalahan distribusi cabai di wilayah Kota Blitar.

5.2 Saran

Untuk pengembangan sistem, disarankan untuk menambahkan fitur real-time tracking posisi kendaraan dan integrasi dengan prediksi cuaca untuk optimasi rute yang lebih akurat. Pengembangan algoritma dapat dilakukan dengan menggabungkan ACO dengan algoritma optimasi lainnya serta menambahkan parameter seperti kondisi lalu lintas real-time.

Dari sisi bisnis, sistem dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan manajemen inventory dan analisis biaya operasional untuk setiap rute. Pada studi komparatif menggunakan algoritma optimasi dalam pengembangan model yang

mempertimbangkan masa kesegaran cabai dalam optimasi rute pengiriman. Peningkatan performa komputasi juga diperlukan untuk mengakomodasi jumlah titik distribusi yang lebih besar

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Permana Cabe yang telah bersedia menjadi objek penelitian dan memberikan akses data serta informasi yang diperlukan dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada narasumber yang telah meluangkan waktu untuk wawancara dan berbagi pengetahuan proses distribusi cabai. Tidak lupa, penulis berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengumpulan data selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA:

- [1] D. Amalia and B. Firmansyah, "PENERAPAN ALGORITMA SEMUT DALAM PENENTUAN DISTRIBUSI JALUR PIPA PENGOLAHAN AIR BERSIH", junif, vol. 3, no. 1, pp. 1-5, Apr. 2022.
- [2] H. Wirdani dan M. Idris, "Penggunaan berbagai jenis kitosan sebagai edible coating untuk menjaga kualitas fisik cabai (*Capsicum annum* L.) selama penyimpanan pada suhu berbeda," BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains, vol. 7, no. 2, pp. 364–372, Jul.–Dec. 2024.
- [3] Khoirunnisa, T. Rohmayanti, U. Budiharti, and R. Tjahjohutomo, "Karakteristik Fisik dan Kadar Air Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) dengan Variasi Kondisi dan Kemasan Penyimpanan", karimahtauhid, vol. 3, no. 6, pp. 6445–6456, Jun. 2024.
- [4] A. Ihsan, T. A. Adlie, and S. Harliansyah, "Optimalisasi Pencarian Jalur Terpendek Mobile Robot dengan Menggunakan Metode Ant Colony Optimization (ACO)", tech, vol. 23, no. 1, pp. 39–54, Apr. 2024.
- [5] W. Ina and M. Odja, "IMPLEMENTASI ALGORITMA KOLONI SEMUT PADA TRAVELING SALESMAN PROBLEM MENGGUNAKAN MATLAB 7.8", JME, vol. 11, no. 1, pp. 52 - 57, Apr. 2022.
- [6] C. F. P. NIM. 75116008, "Perancangan sistem penjadwalan ulang perkuliahan menggunakan algoritma genetika-koloni semut," Undergraduate Theses, Universitas Komputer Indonesia (UNIKOM), Bandung, Indonesia, Dec. 2018. [Online]. Available: <http://alumni.unikom.ac.id>.
- [7] M. Hermanto Tinambunan, A. Hamzah Siregar, and S. Ginting, "FULLSTACK PROGRAMMING: MEMBANGUN APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE (API) DENGAN LARAVEL", Penerbit Tahta Media, Oct. 2024.



- [8] A. C. Odimarha, S. A. Ayodeji, and E. A. Abaku, "Machine learning's influence on supply chain and logistics optimization in the oil and gas sector: A comprehensive analysis," *Computer Science & IT Research Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 725–740, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.51594/csitri.v5i3.976>.
- [9] D. Udjulawa and S. Oktarina, "Penerapan algoritma Ant Colony Optimization untuk pencarian rute terpendek lokasi wisata," *KLIK - Jurnal Teknologi dan Informatika*, vol. 3, no. 1, pp.

- xx–xx, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.56869/klik.v3i1.326>.
- [10] I. Mutakhiroh, F. Saptono, N. Hasanah, and R. Wiryadinata, "Pemanfaatan metode heuristik dalam pencarian jalur terpendek dengan algoritma semut dan algoritma genetika," *Jurnal Pemrograman dan Informatika Teori*, Universitas Islam Indonesia. [Online]. Available: romi_wiryadinata@yahoo.com