

Implementasi Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Menentukan Rute Terpendek Tempat Populer di Kota Samarinda

Kurniawan Noor Bilal^{a)}, Desi Febriani Putri^{b)}, Fidia Deny Tisna Amijaya^{c)},
Karina Putri^{d)}, Dimas. Raditya Sahputra^{e)}

*Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman
Jl. Barong Tongkok, Gn. Kelua, Kec. Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75242*

Email: ^{a)}kurnibilal277@gmail.com, ^{b)}desifebrianip@fmipa.unmul.ac.id, ^{b)}fidiadta@fmipa.unmul.ac.id,
^{c)}karinaputri0102@gmail.com, ^{d)}dimasrsahputra@gmail.com

Abstract

This research aims to implement the Ant Colony Optimization (ACO) algorithm in determining the shortest route to popular places in Samarinda City. Samarinda, as one of the growth centers in East Kalimantan faces serious challenges in traffic management due to density and irregularities by utilizing ACO which is inspired by the behavior of ants in searching for food sources. This research seeks provide an optimal solution to make it easier for tourist to determine the best route to various tourist destinations in the city. This problem is categorized as a Traveling Salesman Problem (TSP) where the main goal is to find the most efficient travel route that visits each location onnce and returns to the starting point. Location coordinate data was obtained using google maps, whis was the processed into a graph for path representation. The research results show that the ACO algorithm is effective in finding the shortest route with a total optimal distance of 69.95 km. It is hoped that the implementation of ACO can become a reference for developing a more efficient tourist route system in the future.

Keywords: Ant Colony Optimization, shortest route, Traveling Salesman Problem, Samarinda City.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam menentukan rute terpendek menuju tempat-tempat populer di Kota Samarinda. Samarinda, sebagai salah satu pusat pertumbuhan di Kalimantan Timur, menghadapi tantangan serius dalam manajemen lalu lintas akibat kepadatan dan ketidakaturan. Dengan memanfaatkan ACO, yang terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari sumber makanan, penelitian ini berusaha memberikan solusi optimal untuk mempermudah wisatawan dalam menentukan rute terbaik menuju berbagai destinasi wisata di kota tersebut. Masalah ini dikategorikan sebagai *Travelling Salesman Problem* (TSP), di mana tujuan utamanya adalah menemukan rute perjalanan paling efisien yang mengunjungi setiap lokasi sekali dan kembali ke titik awal. Data koordinat lokasi diperoleh menggunakan *Google Maps*, yang kemudian diolah menjadi graf untuk representasi jalur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ACO efektif dalam menemukan rute terpendek dengan total jarak optimal sebesar 69.95 km. Implementasi ACO ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem rute wisata yang lebih efisien di masa mendatang.

Kata-kata kunci: Ant Colony Optimization, rute terpendek, Traveling Salesman Problem, Kota Samarinda.

PENDAHULUAN

Kota Samarinda, sebagai salah satu pusat pertumbuhan di Kalimantan Timur, memiliki tantangan serius terkait manajemen lalu lintas dan pengaturan rute menuju tempat-tempat populer di dalam kota. Kehadiran sejumlah destinasi wisata yang semakin berkembang, bersamaan dengan kondisi lalu lintas yang padat dan tidak teratur, telah menciptakan masalah kompleks yang memerlukan solusi yang efisien. Hingga saat ini, belum ada penelitian yang secara khusus mengeksplorasi rute terpendek menuju tempat-tempat populer di Kota Samarinda, termasuk menggunakan pendekatan algoritma yang tepat.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah memberikan landasan yang kuat untuk penggunaan algoritma dalam menyelesaikan masalah optimasi rute. Pertama, penelitian yang dilakukan oleh (Nugraha, dkk., 2019) tentang Sistem Penentuan Rute Pendistribusian Produk Air Mineral Menggunakan Algoritma *Ant Colony System*. Kedua, (Assayis, dkk., 2020) meneliti tentang Optimasi *Travelling Salesman Problem* Pada Angkutan Sekolah Menggunakan Algoritma *Ant Colony Optimization*. Selanjutnya, penelitian oleh (Sianturi, dkk., 2021) yang meneliti tentang Implementasi Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Optimasi Rute Distribusi Produk Kebutuhan Pokok dari Toko Sasana Bonafide Mojoroto. Selain itu, penelitian juga dilakukan oleh (Andrean, dkk., 2022) yang meneliti tentang Modifikasi Algoritma *Ant Colony Optimization* dalam Menentukan Rute Pengisian Mesin ATM. Terakhir, (Udjuwala, dkk., 2022) meneliti tentang Penerapan Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Pencarian Rute Terpendek Lokasi Wisata (Studi kasus Wisata di Kota Palembang).

Penelitian-penelitian sebelumnya telah meneliti berbagai pendekatan dalam penyelesaian masalah optimasi rute, dengan beberapa penelitian mengusulkan penggunaan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk mengatasi masalah serupa. Penelitian ini membangun pijakan yang kuat bagi penelitian ini, dengan menunjukkan keberhasilan dan keefektifan algoritma ACO dalam menemukan rute terpendek. Melalui penelitian-penelitian sebelumnya, dapat dibangun rute yang mengarahkan penelitian ini pada aplikasi ACO dalam konteks khusus rute tempat-tempat populer di Kota Samarinda.

Berdasarkan kajian di atas, tingginya antisipasi terhadap kedatangan wisatawan membuat pihak dinas pariwisata selalu menantikan kunjungan mereka. Kurangnya informasi mengenai peta lokasi dan jarak antar lokasi wisata di kota Samarinda menjadi kendala utama bagi para pengunjung. Dengan adanya informasi yang lebih lengkap, para wisatawan dapat lebih mudah menentukan destinasi yang ingin mereka kunjungi. Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) telah terbukti efektif dalam menyelesaikan sejumlah masalah *Travelling Salesman Problem* (TSP) dengan menemukan jalur terpendek. Oleh karena itu, solusi yang diperlukan adalah mengimplementasikan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menemukan jalur-jalur terpendek ke tempat-tempat populer di Samarinda. Penelitian ini bertujuan untuk membantu memecahkan masalah penentuan rute terbaik bagi para wisatawan (Udjuwala, dkk., 2022).

TINJAUAN PUSTAKA

1. Teori Graf

Teori graf adalah cabang dalam matematika yang mempelajari karakteristik dan sifat dari suatu struktur yang disebut graf. Graf ini sering digunakan untuk merepresentasikan hubungan antara objek-objek diskrit dalam matematika. Dalam graf, objek direpresentasikan sebagai titik-titik, dan hubungan antara objek direpresentasikan sebagai sisi-sisi yang menghubungkan titik-titik tersebut. Salah satu masalah awal yang dikaji dalam teori graf adalah masalah jembatan Königsberg yang diperkenalkan oleh Leonhard Euler pada tahun 1736 (Yahya, dkk., 2023).

Graf merupakan cabang dari matematika terapan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan optimasi, seperti menentukan jalur terpendek, merancang jaringan komputer, kompresi data, dan banyak lagi. Graf terdiri dari himpunan objek yang berhingga dan tidak kosong yang disebut titik, serta himpunan pasangan tidak berurutan (mungkin kosong) dari simpul-simpul tersebut yang disebut sisi (Farisi, dkk., 2021).

2. Traveling Salesman Problem (TSP)

Traveling Salesman Problem (TSP) adalah sebuah metode yang digunakan untuk menemukan rute perjalanan paling efisien di mana setiap titik lokasi tujuan hanya dikunjungi sekali dan perjalanan dimulai dan berakhir di titik awal. TSP dikenal sebagai permasalahan optimasi klasik yang sangat sulit, dikategorikan sebagai *Non-Deterministic Polynomial-time Complete* (NPC), yang berarti tidak ada cara untuk menemukan solusi optimal secara efisien selain dengan mencoba semua kemungkinan solusi yang ada. Dalam TSP, seorang salesman melakukan distribusi dari titik awal ke setiap titik tujuan dan kembali ke titik awal, mencari rute terpendek atau terdekat untuk mengoptimalkan biaya distribusi perusahaan. Tujuan dari TSP adalah untuk menemukan tur perjalanan dengan jarak terpendek atau terdekat, yang dapat menghemat biaya distribusi, waktu tempuh, dan total waktu perjalanan (Zupemungkas, dkk., 2021).

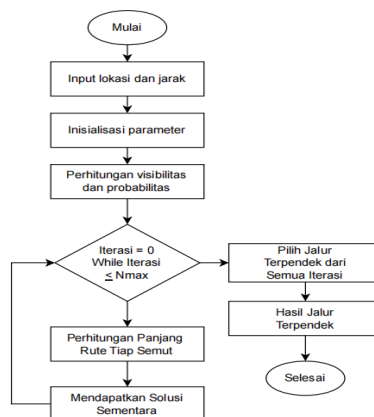
3. Algoritma Ant Colony Optimization (ACO)

Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) adalah sebuah algoritma *heuristik* yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi jarak dan merupakan salah satu contoh dari penerapan *Swarm Intelligence*. Algoritma ini terinspirasi oleh perilaku semut dalam mencari sumber makanan. Ketika mencari makanan, semut meninggalkan jejak yang disebut feromon di sepanjang jalur yang mereka lewati. Feromon ini membantu semut lain dalam menemukan jalur menuju sumber makanan. Semakin banyak feromon yang ditinggalkan pada suatu jalur, semakin besar kemungkinan jalur tersebut akan dipilih oleh semut lain sebagai jalur terpendek menuju sumber makanan (Sianturi, dkk., 2021).

Dalam algoritma semut, terdapat beberapa variabel dan tahapan yang diperlukan untuk melakukan proses optimasi. Ini mencakup parameter seperti intensitas jejak antar tempat, tetapan siklus semut, tetapan pengendali intensitas jejak semut, tetapan pengendali visibilitas, visibilitas antar tempat, jumlah semut, tetapan penguapan jejak semut, dan jumlah siklus maksimum. Formulasi dan persamaan ACO yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang telah menginvestigasi penentuan parameter yang efektif pada *Ant Colony Optimization* (ACO) (Sianturi, dkk., 2021).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menyelesaikan masalah penentuan rute terpendek ke tempat-tempat populer di kota Samarinda. Fokus penelitian adalah menemukan jalur terpendek bagi wisatawan atau individu yang mengunjungi tempat-tempat populer terdekat. Solusi untuk masalah optimasi ini akan diimplementasikan menggunakan algoritma ACO, yang akan didukung oleh perangkat lunak *Python* serta pemanfaatan *Google Maps* untuk menghitung jarak antar lokasi (Husna, dkk., 2023). Menurut Husna, dkk (2023) *flowchart* algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) yang diterapkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



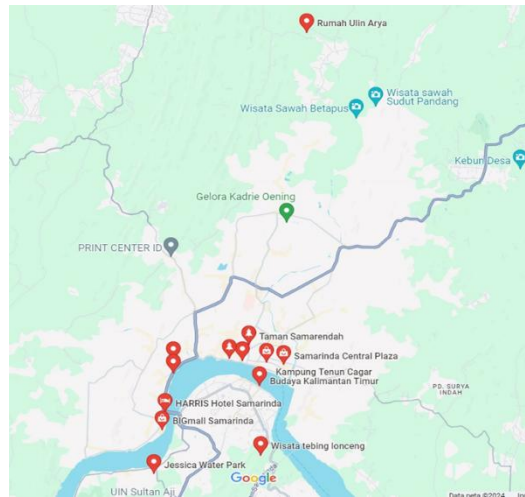
Gambar 1. Flowchart Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dijelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian mulai dari pengumpulan data hingga hasil penentuan rute terpendek menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO).

1. Pengumpulan Data

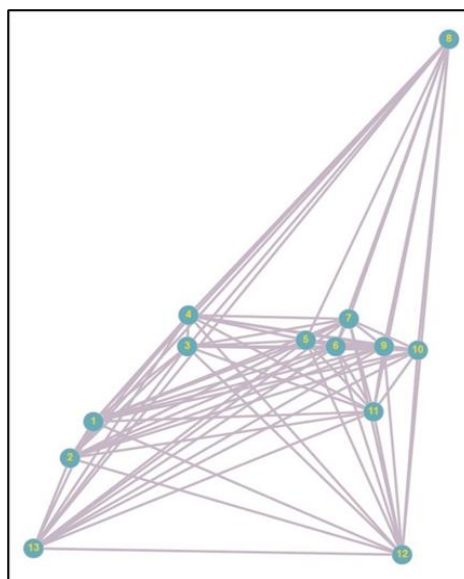
Pengumpulan data berupa titik koordinat menggunakan bantuan *Google Maps* didasarkan pada rekomendasi yang diberikan oleh aplikasi *Google* untuk setiap titik lokasi tempat populer di kota Samarinda dan salah satu hotel terbaik di kota Samarinda yaitu HARRIS Hotel. Contoh hasil pencarian titik koordinat diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Titik Koordinat Menggunakan *Google Maps*

2. Representasi Graf

Setelah mendapatkan titik koordinat dari setiap lokasi, langkah berikutnya adalah membentuk graf yang merepresentasikan peta jalur. Proses pembuatan graf jalur menggunakan bantuan *software* dengan menggunakan koordinat titik yang telah dikumpulkan sebelumnya. Peta lokasi HARRIS Hotel dan 12 tempat populer di kota Samarinda yang ditampilkan pada dalam bentuk graf dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Jalur dalam bentuk Graf

Pada Gambar 3 setiap titik merepresentasikan tempat populer yang ada di Kota Samarinda, dengan penjelasan sebagai berikut:

1. HARRIS Hotel
2. BIG Mall Samarinda
3. Mahakam Lampion Garden
4. Islamic Center Samarinda-Masjid
5. Teras Samarinda
6. Taman Tepian Mahakam
7. Taman Samarendah
8. Rumah Ulin Arya
9. Citra Niaga Samarinda
10. Samarinda Central Plaza
11. Kampung Tenun Cagar Budaya
12. Wisata Tebing Lonceng
13. Jessica Water Park

3. Penentuan Rute Terpendek dengan Algoritma *Ant Colony Optimization*

Sebelum masuk ke dalam algoritma ACO, yang harus dilakukan adalah menentukan nilai parameter-parameter pada algoritma tersebut (Indria, dkk., 2021). Untuk pengendali feromon adalah $\alpha = 1$, parameter kendali jarak adalah $\beta = 1$, nilai laju penguapan $\rho = 0,5$, dan jumlah semut $m = 10$, feromon awal antar kota =10. Ini kemudian akan dilakukan 10 kali iterasi. Algoritma ACO memiliki tiga karakteristik utama dalam menyelesaikan penentuan rute terpendek seperti yang diberikan sebagai berikut:

- **Inisialisasi**

Matriks feromon awal

$$T_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{pmatrix}$$

- **Aturan Transisi Status**

Aturan transisi status adalah tahan pemilihan titik yang dituju. Pada tahap ini, transportasi dapat ditempatkan pada titik i untuk menuju titik j . Nilai visibilitas dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \eta_{ij} &= \frac{1}{d_{ij}} \\ \eta_{12} &= \frac{1}{d_{12}} \\ &= \frac{1}{1,1} \\ &= 0,91 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung menghitung nilai visibilitas untuk jarak lokasi hotel ke lokasi tempat populer BIG Mall Samarinda. Didapatkan $\eta_{12} = 0,91$ dengan nilai kebalikan jarak masing-masing lokasi [5]. Data lengkap nilai visibilitas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Visibilitas

η_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	0,91	0,59	0,37	0,2	0,18	0,18	0,05	0,15	0,14	0,15	0,11	0,16
2		0	0,33	0,32	0,19	0,18	0,17	0,05	0,15	0,14	0,14	0,1	0,16

3			0	0,9	0,31	0,26	0,25	0,06	0,21	0,19	0,16	0,11	0,17
4				0	0,37	0,3	0,29	0,06	0,23	0,2	0,14	0,1	0,15
5					0	0,53	0,59	0,06	0,4	0,28	0,11	0,09	0,12
6						0	1,33	0,07	0,53	0,45	0,11	0,08	0,11
7							0	0,07	0,56	0,48	0,1	0,1	0,1
8								0	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04
9									0	0,67	0,1	0,12	0,1
10										0	0,11	0,13	0,1
11											0	0,32	0,14
12												0	0,12
13													0

• **Menentukan Titik Berikutnya**

Menggunakan persamaan probabilitas untuk menentukan titik tujuan

Rumus:

$$\begin{aligned}
 P_{ij}^k &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{u \in j^k} [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta} \\
 &= \sum_{j=0, j \neq 1}^{12} [\tau_{ij}^0]^\alpha \left[\frac{1}{d_{ij}} \right]^\beta \\
 &= \tau_{12}^0 \frac{1}{d_{12}} + \tau_{13}^0 \frac{1}{d_{13}} + \tau_{14}^0 \frac{1}{d_{14}} + \tau_{15}^0 \frac{1}{d_{15}} + \tau_{16}^0 \frac{1}{d_{16}} + \tau_{17}^0 \frac{1}{d_{17}} + \\
 &\quad \tau_{18}^0 \frac{1}{d_{18}} + \tau_{19}^0 \frac{1}{d_{19}} + \tau_{110}^0 \frac{1}{d_{110}} + \tau_{111}^0 \frac{1}{d_{111}} + \tau_{112}^0 \frac{1}{d_{112}} + \tau_{113}^0 \frac{1}{d_{113}} \\
 &= 10(1/1,1) + 10(1/1,7) + 10(1/2,7) + 10(1/4,9) + 10(1/5,5) + 10(1/5,7) + \\
 &\quad 10(1/20) + 10(1/6,5) + 10(1/7,1) + 10(1/6,8) + 10(1/9,4) + 10(1/6,2) \\
 &= 9,09 + 5,88 + 3,7 + 2,04 + 1,82 + 1,75 + 0,5 + 1,54 + 1,41 + 1,47 + 1,06 + 1,61 \\
 &= 31,87 \\
 p_{12} &= \frac{9,09}{31,87} \\
 &= 0,29
 \end{aligned}$$

Diperoleh nilai probabilitas untuk titik awal hotel ke *BIG Mall Samarinda* sebesar 0,29. Selanjutnya pada penelitian ini, dilakukan penentuan bilangan acak (q) dan menentukan bilangan pembatas (q_0) yang di lihat dari penelitian sebelumnya oleh (Indria, dkk., 2021). Dalam kasus ini, bilangan acak $q = 0,09$ dan di beri nilai $q_0 = 0,91$. Dari sini terlihat bahwa q_0 lebih besar dari pada q , jadi selanjutnya kita menentukan titik dengan melihat hasil sementara terbesar yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai Probabilitas

Titik	Nilai Probabilitas
1	0
2	0,29
3	0,18
4	0,12
5	0,06
6	0,06
7	0,05
8	0,02
9	0,05
10	0,04
11	0,05
12	0,03
13	0,05

Maka, lokasi yang terpilih selanjutnya adalah titik 2 atau *BIG Mall* Samarinda dengan nilai sementara sebesar 0,29. Hasil nilai perhitungan sementara secara keseluruhan dapat dilakukan dengan mengurutkan nilai sementara terbesar berikutnya hingga rute terakhir. Perhitungan tahap 3 telah selesai maka iterasi pertama untuk semut pertama telah selesai. Berikutnya akan dibahas tahap pembaruan feromon.

- **Tahap Reformasi Feromon Lokal**

Pada tahap ini, feromon diperbarui secara lokal dan hasilnya akan digunakan untuk iterasi berikutnya. Berikut adalah contoh perhitungan untuk HARRIS Hotel dan *BIG Mall* Samarinda. Lokasi hotel – *BIG Mall* Samarinda

$$\Delta\tau_{ij} = \frac{1}{L_{nn}c}$$

$$\Delta\tau_{12} = \frac{1}{1,1 \times 13} = 0,07$$

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{ij} + \rho \cdot \Delta\tau_{ij}$$

$$\tau_{12} \leftarrow (1 - 0,5)10 + 0,5(0,07)$$

$$\tau_{12} \leftarrow 5,035$$

Didapatkan nilai pembaruan feromon lokal untuk titik awal hotel ke *BIG Mall* Samarinda 5,035. Setelah tahap 4 selesai maka feromon yang baru dapat digunakan untuk iterasi selanjutnya kemudian kembali ke tahap 2 dan 3 untuk penentuan rute terpendek pada iterasi kedua. Proses ini akan terus berulang hingga iterasi terakhir. Sehingga didapatkan rute terpendek dengan jarak yang optimal dari masing-masing semut.

- **Tahap Reformasi Feromon Global**

Setelah tahap 2,3 dan 4 selesai, kemudian mencari rute terpendek dan setiap jalur yang telah melalui perubahan feromon secara lokal. Tahap ini hanya akan memperbarui rute dengan hasil yang terbaik, atau bisa dikatakan rute dengan jarak terpendek. Setelah dilakukan iterasi sebanyak 10 kali, didapatkan rute dengan jarak yang optimal. Berikut adalah rute terpendek yang harus dilalui oleh *salesman*: 1 – 2 – 13 – 11 – 12 – 8 – 10 – 9 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 1. Dari rute yang didapat jarak yang harus ditempuh adalah 69,95 km.

Contoh perhitungan perubahan feromon global diberikan sebagai berikut: nilai parameter untuk pengendali feromon $\alpha = 1$ dan nilai untuk $L_{gb} = 69,95$ km adalah panjang lintasan terbaik. Dengan demikian, untuk (i, j) bagian dari rute terpendek yaitu:

$$\Delta\tau_{ij} = \frac{1}{L_{gb}} = \frac{1}{69,95} = 0,014$$

Selanjutnya, sebagai contoh, pembaruan feromon global di titik HARRIS Hotel ke *BIG Mall* Samarinda dihitung sebagai berikut:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \alpha)\tau_{ij} + \alpha \cdot \Delta\tau_{ij}$$

$$\tau_{12} \leftarrow (1 - 1)10 + 1(0,07)$$

$$\tau_{12} \leftarrow 0,07$$

Berdasarkan perhitungan diatas, hasil yang didapatkan dari pembaruan feromon global untuk titik HARRIS Hotel ke *BIG Mall* Samarinda adalah sebesar 0,07. Kemudian, nilai feromon lokal yang sebelumnya diperbarui dengan menggunakan nilai feromon yang baru.

Jika (i, j) bukan bagian dari rute terpendek maka digunakan $\Delta\tau_{ij} = 0$, sebagai contoh, akan digunakan titik HARRIS Hotel dan Taman Samarendah sebagai contoh pengujian. Karena jalur tersebut tidak termasuk dalam rute terpendek yang akan dilalui semut. Hasil perhitungan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \alpha)\tau_{ij} + \alpha \cdot \Delta\tau_{ij}$$

$$\tau_{17} \leftarrow (1 - 1)10 + 1(0)$$

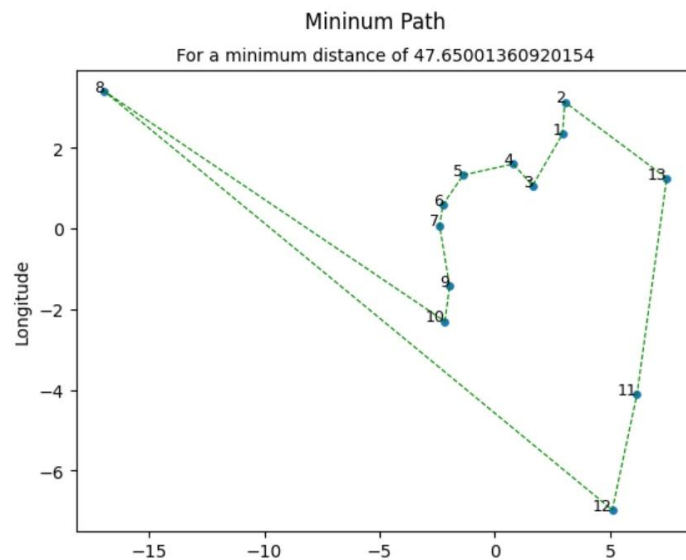
$$\tau_{17} \leftarrow 0$$

Berdasarkan perhitungan yang diperoleh, hasil pembaruan feromon global untuk HARRIS Hotel menuju Taman Samarendah adalah 0. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semua jalur yang tidak termasuk dari rute terpendek memiliki nilai feromon sebesar 0, dan untuk jalur yang

termasuk dalam rute terpendek telah diperbarui berdasarkan tahapan pembahasan feromon secara global. Hasil perhitungan untuk feromon global lainnya dilakukan dengan bantuan *software*.

Keseluruhan tahapan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) dengan menggunakan 10 iterasi atau 10 semut telah selesai dilakukan. Dan didapatkan rute terpendek HARRIS Hotel → BIG Mall Samarinda → Jessica Water Park → Kampung Tenun Cagar Budaya → Wisata Tebing Lonceng → Rumah Ulin Arya → Samarinda Central Plaza → Citra Niaga Samarinda → Taman Samarendah → Taman Tepian Mahakam → Teras Samarinda → Islamic Center Samarinda – Masjid → Mahakam Lampion Garden → HARRIS Hotel.

Selain itu, dilakukan juga perhitungan menggunakan *Software Phyton*, didapatkan hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 4. Hasil Simulasi Menggunakan *Software Phyton*

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa penentuan rute terpendek pada tempat-tempat populer di kota Samarinda dengan 13 titik lokasi termasuk ke dalam kategori permasalahan *Traveling Salesman Problem* (TSP). Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan menggunakan metode *Ant Colony Optimization* (ACO), khususnya algoritma *Ant Colony System* (ACS), yang mengandalkan tiga karakteristik utama dalam menentukan rute terpendek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rute terpendek untuk tempat-tempat populer di kota Samarinda adalah 69,95 km. Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menentukan rute terpendek dengan menggunakan algoritma yang berbeda seperti algoritma Genetika, I-SOS, *Particle Swarm Optimization* (PSO), dan lain-lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat dan rahmat-Nya sehingga artikel ini dapat terselesaikan. Terima kasih kami ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu terutama kepada Bapak/Ibu Dosen Pengampu mata kuliah Kapita Selekta Matematika Diskrit 1 yang telah sharing ilmu dan memberikan arahan kepada kami.

REFERENSI

- Andrean, Putu Risky. I Made Widiartha. Agus Muliantara. I Gusti Ngurah Anom Cahyadi Putra. Ketut Gede Suhartana. (2022). Modifikasi Algoritma *Ant Colony Optimization* Dalam Menentukan Rute Pengisian Mesin ATM. *Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana*, 11 (2), 301-308.
- Assayyis, Moh. Ibnu. Imam Cholissodin. Tibyani. (2020). Optimasi *Travelling Salesman Problem* Pada Angkutan Sekolah Menggunakan *Ant Colony Optimization* (Studi Kasus: MI Salafiyah Kasim Blitar). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 4 (1), 348-355.
- Farisi, OLR. Maysyaroh, Siti. Dewi EF. (2021). Penerapan Pewarnaan Graf pada Penjadwalan Mengajar Dosen Pendidikan Matematika Universitas Nurul Jadid. *Jurnal Matematika* 1 (11), 10-19.
- Husna, NA. Hendri, D. Haq, HZ. Rahmadeyan, A. Mustakim. (2023). Implementasi Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Penentuan Jalur Terpendek Klinik dari Lokasi Rawan Kecelakaan di Kota Pekanbaru. *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 112-119.
- Indria, ND. Junaidi. Utami, IT. (2021). Determination of the Shortest Route on the Distribution System using *Ant Colony Optimization (ACO)* Algorithm (Case Study: Alfamidi Palu Branch – PT. Midi Utama Indonesia). *Enthusiastic Internasional Journal of Statistics and Data Science*, 1(2), 84-93.
- Nugraha, Deny Waria. Albrecht Yordanus Erwin Dodu. Stevi Septiana. (2019). Sistem Penentuan Rute Pendistribusian Produk Air Mineral Menggunakan Algoritma *Ant Colony System*. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 11 (2), 86-94.
- Sianturi, RYC. Rahayudi, B. Widodo, AW. (2021). Implementasi Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Optimasi Rute Distribusi Produk Kebutuhan Pokok dari Toko Sasana Bonafide Mojojoto. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5 (7), 3190-3197.
- Syazali, M. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran Creative Problem Solving Berbantuan Maple II Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 91-98.
- Udjulawa, Daniel dan Serly Oktarina. (2022). Penerapan Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Pencarian Rute Terpendek Lokasi Wisata. *Jurnal Ilmu Komputer*, 3 (1), 26-33.
- Yahya, Nisky MI. Mamonto, KA. Nurwan. Yahya, L. Wungguli, D. Nashar LO. (2023). Bilangan Terhubung Titik Pelangi Kuat Graf Octa-Chain (0cm). *Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, 10 (1), 131-139.
- Zupemungkas, Hilmy Oktorio, Handayani Wiwik. (2021). Optimalisasi Rute Distribusi Menggunakan Metode *Traveling Salesman Problem (TSP)* untuk Meminimasi Biaya Distribusi. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 8(2), 163-178.