

Vol. VII No. 1, Sept 2022, hlm. 12 – 23

DOI: <https://doi.org/10.36294/jmp.v7i1.2701>

Available online www.jurnal.una.ac.id/indeks/jmp

**PENERAPAN MODEL MATEMATIKA
ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION
DALAM PENENTUAN RUTE BUS TRANS BANYUMAS**

Yogo Dwi Prasetyo¹, Abira Massi Armond², Wahyurini Edi Ningrum³

^{1,2}Sistem Informasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

³Pendidikan Guru Sekolah Dasar, STKIP Al Amin Indramayu

email: yogo.dprasetyo@gmail.com

Abstract

Traveling Salesman Problem (TSP) is the activity of a salesman to visit each city exactly once and then return to the place of origin while minimizing the total cost. A Hamilton cycle is also called a cycle that goes through every vertex in the graph exactly once and returns to the original vertex. TSP tries to find the optimal distance of the Hamilton cycle from the graph. This study applies the Ant Colony Optimization (ACO) algorithm to determine the optimal route for the Trans Banyumas bus according to the TSP approach. The calculation of the ACO algorithm manually in this study used two ants. Furthermore, computations were carried out using Matlab software with 25 samples of the Trans Banyumas bus stop in Corridor 3. The results of research using mathematical models and automatic calculations of the ACO algorithm through Matlab software have successfully found the optimal path.

Keywords: Travelling Salesman Problem, Ant Colony Optimization, Hamilton Cycle

Abstrak

Travelling Salesman Problem (TSP) adalah upaya *salesman* untuk mengunjungi setiap kota tepat satu kali dan kemudian kembali ke tempat asal sekaligus meminimalisasi total biaya yang ditempuh. Siklus Hamilton disebut juga siklus yang melalui setiap simpul di dalam graf tepat satu kali dan kembali ke simpul asal. TSP mencoba mencari jarak optimal siklus Hamilton dari graf. Penelitian ini menerapkan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menentukan rute optimal bus Trans Banyumas yang sesuai dengan pendekatan TSP. Perhitungan algoritma ACO secara manual pada penelitian ini menggunakan 2 semut. Selanjutnya dilakukan komputasi menggunakan *software* Matlab dengan 25 sampel halte bus Trans Banyumas di Koridor 3. Hasil penelitian dengan menggunakan model matematika dan perhitungan otomatis algoritma ACO melalui *software* Matlab telah berhasil dilakukan dan menemukan jalur yang optimal.

Kata kunci: *Travelling Salesman Problem*, *Ant Colony Optimization*, Siklus Hamilton

PENDAHULUAN

Travelling Salesman Problem (TSP) adalah upaya *salesman* untuk mengunjungi setiap kota tepat satu kali dan kemudian kembali ke tempat asal sekaligus meminimalisasi total biaya yang ditempuh (Popova dkk, 2021). Biaya tersebut berupa jarak, waktu, uang, tenaga, dll (Hlaing dan Khine, 2011). TSP dapat direpresentasikan sebagai graf berbobot $G = (V, E)$ dengan $V = \{1, 2, \dots, n\}$ adalah himpunan simpul yang mendefinisikan setiap kota dan $E = \{(i, j) | (i, j) \in V \times V\}$ adalah sisi-sisi yang terdiri dari jarak d antara pasangan kota sehingga $d_{i,j} = d_{j,i}$ (Chitty, 2017).

Siklus Hamilton adalah siklus yang melalui setiap simpul di dalam graf tepat satu kali dan kembali ke simpul asal (Mahfoud dkk, 2022). TSP mencoba mencari jarak optimal siklus Hamilton dari graf yang digunakan dalam ilmu komputer untuk pemodelan data (Eldem dkk, 2017).

Rute perjalanan merupakan salah satu implementasi dari siklus Hamilton. Pada Desember 2021, Pemerintah Kabupaten Banyumas meluncurkan Trans Banyumas. Trans Banyumas adalah layanan bus yang digunakan sebagai transportasi umum untuk melayani masyarakat. Trans Banyumas beroperasi dengan mengunjungi semua tempat pemberhentian bus dan kembali ke

titik awal. Upaya tersebut sesuai dengan pendekatan TSP (Chowdhury dkk, 2019).

Ant Colony Optimization (ACO) merupakan salah satu algoritma yang dapat menyelesaikan permasalahan TSP (Shi dan Zhang, 2022). Algoritma ini terinspirasi dari perilaku koloni semut dalam mencari makanan dengan menemukan jarak terpendek antara sarang mereka dan sumber makanan (Olivas dkk, 2016). Dalam algoritma ACO, perilaku semut dalam memilih jalur ditentukan oleh informasi heuristik yang berupa parameter. Nilai parameter dari algoritma ACO biasanya sudah ditetapkan dalam proses optimasi. Tidak ada teori untuk menetapkan parameter algoritma ACO (Hlaing dan Khine, 2011). Oleh karena itu, biasanya membutuhkan banyak eksperimen untuk mendapatkan parameter yang optimal.

Terdapat beberapa publikasi penelitian mengenai penyelesaian TSP dengan menggunakan algoritma ACO. Chen melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengalokasikan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) secara optimal dengan menggunakan algoritma ACO yang telah dikembangkan. Hasil pengujian dengan skala dan karakteristik yang berbeda menunjukkan bahwa metode yang diusulkan bekerja lebih baik daripada

beberapa algoritma lainnya dalam hal kecepatan konvergensi dan kualitas hasil (Chen dkk, 2022). Penelitian Chowdhury dkk. bertujuan untuk pengawasan satwa liar (khususnya, rusa) oleh *drone*. Metode yang digunakan adalah algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) yang telah dimodifikasi. Hasil menunjukkan bahwa metode ACO dalam penggunaan *drone* mempengaruhi pengawasan rusa secara signifikan (Chowdhury dkk, 2019). Huang dkk. menggunakan algoritma ACO sebagai penentuan rute *drone* untuk layanan pengiriman paket. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa algoritma ACO yang diusulkan secara efektif mengatasi permasalahan. *Drone* bekerja sama dengan truk untuk melakukan pengiriman paket yang terbukti menghemat biaya lebih dari 30%, mengurangi emisi CO₂, dan mengefisienkan waktu pengiriman (Huang dkk, 2022). Calabrò dkk. melakukan rancangan penentuan rute bus untuk menutupi kesenjangan jumlah penumpang di daerah permintaan yang minim. Metode pemecahan masalah menggunakan algoritma ACO untuk menemukan jalur biaya minimum. Hasil penelitian ditemukannya rute yang cocok untuk menutupi kesenjangan antara angkutan umum konvensional dan daerah perkotaan dengan permintaan minim (Calabrò dkk, 2022).

Peneliti melakukan optimasi penentuan rute bus Trans Banyumas dengan menerapkan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). Trans Banyumas menjadi subjek penelitian karena rute yang dimiliki sesuai dengan pendekatan *Travelling Salesman Problem* (TSP). Nilai perhitungan yang digunakan adalah jarak antara titik awal keberangkatan bus yang melewati setiap halte lalu kembali ke titik awal sehingga membentuk siklus Hamilton.

METODE

Hlaing dan Khine menyatakan bahwa dalam penerapan ACO untuk TSP dibutuhkan beberapa parameter untuk menentukan jalur optimal (Hlaing dan Khine, 2011). Berikut langkah-langkah algoritma ACO untuk menemukan jalur optimal TSP.

Langkah 1

Inisialisasi parameter diperlukan untuk mencari jalur optimal, di antaranya parameter Jumlah Iterasi Maksimum, Jumlah Semut (m), Tetapan Penguapan Feromon (ρ), Nilai Pengendali Intensitas Feromon (α), dan Nilai Pengendali Visibilitas (β).

Untuk menentukan sebuah jarak diperlukan titik koordinat (x, y) dari setiap titik. $d_{i,j}$ didefinisikan sebagai jarak antara i

dan j . Hal ini dihitung dalam persamaan berikut:

$$d_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

Langkah 2

Setiap semut ditempatkan di beberapa halte yang dipilih secara acak. Semut k pergi dari halte saat ini (i) ke kota berikutnya (j) dengan menerapkan aturan probabilitas (Wang dan Han, 2021) sebagai berikut:

$$P_{i,j}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{i,j}(t)]^\alpha [\eta_{i,j}]^\beta}{\sum [\tau_{i,j}(t)]^\alpha [\eta_{i,j}]^\beta}, & \text{jika } j \in J_k(i) \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

Keterangan:

$P_{i,j}^k(t)$: Probabilitas semut ke- k untuk menunjungi titik j dari titik i pada iterasi ke- t

$\tau_{i,j}(t)$: Nilai feromon dari titik i ke titik j pada iterasi ke- t

$\eta_{i,j}$: Nilai visibilitas dari titik i ke titik j , $\eta_{i,j} = \frac{1}{d_{i,j}}$

α : Nilai pengendali intensitas feromon ($\alpha > 0$)

β : Nilai pengendali visibilitas ($\beta > 0$)

Langkah 3

Terdapat beberapa langkah untuk memperbarui nilai intensitas feromon,

Memeriksa Jumlah Iterasi

Jika iterasi belum mencapai nilai maksimum, hitung perubahan matriks intensitas feromon dari setiap semut ($\Delta\tau_{i,j}^k(t)$). Untuk inisialisasi matriks intensitas feromon digunakan nilai feromon awal.

Menghitung Perubahan Intesitas Feromon Global ($\Delta\tau_{i,j}$)

Perubahan ini dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta\tau_{i,j} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{i,j}^k(t)$$

Menghitung Perubahan Feromon

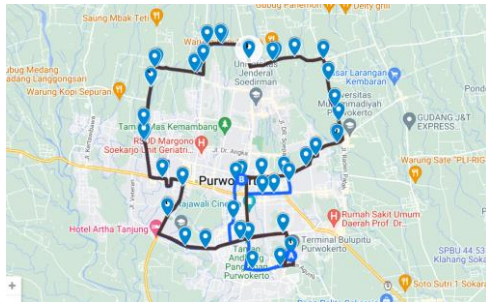
Sebagian feromon di rute akan mengalami penguapan, perubahan tersebut dihitung dengan persamaan berikut:

$$\tau_{i,j} = (1 - \rho) \tau_{i,j} + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{i,j}^k$$

Perhitungan dengan menggunakan algoritma ACO di atas akan menghasilkan rute yang optimal atau mendekati optimal melalui iterasi yang berulang hingga iterasi telah mencapai maksimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peneliti menggunakan sampel halte bus pada Koridor 3 Trans Banyumas sebagai objek perhitungan dalam model matematika algoritma ACO.



Lima sampel halte bus yang digunakan dalam perhitungan manual antara lain (1) Terminal Bulupitu Purwokerto; (2) SD UMP; (3) SDN 1 Pabuaran; (4) Universitas Wijayakusuma; (5) TMP Tanjung Nirwana.

Tabel 1. Sampel Titik Koordinat Halte Bus Trans Banyumas

No	Titik Koordinat (x)	Titik Koordinat (y)
1	-7.444344	109.255805
2	-7.414204	109.268296
3	-7.391739	109.244410
4	-7.399017	109.217855
5	-7.433900	109.222372

Tabel 2. Matriks jarak antar halte (dalam kilometer)

	1	2	3	4	5
1	0	4,9	6,9	9,2	5,3
2	4,9	0	5,2	7,7	6,8
3	6,9	5,2	0	4,6	6,5
4	9,2	7,7	4,6	0	5,3
5	5,3	6,8	6,5	5,3	0

Tabel 3. Matriks Feromon

	1	2	3	4	5
1	0	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1
3	1	1	0	1	1
4	1	1	1	0	1

5	1	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---

Parameter yang digunakan dalam perhitungan manual di antaranya: (1) Jumlah Iterasi = 1; (2) Jumlah Semut = 2; (3) Nilai Pengendali Intensitas Feromon (α) = 1; (4) Pengujian Nilai Pengendali Visibilitas (β) = 1.

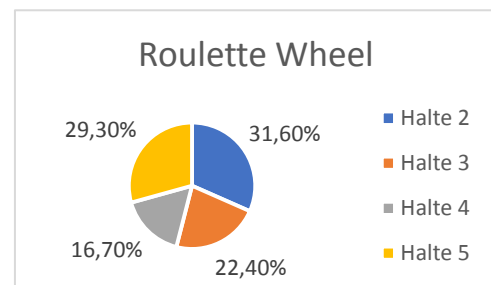
Semut 1

$$P(1,2) = \frac{1 \times \frac{1}{4,9}}{\frac{(1 \times \frac{1}{4,9}) + (1 \times \frac{1}{6,9}) + (1 \times \frac{1}{9,2}) + (1 \times \frac{1}{5,3})}{0,204}} = \frac{0,204}{(0,204) + (0,145) + (0,108) + (0,189)} = 0,316$$

$$P(1,3) = \frac{1 \times \frac{1}{6,9}}{\frac{(1 \times \frac{1}{4,9}) + (1 \times \frac{1}{6,9}) + (1 \times \frac{1}{9,2}) + (1 \times \frac{1}{5,3})}{0,145}} = \frac{0,145}{(0,204) + (0,145) + (0,108) + (0,189)} = 0,224$$

$$P(1,4) = \frac{1 \times \frac{1}{9,2}}{\frac{(1 \times \frac{1}{4,9}) + (1 \times \frac{1}{6,9}) + (1 \times \frac{1}{9,2}) + (1 \times \frac{1}{5,3})}{0,108}} = \frac{0,108}{(0,204) + (0,145) + (0,108) + (0,189)} = 0,167$$

$$P(1,5) = \frac{1 \times \frac{1}{5,3}}{\frac{(1 \times \frac{1}{4,9}) + (1 \times \frac{1}{6,9}) + (1 \times \frac{1}{9,2}) + (1 \times \frac{1}{5,3})}{0,189}} = \frac{0,189}{(0,204) + (0,145) + (0,108) + (0,189)} = 0,293$$



Gambar 1. Roulette Wheel Probabilitas Tahap 1

Probabilitas:

1-2	1-3	1-4	1-5
0,316	0,224	0,167	0,293

Jumlah Kumulatif:

1	0,684	0,46	0,293
---	-------	------	-------

Bilangan Acak: 0,702

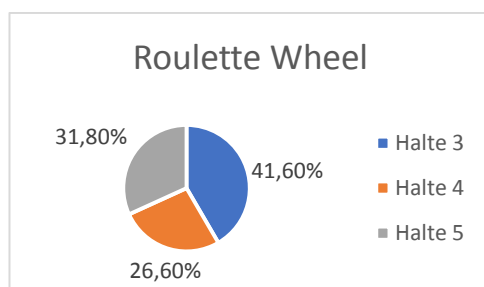
$$\begin{cases} 0,684 < r \leq 1, \text{ Halte 2} \\ 0,46 < r \leq 0,684, \text{ Halte 3} \\ 0,293 < r \leq 0,46, \text{ Halte 4} \\ 0,000 < r \leq 0,293, \text{ Halte 5} \end{cases}$$

Maka halte yang terpilih selanjutnya adalah 2 (SD UMP). Rute sementara: 1-2.

$$P(2,3) = \frac{1 \times \frac{1}{5,2}}{\left(1x\frac{1}{5,2}\right) + \left(1x\frac{1}{7,7}\right) + \left(1x\frac{1}{6,8}\right)} = \frac{0,192}{(0,192) + (0,123) + (0,147)} = 0,416$$

$$P(2,4) = \frac{1 \times \frac{1}{7,7}}{\left(1x\frac{1}{5,2}\right) + \left(1x\frac{1}{7,7}\right) + \left(1x\frac{1}{6,8}\right)} = \frac{0,123}{(0,192) + (0,123) + (0,147)} = 0,266$$

$$P(2,5) = \frac{1 \times \frac{1}{6,8}}{\left(1x\frac{1}{5,2}\right) + \left(1x\frac{1}{7,7}\right) + \left(1x\frac{1}{6,8}\right)} = \frac{0,147}{(0,192) + (0,123) + (0,147)} = 0,318$$



Gambar 2. *Roulette Wheel* Probabilitas Tahap 2

Probabilitas:

2-3	2-4	2-5
0,416	0,266	0,318

Jumlah Kumulatif:

1	0,584	0,318
---	-------	-------

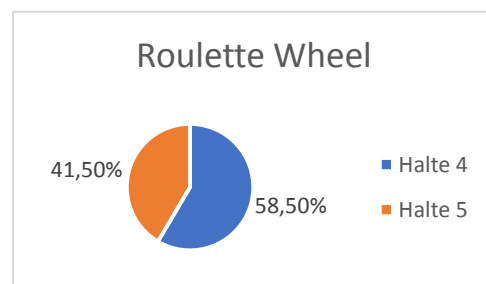
Bilangan Acak: 0,611

$$\begin{cases} 0,584 < r \leq 1, \text{ Halte 3} \\ 0,318 < r \leq 0,584, \text{ Halte 4} \\ 0,000 < r \leq 0,318, \text{ Halte 5} \end{cases}$$

Maka halte yang terpilih selanjutnya adalah 3 (SDN 1 Pabuaran). Rute sementara: 1-2-3.

$$P(3,4) = \frac{1 \times \frac{1}{4,6}}{\left(1x\frac{1}{4,6}\right) + \left(1x\frac{1}{6,5}\right)} = \frac{0,217}{(0,217) + (0,154)} = 0,585$$

$$P(3,5) = \frac{1 \times \frac{1}{6,5}}{\left(1x\frac{1}{4,6}\right) + \left(1x\frac{1}{6,5}\right)} = \frac{0,154}{(0,217) + (0,154)} = 0,415$$



Gambar 3. *Roulette Wheel* Probabilitas Tahap 3

Probabilitas:

3-4	3-5
0,585	0,415

Jumlah Kumulatif:

1	0,415
---	-------

Bilangan Acak: 0,532

$$\begin{cases} 0,415 < r \leq 1, \text{ Halte 4} \\ 0,000 < r \leq 0,415, \text{ Halte 5} \end{cases}$$

Maka halte yang terpilih selanjutnya adalah 4 (Universitas Wijayakusuma). Rute sementara: 1-2-3-4 dan menyisakan halte ke-5 sehingga rute menjadi 1-2-3-4-5 dengan total jarak 25,3 km.

Perubahan Feromon melalui Proses Evaporasi

Semut 2

$$\tau_{i,j} = (1 - \rho) \tau_{i,j} + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{i,j}^k$$

Evaporasi dengan $\rho = 0,5$ dan $\tau_{i,j}$ (awal) = 1 (Berdasarkan Tabel 3 Matriks Feromon).

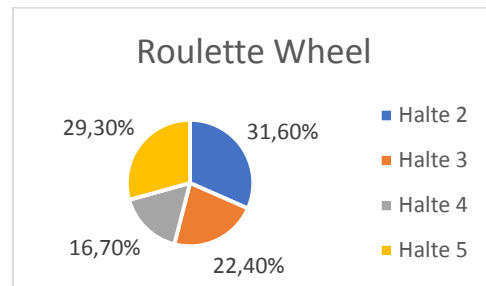
- $\tau_{1,2} = (1 - 0,5).1 + 0,204 = 0,702$
- $\tau_{1,3} = (1 - 0,5).1 + 0,145 = 0,645$
- $\tau_{1,4} = (1 - 0,5).1 + 0,108 = 0,608$
- $\tau_{1,5} = (1 - 0,5).1 + 0,189 = 0,689$
- $\tau_{2,3} = (1 - 0,5).1 + 0,192 = 0,692$
- $\tau_{2,4} = (1 - 0,5).1 + 0,123 = 0,623$
- $\tau_{2,5} = (1 - 0,5).1 + 0,147 = 0,647$
- $\tau_{3,4} = (1 - 0,5).1 + 0,217 = 0,717$
- $\tau_{3,5} = (1 - 0,5).1 + 0,154 = 0,654$
- $\tau_{4,5} = (1 - 0,5).1 + 0,189 = 0,689$

$$P(1,2) = \frac{0,702 \times \frac{1}{4,9}}{(0,702 \times \frac{1}{4,9}) + (0,702 \times \frac{1}{6,9}) + (0,702 \times \frac{1}{9,2}) + (0,702 \times \frac{1}{5,3})} = 0,316$$

$$P(1,3) = \frac{0,645 \times \frac{1}{6,9}}{(0,645 \times \frac{1}{4,9}) + (0,645 \times \frac{1}{6,9}) + (0,645 \times \frac{1}{9,2}) + (0,645 \times \frac{1}{5,3})} = 0,224$$

$$P(1,4) = \frac{0,608 \times \frac{1}{9,2}}{(0,608 \times \frac{1}{4,9}) + (0,608 \times \frac{1}{6,9}) + (0,608 \times \frac{1}{9,2}) + (0,608 \times \frac{1}{5,3})} = 0,167$$

$$P(1,5) = \frac{0,689 \times \frac{1}{5,3}}{(0,689 \times \frac{1}{4,9}) + (0,689 \times \frac{1}{6,9}) + (0,689 \times \frac{1}{9,2}) + (0,689 \times \frac{1}{5,3})} = 0,293$$



Gambar 4. *Roulette Wheel* Probabilitas Tahap 1

Probabilitas:

1-2	1-3	1-4	1-5
0,316	0,224	0,167	0,293

Jumlah Kumulatif:

1	0,684	0,46	0,293
---	-------	------	-------

Bilangan Acak: 0,512

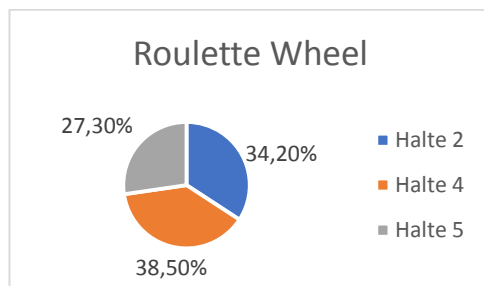
$$\begin{cases} 0,684 < r \leq 1, \text{ Halte 2} \\ 0,46 < r \leq 0,684, \text{ Halte 3} \\ 0,293 < r \leq 0,46, \text{ Halte 4} \\ 0,000 < r \leq 0,293, \text{ Halte 5} \end{cases}$$

Maka halte yang terpilih selanjutnya adalah 3 (SDN 1 Pabuaran). Rute sementara: 1-3.

$$P(3,2) = \frac{0,692 \times \frac{1}{5,2}}{(0,692 \times \frac{1}{5,2}) + (0,692 \times \frac{1}{4,6}) + (0,692 \times \frac{1}{6,5})} = 0,342$$

$$P(3,4) = \frac{0,717 \times \frac{1}{4,6}}{(0,717 \times \frac{1}{5,2}) + (0,717 \times \frac{1}{4,6}) + (0,717 \times \frac{1}{6,5})} = 0,385$$

$$P(3,5) = \frac{0,654 \times \frac{1}{6,5}}{(0,654 \times \frac{1}{5,2}) + (0,654 \times \frac{1}{4,6}) + (0,654 \times \frac{1}{6,5})} = 0,273$$



Gambar 5. *Roulette Wheel* Probabilitas Tahap 2

Probabilitas:

3-2	3-4	3-5
0,342	0,385	0,273

Jumlah Kumulatif:

1	0,658	0,273
---	-------	-------

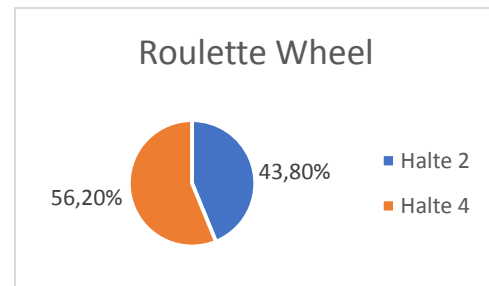
Bilangan Acak: 0,156

$$\begin{cases} 0,658 < r \leq 1, \text{ Halte 2} \\ 0,273 < r \leq 0,658, \text{ Halte 4} \\ 0,000 < r \leq 0,273, \text{ Halte 5} \end{cases}$$

Maka halte yang terpilih selanjutnya adalah 5 (TMP Tanjung Nirwana). Rute sementara: 1-3-5.

$$P(5,2) = \frac{0,647 \times \frac{1}{6,8}}{(0,647 \times \frac{1}{6,8}) + (0,647 \times \frac{1}{5,3})} = 0,438$$

$$P(5,4) = \frac{0,689 \times \frac{1}{5,3}}{(0,689 \times \frac{1}{6,8}) + (0,689 \times \frac{1}{5,3})} = 0,562$$



Gambar 6. *Roulette Wheel* Probabilitas Tahap 3

Probabilitas:

5-2	5-4
0,438	0,562

Jumlah Kumulatif:

1	0,562
---	-------

Bilangan Acak: 0,833

$$\begin{cases} 0,562 < r \leq 1, \text{ Halte 2} \\ 0,000 < r \leq 0,562, \text{ Halte 4} \end{cases}$$

Maka halte yang terpilih selanjutnya adalah 2 (SD UMP). Rute sementara: 1-3-5-2 dan menyisakan halte ke-4 sehingga rute menjadi 1-3-5-2-4 dengan total jarak 37,1 km.

Tabel 4. Perbandingan Jarak Semut 1 dan Semut 2

Semut	Jarak
1	25,3 km
2	37,1 km

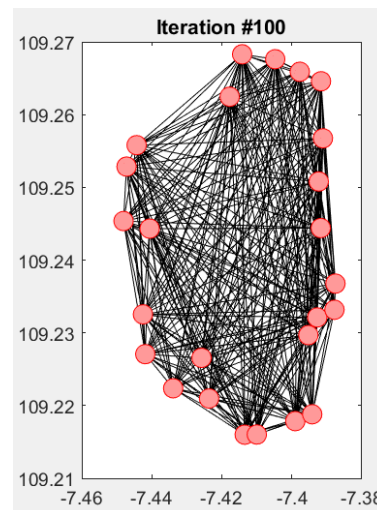
Berdasarkan Tabel 4, Semut 1 memiliki jarak yang lebih optimal dibandingkan dengan Semut 2.

Setelah perhitungan manual dengan 5 sampel halte dari Koridor 3 Trans Banyumas dan 2 semut, kemudian peneliti melakukan perhitungan melalui program Matlab dengan jumlah sampel halte bus sebanyak 25 di Koridor 3. Parameter yang digunakan dalam algoritma ACO antara lain: (1) Jumlah Iterasi = 100; (2) Jumlah semut (m) = 50; (3) Tetapan Penguapan Feromon (ρ) = 0,3; (4) Nilai Pengendali Intensitas Feromon (α) = 2; (5) Pengujian Nilai Pengendali Visibilitas (β) = 0,5.

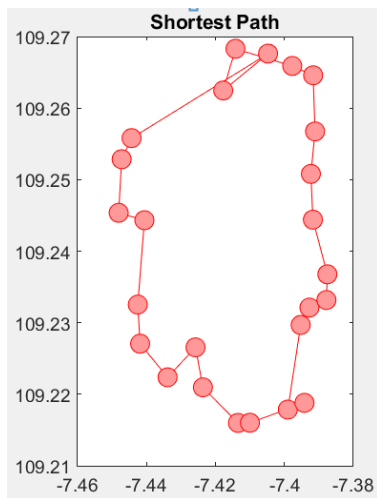
Halte pada Koridor 3 Trans Banyumas terdiri dari: (1) Terminal Bulupitu Purwokerto; (2) RS Dadi Keluarga; (3) Universitas NU; (4) Andang Pangrengan; (5) Halte Grand Tanjung Elok; (6) Halte SMP Muhammadiyah 2; (7) Halte TMP Tanjung Nirwana; (8) Halte SDN 3 Kedungwuluh; (9) Halte Terminal Pasar PON; (10) Halte Sapphire Regency; (11) Halte Pasar Parakanonje; (12) Halte Universitas Wijayakusuma; (13) Halte Tugu Ikan Beji (A); (14) Halte TK Pertiwi; (15) Halte Perum Purwosari Indah; (16) Halte Tugu Batu; (17) Halte Langentirto; (18) Halte SDN 1 Pabuaran; (19) Halte Griya Alam

Pesona; (20) Halte Masjid Al-Hidayah; (21) Halte Kantor Desa Tambaksogra; (22) Halte Tambaksari; (23) Halte Ponpes Darussalam; (24) Halte SD UMP; (25) Pasar Kejawar Arcawinangun.

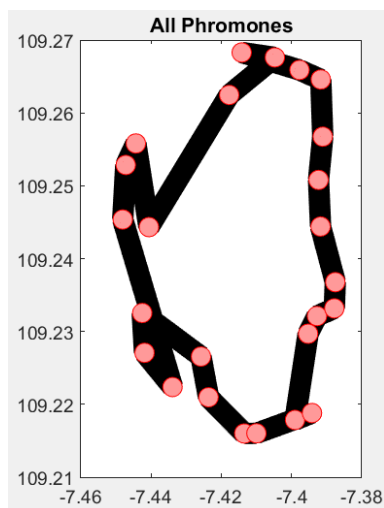
No	Titik Koordinat (x)	Titik Koordinat (y)
1	-7.444344	109.255805
2	-7.447221	109.252854
3	-7.448084	109.245367
4	-7.440621	109.244327
...
...
...
24	-7.414204	109.268296
25	-7.417761	109.262470



Gambar 7. Perhitungan Matlab dengan Iterasi = 100



Gambar 8. Hasil Rute Terpendek Menggunakan Program Matlab



Gambar 9. Jejak Feromon pada Perhitungan Matlab

Rute optimal yang dihasilkan oleh program Matlab adalah 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-13-12-14-15-16-17-18-19-20-21-22-24-25-23.

Berdasarkan percobaan di atas, penentuan rute Trans Banyumas dengan menggunakan model matematika dan perhitungan

otomatis algoritma ACO melalui *software* Matlab telah berhasil dilakukan dan menemukan jalur yang optimal.

SIMPULAN

Penelitian ini menerapkan model matematika pada algoritma ACO untuk menentukan rute optimal Trans Banyumas. Parameter pada algoritma ACO terdiri atas Jumlah Iterasi Maksimum, Jumlah Semut (m), Tetapan Penguapan Feromon (ρ), Nilai Pengendali Intensitas Feromon (α), dan Nilai Pengendali Visibilitas (β). Perhitungan algoritma ACO secara manual pada penelitian ini menggunakan 2 semut. Selanjutnya dilakukan komputasi menggunakan *software* Matlab dengan 25 sampel halte bus Trans Banyumas di Koridor 3. Rute optimal yang diperoleh adalah halte dengan urutan 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-13-12-14-15-16-17-18-19-20-21-22-24-25-23. Penentuan rute Trans Banyumas dengan menggunakan model matematika dan perhitungan otomatis algoritma ACO melalui *software* Matlab telah berhasil dilakukan dan menemukan jalur yang optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada PT Surveyor Indonesia dan PT Banyumas Raya Transportasi untuk penyediaan data sebagai objek

Vol. VII No. 1, Sept 2022, hlm. 12 – 23

DOI: <https://doi.org/10.36294/jmp.v7i1.2701>

Available online www.jurnal.una.ac.id/indeks/jmp

penelitian. Kami juga berterima kasih kepada Ditjen Dikti Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan dana untuk melaksanakan Penelitian

Dosen Pemula (PDP) dengan nomor Kontrak Induk 158/E5/PG.02.00.PT/2022 dan nomor Kontrak Turunan 041/LL6/PB/AK.04/2022, IT Tel3738/LPPM-000/Ka

DAFTAR RUJUKAN

- Chitty, D. M. (2017). Applying ACO To Large Scale TSP Instances. *Department of Computer Science*. 1–15.
- Chowdhury, S., Marufuzzaman, M., Tunc, H., Bian, L., & Bullington, W. (2019). A modified Ant Colony Optimization algorithm to solve a dynamic traveling salesman problem: A case study with drones for wildlife surveillance. *Journal of Computational Design and Engineering*, 6(3), 368–386.
- Eldem, H., & Ülker, E. (2017). The application of ant colony optimization in the solution of 3D traveling salesman problem on a sphere. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. 20, 1242–1248.
- Giovanni Calabrò, Giuseppe Inturri, Michela Le Pira, Alessandro Pluchino, Matteo Ignaccolo. (2020). Bridging the gap between weak-demand areas and public transport using an ant-colony simulation-based optimization, *Transportation Research Procedia*, 45, Pages 234-241, ISSN 2352-1465.
- Hlaing, Z. C. S. S., & Khine, M. A. (2011). Solving Traveling Salesman Problem by Using Improved ACO. *International Journal of Information and Education Technology*, 1(5), 404–409.
- Lizhi Chen, Wei-Li Liu, Jinghui Zhong. (2022). An efficient multi-objective ant colony optimization for task allocation of heterogeneous unmanned aerial vehicles, *Journal of Computational Science*, 58, 101545, ISSN 1877-7503.
- Mahfoud, S., Derouich, A., Iqbal, A., & El, N. (2022). ANT-colony optimization-direct torque control for a doubly fed induction motor: An experimental validation. *Energy Reports*, 8, 81–98.
- Olivas, F., Valdez, F., Castillo, O., Gonzalez, C. I., Martinez, G., & Melin, P. (2016). Ant colony optimization with

Vol. VII No. 1, Sept 2022, hlm. 12 – 23

DOI: <https://doi.org/10.36294/jmp.v7i1.2701>

Available online www.jurnal.una.ac.id/indeks/jmp

- dynamic parameter adaptation based on interval type-2 fuzzy logic systems. *Applied Soft Computing Journal*.
- Popova, O., Gorev, A., & Solodkij, A. (2021). Bus route network planning in cities beyond the Arctic Circle. *Transportation Research Procedia*, 57, 470–478.
- Shan-Huen Huang, Ying-Hua Huang, Carola A. Blazquez, Chia-Yi Chen. (2022). Solving the vehicle routing problem with drone for delivery services using an ant colony optimization algorithm, *Advanced Engineering Informatics*, 51, 101536, ISSN 1474-0346.
- Shi, Y., & Zhang, Y. (2022). The neural network methods for solving Traveling Salesman Problem Problem. *Procedia Computer Science*, 199, 681–686.
- Wang, Y., & Han, Z. (2021). Ant colony optimization for traveling salesman problem based on parameters optimization. *Applied Soft Computing*, 107, 107439.