

# Penerapan Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) Rute Jalur Terpendek (Studi Kasus Distribusi Barang JNE Wilayah Bumi Tamalanrea Permai (BTP))

Siti Nurhalisa Jumaedi

Mahasiswa Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, [snurhalisajumaedi@gmail.com](mailto:snurhalisajumaedi@gmail.com)

Wahyuni Abidin

Program Studi Matematika, FST, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, [wahyuniabidin@uin-alauddin.ac.id](mailto:wahyuniabidin@uin-alauddin.ac.id)

Try Azisah Nurman

Program Studi Matematika, FST, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, [try.azisah@uin-alauddin.ac.id](mailto:try.azisah@uin-alauddin.ac.id)

---

**ABSTRAK**, Pendistribusian barang dari produsen ke konsumen dilakukan oleh jasa kurir. Seorang kurir diharapkan mampu mengantarkan paket kiriman dengan mempertimbangkan estimasi penghematan waktu dan jarak tempuh, sehingga mendukung pekerjaannya lebih efektif dan cepat tentunya menghemat biaya perjalanan. Pada umumnya pencarian jalur terpendek menjadi solusi yang diberikan. Pencarian lintasan terpendek dibagi menjadi dua metode, yaitu metode konvensional dan metode heuristik. Pada metode heuristik terdapat beberapa algoritma, salah satunya adalah algoritma *Ant Colony Optimization*. Algoritma ini didasarkan pada perilaku semut. Secara alamiah, koloni semut dapat menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada jalur yang dilalui. Semakin banyak semut yang melewati sebuah jalur, semakin jelas jejak kaki yang ada. Algoritma ini sangat cocok digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi, salah satunya adalah menentukan jalur terpendek. Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan kurir untuk mengambil keputusan dalam menentukan lokasi jalur yang akan dilalui. Terdapat enam jumlah lokasi yang digunakan. Pada situasi ini, penggunaan algoritma *ant colony optimization* terbatas pada satu siklus atau satu iterasi ( $NC=1$ ), sehingga rute terbaik diperoleh sementara siklus pertama yaitu GOR Prof Tahir Djide ( $v_3$ ) menuju Panti Asuhan Al Muhtadina ( $v_2$ ) menuju Rumah Yatim Makassar ( $v_1$ ) menuju Lapangan Tala BTP/GLT ( $v_4$ ) menuju Rusunawa Kodam XIV/Hsn ( $v_5$ ) menuju Pabrik Produksi Roti Tawar Bandung Makassar ( $v_6$ ) lalu kembali pada titik pertama GOR Prof Tahir Djide ( $v_3$ ) dengan jarak tempuh sepanjang 10,6 km. ( $v_3 \rightarrow v_2 \rightarrow v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5 \rightarrow v_6 \rightarrow v_3$ ).

---

**Kata Kunci:** Teori Graf, Algoritma *Ant Colony Optimization*, Rute Jalur Terpendek

---

## 1. PENDAHULUAN

Sebuah proses distribusi barang dari produsen ke konsumen yang dilakukan oleh jasa kurir merupakan salah satu bentuk pelayanan publik yang memfasilitasi pengangkutan suatu barang dari satu daerah ke daerah lain dan dapat dikenakan biaya oleh pihak jasa. Pengiriman

barang dapat berupa dokumen, logistik, produk elektronik, dan lain-lain.

Setiap pengiriman jasa ekspedisi dinilai berdasarkan ketepatan waktu dan jarak tempuh yang harus dilalui oleh kurir. Masalah pada jasa kurir terkait dengan kemungkinan urutan alamat dalam pengiriman paket. Ketika seorang kurir mengirimkan paket, pengirim harus memenuhi waktu yang sangat singkat, sehingga seorang kurir akan menentukan rute terpendek dengan mempertimbangkan estimasi penghematan waktu dalam mendukung pekerjaannya lebih efektif dan cepat yang tentunya menghemat biaya perjalanan [8].

Rute jalur terpendek bisa dikatakan sebagai nilai minimum dari suatu lintasan. Permasalahan yang dihadapi dalam menentukan jalur terpendek yakni banyaknya rute yang mungkin dipilih dari tempat keberangkatan menuju tempat tujuan akhir [4]. Dalam ilmu matematika diskrit, graf dapat digunakan untuk menunjukkan jarak antar kota atau tempat.

Sekumpulan dari objek titik (*vertex* atau *node*) kemudian dihubungkan dengan sisi (*edge*) atau busur (*arc*) yang disebut graf. Setiap sisi yang berkaitan dalam satu atau dua titik merupakan titik ujung dari sisi tersebut. Struktur graf dapat dikembangkan dengan memberikan bobot dalam tiap sisinya. Dalam hal ini dapat membantu menghitung panjang sisi atau lintasan.

Menentukan rute jalur terpendek memiliki beberapa cara untuk menyelesaikannya. Menurut I'ing mutakhiro, dkk pada tahun 2007 di dalam papernya bahwa dalam menentukan rute jalur terpendek menggunakan algoritma *ant colony optimization* tepat digunakan untuk diterapkan dalam penyelesaian masalah optimasi. Prinsip algoritma didasarkan pada perilaku koloni semut dalam menentukan jarak perjalanan paling

pendek [7]. Salah satunya dengan menggunakan metode heuristik. Metode heuristik salah satu metode untuk mencari rute jalur terpendek. Metode heuristik diaplikasikan dengan memperhitungkan dan menentukan dasar pengetahuan. Pemanfaatan metode heuristik diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan pencarian rute jalur terpendek dengan hasil yang lebih beragam dan waktu perhitungan yang lebih singkat.

Pada algoritma *ant colony optimization* adaptasi dari hewan semut, dimana semut dapat beradaptasi dengan perubahan lingkungan. Sehingga pada kondisi situasi dimana jalan atau permintaan pelanggan dapat berubah seiring waktu, hal ini dapat menjadi solusi dari permasalahan distribusi barang jasa ekspedisi JNE. Setiap semut akan ditempatkan pada semua titik yang kemudian akan bergerak mengunjungi semua titik-titik yang telah ditentukan. Tujuan dari penggunaan algoritma *ant colony optimization* untuk meminimalisir waktu, tenaga, dan biaya yang akan digunakan. Penentuan jarak antar lokasi akan menggunakan bantuan aplikasi *google maps*, sedangkan penentuan rute jalur terpendek akan memberikan nilai solusi yang mendekati optimum, yaitu nilai yang diperoleh melalui suatu proses dan dipertimbangkan sebagai solusi jawaban terbaik dari semua titik lokasi yang ada. Titik-titik lokasi yang digunakan sebagai titik kunjungan akan menghasilkan sebuah graf yang lengkap.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Teori Graf

Graf adalah sepasang himpunan dimana titik-titik dari graf tersebut dapat mempresentasikan berbagai objek seperti kota, atom-atom dari suatu zat, komponen perangkat elektronik, nama-nama objek dan sebagainya [10]. Sebuah graf  $G$  berisi dua bentuk himpunan [3]:

- Himpunan  $V(G) = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  adalah mempunyai elemen-elemen yang disebut titik.
- Himpunan  $E(G) = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  adalah pasangan terurut dari titik-titik yang berbeda yang disebut sisi.

### Rute Jalur Terpendek (*Shortest Path Problem*)

Rute jalur terpendek adalah sebuah jaringan arah perjalanan di mana seorang pengarah jalan memilih jalur terpendek antara dua kota, berdasarkan jumlah jalur alternatif yang tersedia. Jalur terpendek adalah rute perjalanan di mana rute yang dilalui adalah rute yang memiliki jarak terpendek dibandingkan dengan rute-rute lainnya [9].

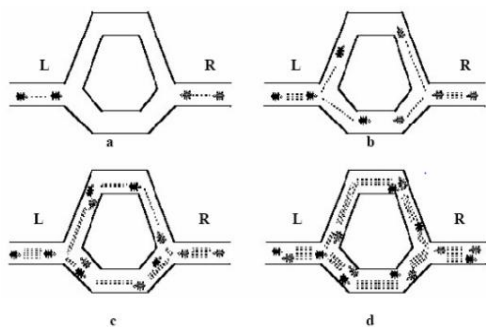
Secara umum, ada dua metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah pencarian rute jalur terpendek yaitu metode algoritma konvensional dan metode heuristik [6].

- Metode konvensional adalah algoritma yang menggunakan perhitungan matematika biasa dan cenderung menghasilkan solusi optimal dengan mengikuti langkah yang telah terdefinisi. Algoritma seperti Dijkstra, Floyd-Warshall, dan Bellman-Ford adalah beberapa metode konvensional yang biasa digunakan untuk mencari jalur terpendek.
- Metode heuristik adalah perhitungan yang menghasilkan solusi alternatif untuk menemukan jalur terpendek dan berfokus dalam menemukan solusi yang memadai atau mendekati solusi optimal. Ada beberapa algoritma dalam heuristik yang biasa digunakan dalam mencari jalur terpendek. Salah satunya adalah algoritma *ant colony optimization*.

### *Ant Colony Optimization* (ACO)

*Ant Colony Optimization* (ACO) adalah metode penyelesaian masalah optimasi yang terdiri dari berbagai algoritma yang bekerja berdasarkan prinsip komunikasi koloni semut dan teknik probabilistik untuk mencari makanan. Koloni semut menggunakan sistem komunikasi untuk menemukan sumber makanan dan meninggalkan bahan kimia yang disebut *pheromone* di jalan mereka. Semut yang menemukan sumber makanan akan meninggalkan *pheromone* di jalan mereka kembali ke koloni mereka, dan semut lain yang menemukan bau *pheromone* di suatu rute cenderung mengikuti rute tersebut jika kandungan *pheromone* cukup pekat [5]. Seiring berjalannya waktu, *pheromone* akan menguap [1]. Rute yang pendek hanya membutuhkan waktu singkat (semut selalu meninggalkan

*pheromone* setiap kali mereka kembali ke koloninya) untuk pergi dari koloni ke sumber makanan, *pheromone* lebih cepat menguap. Banyak semut akan melewati rute dengan kepadatan semut yang lebih tinggi, jika tidak semua semut melewatinya [2].



Gambar 2.1 Jalur lintasan dua kelompok semut

Gambar 2.1 menunjukkan dua kelompok semut bergerak. Satu kelompok dinamakan L berada di sebelah kiri untuk sarang semut, dan kelompok lain dinamakan R berada di sebelah kanan untuk sumber makanan. Setiap kelompok semut dari titik awal dapat memilih sisi jalan mana yang akan diambil. Kelompok semut L terbagi menjadi dua kelompok lagi. Sebagian semut memilih jalan bawah, sedangkan yang lain memilih jalan atas. Karena jumlah semut yang bergerak ke atas lebih sedikit daripada yang bergerak ke bawah, kelompok semut yang bergerak ke atas bergerak dengan kecepatan yang sama dan meninggalkan jejak kaki atau *pheromone* di tanah yang mereka lalui. *Pheromone* yang ditinggalkan kelompok semut ini menguap secara signifikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 Ini disebabkan oleh jarak yang ditempuh lebih jauh daripada jalur yang lebih pendek. Sementara itu, karena lebih banyak semut berjalan di jalur bawah daripada di jalur atas, *pheromone* di jalur yang lebih rendah menguap membutuhkan waktu lebih lama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 Semut-semut lain pada akhirnya memutuskan untuk mengambil jalur yang lebih rendah karena lebih banyak *pheromone* yang tersisa di jalur atas, tetapi *pheromone* di jalur atas telah menguap, sehingga semut tidak memilih jalur atas. Oleh karena itu, rute terpendek antara sarang dan sumber makanan dipilih.

Untuk dapat mengetahui implementasi algoritma semut dalam menentukan rute terpendek, diperlukan variabel dan langkah-langkah, yaitu:

**Langkah 1**

a. Menginisialisasi nilai awal parameter algoritma

Adapun parameter-parameter yang diinisialisasikan sebagai berikut:

1. Intensitas jalur semut antar kota serta perubahannya ( $\tau_{ij}$ ).
2. Termasuk dalam jumlah kota ( $n$ ) termasuk koordinat ( $x,y$ ) atau jarak antar kota  $i$  ke kota lainnya ( $d_{ij}$ ).
3. Kota berangkat dan kota tujuan.
4. Laju siklus semut ( $Q$ ).
5. Setel pengontrol intensitas jalur semut ( $\alpha$ ), nilai  $\alpha \geq 0$ .
6. Atur pengontrol visibilitas ( $\beta$ ), nilai  $\beta \geq 0$ .
7. Visibilitas antar kota =  $\frac{1}{d_{ij} \eta_{ij}}$ .
8. Jumlah semut ( $k$ ).
9. Atur penguapan jalur semut ( $\rho$ ), nilai  $\rho$  harus  $> 0$  dan  $< 1$  untuk menghindari jalur semut yang tak terbatas.
10. Jumlah siklus maksimum ( $NCmax$ ) tetap selama algoritma berjalan, sedangkan  $d_{ij}$  akan selalu diperbaharui setiap siklus algoritma, mulai dari siklus pertama ( $NC = 1$ ) sampai jumlah maksimum siklus tercapai ( $NC = NCmax$ ) atau sampai algoritma konvergensi.

b. Inisialisasi kota pertama dari setiap semut.

Setelah inisialisasi  $\tau_{ij}$  dilakukan, kemudian  $k$  semut ditempatkan secara acak pada kota pertama yang diberikan.

**Langkah 2**

Masukkan kota pertama ke dalam daftar tab atau *tabu list*. Kota yang diinisialisasikan pertama kali oleh setiap semut pada langkah pertama harus dimasukkan sebagai elemen pertama dari daftar tab atau *tabu list*. Selanjutnya, langkah ini mengisi elemen pertama dari daftar tab setiap semut dengan indeks kota tertentu, yang berarti bahwa setiap *tabu k* dapat berisi indeks kota antara 1 sampai  $n$ , seperti yang diinisialisasikan pada langkah 1.

**Langkah 3**

Setiap semut harus dibawa ke setiap kota. Koloni semut yang terbagi dalam beberapa kota. Koloni semut memulai dari kota pertama sebagai kota lainnya sebagai kota tujuan. Dari kota kedua, koloni semut memilih salah satu kota yang tidak dituju sebagai kota tujuan berikutnya. Begitu pun untuk selanjutnya, koloni semut melakukan perjalanan terus menerus hingga semua kota dikunjungi satu per satu atau  $k$  kota  $tabu_k$  ditempati. Dalam kasus di mana  $N$  sebagai seluruh rute perjalanan dan  $tabu_k$  sebagai daftar perjalanan yang sudah dilewati agar para semut tidak melewati jalan yang berulang, sehingga  $K'$  adalah indeks urutan kunjungan dan kota asal disebut sebagai  $\{N-tabu_k\}$ , maka untuk menentukan kota tujuan digunakan persamaan probabilitas sebuah kota yang akan dikunjungi adalah sebagai berikut:

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum [\tau_{ik'}]^\alpha [\eta_{ik'}]^\beta}, & \text{untuk } j \in \{N - tabu_k\} \\ 0 & , \text{ untuk } j \text{ lainnya} \end{cases} \quad (2.1)$$

**Langkah 4**

a. Menghitung panjang rute jalur setiap semut  
 Menghitung berapa panjang jalur rute tertutup atau  $L_k$  untuk setiap semut dilakukan setelah semua menyelesaikan satu siklus. Perhitungan ini dilakukan untuk setiap semut dengan menggunakan persamaan berikut:

$$L_k = d_{tabu_k(n), tabu_k(1)} + \sum_{s=1}^{n-1} d_{tabu_k(s), tabu_k(s+1)} \quad (2.2)$$

b. Pencarian rute terpendek.  
 Setelah menghitung  $L_k$  untuk setiap semut, harga minimum dari panjang rute setiap siklus, atau  $L_{minNC}$  akan diperoleh, dan  $L_{min}$  adalah harga minimum tertutup secara keseluruhan.

c. Menghitung perubahan biaya intensitas jejak kaki semut antara kota-kota.

Koloni semut akan meninggalkan jejak kaki di jalur antar kota. Harga intensitas jejak kaki antar kota dapat berubah karena penguapan dan perbedaan jumlah semut yang melewatinya. Persamaan yang terkait dengan perubahan ini adalah sebagai berikut:

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (2.3)$$

dengan  $\Delta\tau_{ij}$  adalah perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk setiap semut yang dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta\tau_{ij} = \begin{cases} \frac{Q}{L_k} & \text{jika } (i, j) \in \text{ kota asal dan} \\ & \text{kota tujuan dalam } tabu_k \\ 0 & \text{jika } (i, j) \text{ lainnya} \end{cases} \quad (2.4)$$

**Langkah 5**

a. Menghitung harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk per siklus. Karena penguapan dan perbedaan  $m$  jumlah semut yang melewati jalur tertentu, harga intensitas jejak kaki semut antar kota mungkin berubah untuk setiap jalur antar kota. Untuk mengetahui harga intensitas jalur semut antar kota ( $\tau_{ij}$ ) untuk siklus berikutnya, persamaan berikut digunakan:

$$\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij} \quad (2.5)$$

b. Mengatur ulang setiap siklus, harga perubahan intensitas jejak kaki semut antar kota diatur ulang  $k$  nol.

**Langkah 6**

Kosongkan daftar tabulasi dan ulangi langkah 2. Jika jumlah maksimum siklus belum tercapai, pada siklus berikutnya, daftar tabulasi harus diisi ulang dengan urutan kota yang baru. Jika konvergensi tidak terjadi atau jumlah maksimum siklus belum tercapai. Algoritma diulangi dari langkah 2 dengan harga parameter intensitas jalur semut kota yang diperbarui.

**3. METODOLOGI**

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, dengan memanfaatkan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari hasil penelitian melalui Google Maps dan wawancara, sedangkan data sekunder diperoleh dari berbagai literatur seperti internet, jurnal online, dan lain-lain. Pada praktiknya, sistem ini tidak mempertimbangkan kondisi jalan seperti kepadatan kendaraan lalu lintas, atau masalah lain yang mungkin ada pada jalur tersebut. Semua jalur dianggap dalam kondisi normal tanpa hambatan.

Variabel yang digunakan pada penelitian ini meliputi Titik ( $V$ ) merepresentasikan lokasi tujuan dan Sisi ( $E$ ) merepresentasikan jarak dari

lintasan yang ditempuh antar lokasi atau titik tujuan.

#### 4. PEMBAHASAN

##### 1) Inisialisasi parameter-parameter algoritma dan penentuan tiap titik lokasi.

Tabel 4.1 Parameter Algoritma

Parameter	Nilai
$\alpha$	1,0
$\beta$	1,0
$\rho$	0,1
$k$	6



Gambar 4.1 Peta 6 Titik lokasi tujuan

Penginisialisasian tempat antara lain:

- $v_1$  : Rumah Yatim Makassar
- $v_2$  : Panti Asuhan Al Muhtadina
- $v_3$  : GOR Prof Tahir Djide
- $v_4$  : Lapangan Tala BTP/GLT
- $v_5$  : Rusunawa Kodam XIV/Hsn
- $v_6$  : Pabrik Produksi Roti Tawar Bandung Makassar

##### 2) Menentukan jarak awal yang akan ditempuh masing-masing titik

Berdasarkan data yang diperoleh dalam pengambilan dari hasil pencarian dengan bantuan alat penunjuk arah pada google maps, maka jarak tempuh (km) dari masing-masing titik dapat disusun dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.2 Jarak tempuh masing-masing lokasi

Titik	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$
$v_1$	0	2,2	1,9	1,4	2,4	3,3

$v_2$	2,2	0	1,1	2,2	2,1	3,8
$v_3$	1,9	1,1	0	1,9	2,1	2,7
$v_4$	1,4	2,2	1,9	0	1,3	2,1
$v_5$	2,4	2,1	2,1	1,3	0	1,9
$v_6$	3,3	3,8	2,7	2,1	1,9	0

##### 3) Penyusunan jalur kunjungan ke setiap titik

Memilih titik awal yaitu titik  $v_1$ , hingga memilih langkah selanjutnya yang memiliki jarak yang terpendek maka didapatkan hasil  $v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5 \rightarrow v_6 \rightarrow v_3 \rightarrow v_2$  diperoleh jarak minimal  $C_{greddy} = 1,4 + 1,3 + 1,9 + 2,7 + 1,1 = 8,4$

##### 4) Perhitungan algoritma *ant colony optimization*

Nilai untuk *Pheromone* awal, yaitu:

$$\tau_0 = \frac{6}{8,4} = 0,714285714$$

Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai visibilitas. Sehingga didapatkan:

$$\eta_{1,2} = \frac{1}{d_{1,2}} = \frac{1}{2,2} = 0,455$$

$$\eta_{1,3} = \frac{1}{d_{1,3}} = \frac{1}{1,9} = 0,526$$

$$\eta_{1,4} = \frac{1}{d_{1,4}} = \frac{1}{1,4} = 0,714$$

$$\eta_{1,5} = \frac{1}{d_{1,5}} = \frac{1}{2,4} = 0,417$$

$$\eta_{1,6} = \frac{1}{d_{1,6}} = \frac{1}{3,3} = 0,303$$

diperoleh nilai visibilitas antara titik sebagai berikut:

Tabel 4.3 Nilai Visibilitas Antar Titik

	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$
$v_1$	0	0,455	0,526	0,714	0,417	0,303
$v_2$	0,455	0	0,909	0,455	0,476	0,263
$v_3$	0,526	0,909	0	0,526	0,476	0,370
$v_4$	0,714	0,455	0,526	0	0,769	0,476
$v_5$	0,417	0,476	0,476	0,769	0	0,526
$v_6$	0,303	0,263	0,370	0,476	0,526	0

Perhitungan probabilitas untuk siklus pertama ditunjukkan di sini ( $NC=I$ ).

**Siklus ke-1 (NC=1)**

**Semut ke-1 (k=1)**

**Tabu list =  $v_1$**

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{K' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta \\
 &= (0,714285714)^1 \cdot (0,455)^1 + \\
 &\quad (0,714285714)^1 \cdot (0,526)^1 + \\
 &\quad (0,714285714)^1 \cdot (0,714)^1 + \\
 &\quad (0,714285714)^1 \cdot (0,417)^1 + \\
 &\quad (0,714285714)^1 \cdot (0,303)^1
 \end{aligned}$$

Titik  $v_1$   $p_{11}^1 = 0$

Titik  $v_2$   $p_{12}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}$   
 $= \frac{(0,455)^1 \cdot (0,714285714)^1}{1,72488852}$   
 $= 0,188$

Titik  $v_3$   $p_{13}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}$   
 $= \frac{(0,526)^1 \cdot (0,714285714)^1}{1,72488852}$

$= 0,218$

Titik  $v_4$   $p_{14}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}$   
 $= \frac{(0,714)^1 \cdot (0,714285714)^1}{1,72488852}$   
 $= 0,296$

Titik  $v_5$   $p_{15}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}$   
 $= \frac{(0,417)^1 \cdot (0,714285714)^1}{1,72488852}$   
 $= 0,173$

Titik  $v_6$   $p_{16}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{K' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}$   
 $= \frac{(0,303)^1 \cdot (0,714285714)^1}{1,72488852}$   
 $= 0,125$

Setelah nilai perjalanan semut telah ditentukan maka selanjutnya dapat disusun 6 tabel sebagai berikut:

**Tabel 4.4 Perjalanan Pertama Semut**

Semut	Titik Awal	PROBABILITAS						Titik Terpilih	TABU LIST
		$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$		
$k_1$	$v_1$	0	0,188	0,218	0,296	0,173	0,125	$v_6$	$v_1 \rightarrow v_6$
$k_2$	$v_2$	0,178	0	0,355	0,178	0,186	0,103	$v_3$	$v_2 \rightarrow v_3$
$k_3$	$v_3$	0,187	0,324	0	0,187	0,170	0,132	$v_2$	$v_3 \rightarrow v_2$
$k_4$	$v_4$	0,243	0,155	0,179	0	0,262	0,162	$v_2$	$v_4 \rightarrow v_2$
$k_5$	$v_5$	0,156	0,179	0,179	0,289	0	0,198	$v_1$	$v_5 \rightarrow v_1$
$k_6$	$v_6$	0,156	0,136	0,191	0,246	0,271	0	$v_5$	$v_6 \rightarrow v_5$

**Tabel 4.5 Perjalanan Kedua Semut**

Semut	Titik Awal	PROBABILITAS						Titik Terpilih	TABU LIST
		$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$		
$k_1$	$v_6$	0	0,188	0,218	0,296	0,173	0	$v_5$	$v_1 \rightarrow v_6 \rightarrow v_5$
$k_2$	$v_3$	0,178	0	0	0,178	0,186	0,103	$v_5$	$v_2 \rightarrow v_3 \rightarrow v_5$
$k_3$	$v_2$	0,187	0	0	0,187	0,170	0,132	$v_1$	$v_3 \rightarrow v_2 \rightarrow v_1$
$k_4$	$v_2$	0,243	0	0,179	0	0,262	0,162	$v_6$	$v_4 \rightarrow v_2 \rightarrow v_6$
$k_5$	$v_1$	0	0,179	0,179	0,289	0	0,198	$v_2$	$v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$
$k_6$	$v_5$	0,156	0,136	0,191	0,246	0	0	$v_4$	$v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_4$

**Tabel 4.6 Perjalanan Ketiga Semut**

Semut	Titik Awal	VISIBILITAS ANTAR LOKASI						Titik Terpilih	TABU LIST
		$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$		
$k_1$	$v_5$	0	0,215	0,249	0,338	0	0	$v_2$	$v_1 \rightarrow v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_2$

$k_2$	$v_5$	0,276	0	0	0,276	0	0,160	$v_4$	$v_2 \rightarrow v_3 \rightarrow v_5 \rightarrow v_4$
$k_3$	$v_1$	0	0	0	0,277	0,251	0,195	$v_4$	$v_3 \rightarrow v_2 \rightarrow v_1 \rightarrow v_4$
$k_4$	$v_6$	0,287	0	0,212	0	0,309	0	$v_3$	$v_4 \rightarrow v_2 \rightarrow v_6 \rightarrow v_3$
$k_5$	$v_2$	0	0	0,212	0,342	0	0,234	$v_3$	$v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_3$
$k_6$	$v_4$	0,214	0,186	0,262	0	0	0	$v_3$	$v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_4 \rightarrow v_3$

Tabel 4.7 Perjalanan Keempat Semut

Semut	Titik Awal	VISIBILITAS ANTAR LOKASI						Titik Terpilih	TABU LIST
		$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$		
$k_1$	$v_2$	0	0	0,310	0,421	0	0	$v_3$	$v_1 \rightarrow v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_2 \rightarrow v_3$
$k_2$	$v_4$	0,388	0	0	0	0	0,224	$v_1$	$v_2 \rightarrow v_3 \rightarrow v_5 \rightarrow v_4 \rightarrow v_1$
$k_3$	$v_4$	0	0	0	0	0,347	0,270	$v_5$	$v_3 \rightarrow v_2 \rightarrow v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5$
$k_4$	$v_3$	0,355	0	0	0	0,383	0	$v_1$	$v_4 \rightarrow v_2 \rightarrow v_6 \rightarrow v_3 \rightarrow v_1$
$k_5$	$v_3$	0	0	0	0,434	0	0,297	$v_6$	$v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_3 \rightarrow v_6$
$k_6$	$v_3$	0,324	0,281	0	0	0	0	$v_1$	$v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_4 \rightarrow v_3 \rightarrow v_1$

Tabel 4.8 Perjalanan Kelima Semut

Semut	VISIBILITAS ANTAR LOKASI						TABU LIST
	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$	
$k_1$	0	0	0	1	0	0	$v_1 \rightarrow v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_2 \rightarrow v_3 \rightarrow v_4$
$k_2$	0	0	0	0	0	1	$v_2 \rightarrow v_3 \rightarrow v_5 \rightarrow v_4 \rightarrow v_1 \rightarrow v_6$
$k_3$	0	0	0	0	0	1	$v_3 \rightarrow v_2 \rightarrow v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5 \rightarrow v_6$
$k_4$	0	0	0	0	1	0	$v_4 \rightarrow v_2 \rightarrow v_6 \rightarrow v_3 \rightarrow v_1 \rightarrow v_5$
$k_5$	0	0	0	1	0	0	$v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_3 \rightarrow v_6 \rightarrow v_4$
$k_6$	0	1	0	0	0	0	$v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_4 \rightarrow v_3 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2$

Maka keseluruhan perjalanan semut sebagai berikut.

$k_6$	$v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_4 \rightarrow v_3$ $\rightarrow v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_6$	13	0,077
-------	--	----	-------

Tabel 4.9 Rute perjalanan semut dan penambahan jumlah pheromone

Semut	Tabu List	Panjang (km)	$\Delta\tau_{ijk}$
$k_1$	$v_1 \rightarrow v_6 \rightarrow v_5 \rightarrow v_2$ $\rightarrow v_3 \rightarrow v_4 \rightarrow v_1$	11,7	0,085
$k_2$	$v_2 \rightarrow v_3 \rightarrow v_5 \rightarrow v_4$ $\rightarrow v_1 \rightarrow v_6 \rightarrow v_2$	13	0,077
$k_3$	$v_3 \rightarrow v_2 \rightarrow v_1 \rightarrow v_4$ $\rightarrow v_5 \rightarrow v_6 \rightarrow v_3$	10,6	0,094
$k_4$	$v_4 \rightarrow v_2 \rightarrow v_6 \rightarrow v_3$ $\rightarrow v_1 \rightarrow v_5 \rightarrow v_4$	14,3	0,070
$k_5$	$v_5 \rightarrow v_1 \rightarrow v_2 \rightarrow v_3$ $\rightarrow v_6 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5$	11,8	0,085

Berdasarkan Tabel 4.9 diatas didapatkan rute terbaik yaitu rute yang dilalui oleh semut  $k_3$  dengan panjang rute 10,6 km dengan rute  $v_3 \rightarrow v_2 \rightarrow v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5 \rightarrow v_6 \rightarrow v_3$ .

Selanjutnya dilakukan pembaharuan *pheromone* dengan jumlah *pheromone* yang baru saja ditambahkan sebesar  $\Delta\tau_{ijk} = 0,094$  menggunakan rumus sebagai berikut:  

$$\tau_{ij} = (1 - 0,1)(0,714285714) + 0,094$$

$$= 0,737196765$$

Pencarian manual hanya membatasi siklus pertama. Sehingga, diperoleh rute terbaik sementara yaitu

$v_3 \rightarrow v_2 \rightarrow v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5 \rightarrow v_6 \rightarrow v_3$  dengan jarak tempuh 10,6 km.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari hasil yang telah dihitung, maka dapat diambil kesimpulan bahwa dalam menyelesaikan kasus *Travelling Salesman Problem* (TSP) khususnya pada penerapan algoritma *ant colony optimization* rute jalur terpendek pada studi kasus distribusi barang JNE wilayah Bumi Tamalanrea Permai pada optimasi rute kurir jasa pengiriman untuk 6 titik lokasi diperoleh sementara siklus pertama yaitu GOR Prof Tahir Djide ( $v_3$ ) menuju Panti Asuhan Al Muhtadina ( $v_2$ ) menuju Rumah Yatim Makassar ( $v_1$ ) menuju Lapangan Tala BTP/GLT ( $v_4$ ) menuju Rusunawa Kodam XIV/Hsn ( $v_5$ ) menuju Pabrik Produksi Roti Tawar Bandung Makassar ( $v_6$ ) lalu kembali pada titik pertama GOR Prof Tahir Djide ( $v_3$ ) dengan jarak tempuh sepanjang 10,6 km. ( $v_3 \rightarrow v_2 \rightarrow v_1 \rightarrow v_4 \rightarrow v_5 \rightarrow v_6 \rightarrow v_3$ ).

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Batmetan, J. R. (2016). *Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk pemilihan jalur tercepat evakuasi bencana Gunung Lokon Sulawesi Utara*. *Jurnal Teknologi Informasi*, 14(1), 31–48.
- [2] Dorigo, M., & Stützle, T. (2004). *Ant colony optimization*. In A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England. <https://mitpress.mit.edu/books/ant-colony-optimization>
- [3] Hasmawati. (2016). *Bahan Ajar Bahan Ajar Bahan Ajar*. In Hasanuddin University Repository. <http://repository.upy.ac.id/6374/1/BAHAN-AJAR-SEJARAH-PERADABAN-BARAT-KLASIK-2023.pdf>
- [4] Lisdiarto, A., & Winarti, W. (2023). Penerapan Metode Ant Colony Optimization Untuk Menentukan Jalur Distribusi Di PT. Indomarco Adi Prima. *Teknik Dan Multimedia*, 1(4), 938–946.
- [5] Maryati, I., & Wibowo, H. K. (2012). Optimasi penentuan rute kendaraan pada sistem distribusi barang dengan ant colony optimization. *Semanticscholar*, 163–168.
- [6] Mutakhroh, I., Indrato, & Hidayat, T. (2007). Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Algoritma Semut. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*. 81–85.
- [7] Mutakhroh, I., Saptono, F., Hasanah, N., & Wiryadinata, R. (2007). Pemanfaatan Metode Heuristik Dalam Pencarian Jalur Terpendek Dengan Algoritma Semut dan Algoritma Genetika. *SNATI (Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi) 2007, 2007(Snati)*, B33–B39. <http://journal.uui.ac.id/index.php/Snati/article/viewFile/1623/1398>
- [8] Nugraha, D. C., & Khadafi, S. (2021). Penerapan Travelling Salesman Problem Untuk Optimasi Jarak Jalur Kurir Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization (Aco). *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan IX 2021*, 259–266.
- [9] Wahyuningsih, D., Syahreza, E. (2018). Shortest Path search Futsal Field Location with Dijkstra Algorithm. *IJCCS*. 12(2), 161–170.
- [10] Windarto, A. P., & Sudirman. (2018). Penerapan Algoritma Semut Dalam Penentuan Distribusi Jalur Pipa Pengolahan Air Bersih. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 8(2), 9. <https://doi.org/10.21456/vol8iss2pp9-18>