

## PENENTUAN JALUR TERPENDEK PENDISTRIBUSIAN BARANG JALUR NUGRAHA EKAKURIR (JNE) MENGGUNAKAN ALGORITMA SEMUT (STUDI KASUS JNE DEWI SARTIKA PALU)

Musdalipa<sup>1</sup>, Agusman Sahari<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Matematika Jurusan Matematika FMIPA Universitas Tadulako

Jalan Soekarno-Hatta Km. 09 Tondo, Palu 94118, Indonesia.

<sup>1</sup>musdalifahayrin@gmail.com, <sup>2</sup>agusmansahari@gmail.com

### ABSTRACT

Nowadays, it is often done traveling from one place or location to another by considering the path or the shortest route to be traveled. In determining the shortest route by implementing the ant algorithm to determine the shortest route. This case is a case of the traveling salesmen problem (TPS) namely visiting all location points starting from the starting point and ending at the starting point again. Case study in this research is delivery data of JNE courier palu. The sample used is 13 points which are then resolved using the ant algorithm adopts the ant work method to get the shortest route. The use of the ant algorithm in this case is limited to one cycle or one iteration (NC=1) so that the best route for the first cycle is obtained JNE Gudang utama dewi sartika palu ( $V_1$ ), JNE jalan banteng No.8a biromaru palu selatan ( $V_2$ ), JNE basuki rahmat ( $V_7$ ), JNE jalan anoa No.107 pau selatan ( $V_{11}$ ), JNE diponegoro lere palu barat ( $V_8$ ), JNE emysaelan No.20 palu selatan ( $V_5$ ), JNE sisingamangaraja palu ( $V_9$ ), JNE jalan kimaja palu barat ( $V_{10}$ ), JNE krajaლება No.7 sigi biromaru ( $V_{13}$ ), JNE jalan tombolotutu palu ( $V_3$ ), JNE samratulangi No.66 A palu ( $V_{12}$ ), JNE tondo kamus mantikulore ( $V_4$ ), JNE diponegoro lere palu barat ( $V_6$ ) and dcome back to JNE gudang utama dewi sartika palu ( $V_1$ ) with a distance of 56.4 km.

**Keywords** : Graph Theory, Ant Algorithm, Traveling Salesmen Problem

### ABSTRAK

Sekarang ini, sering dilakukan perjalanan dari satu tempat atau lokasi ke tempat yang lain dengan mempertimbangkan jalur atau rute yang terpendek untuk dilalui. Dalam menentukan rute terpendek dengan mengimplementasikan algoritma semut untuk menentukan rute terpendek. Kasus ini merupakan kasus dari Traveling salesmen Problem (TPS) yaitu mengunjungi semua titik lokasi yang dimulai dari titik awal kemudian berakhir dititik awal kembali. Studi kasus dalam penelitian ini yaitu data pengiriman kurir JNE dewi sartika palu. Sampel yang digunakan 13 titik lokasi yang selanjutnya di selesaikan dengan menggunakan algoritma semut dimana algoritmanya mengadopsi cara kerja dengan semut untuk mendapatkan rute terpendek. Penggunaan algoritma semut pada kasus ini terbatas untuk satu siklus atau satu iterasi (NC=1) sehingga diperoleh rute terbaik siklus pertama yaitu JNE Gudang utama dewi sartika palu ( $V_1$ ), JNE jalan banteng No.8a biromaru palu selatan ( $V_2$ ), JNE basuki rahmat ( $V_7$ ), JNE jalan anoa No.107 pau selatan ( $V_{11}$ ), JNE diponegoro lere palu barat ( $V_8$ ), JNE emysaelan

No.20 palu selatan ( $V_5$ ), JNE sisingamangaraja palu ( $V_9$ ), JNE jalan kimaja palu barat ( $V_{10}$ ), JNE krajalemba No.7 sigi biromaru ( $V_{13}$ ), JNE jalan tombolotutu palu ( $V_3$ ), JNE samratulangi No.66 A palu ( $V_{12}$ ), JNE tondo kamus mantikulore ( $V_4$ ), JNE diponegoro lere palu barat ( $V_6$ ) dan kembali lagi ke JNE gudang utama dewi sartika palu ( $V_1$ ) dengan jarak 56.4 km.

**Kata kunci** : Teori Graf, Algoritma Semut, Traveling Salesman Problem

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

JNE adalah salah satu agen perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa pengiriman barang di Indonesia. Oleh karena itu dibutuhkan sistem pengantaran barang yang cepat, tepat dan dengan biaya yang seminimal mungkin agar barang yang telah sampai bisa secepatnya di antar. Dalam pengantaran barang pencarian rute sangat dibutuhkan untuk mempercepat terselesaikannya pekerjaan. JNE bergerak dibidang pengiriman sekaligus pengantaran barang yang mengutamakan kecepatan dan memastikan barang tersebut sampai tujuan. Namun kadangkala JNE mengalami kesulitan dalam pengantaran barang di karenakan selama ini pemilihan rute yang diterapkan perusahaan hanya berdasarkan asumsi pengemudi dan tidak berdasarkan metode tertentu.

Pencarian rute terpendek merupakan suatu masalah yang paling banyak dibahas dan dipelajari sejak tahun 1950. Pencarian rute terpendek ini telah diterapkan di berbagai bidang untuk mengoptimasi kinerja suatu sistem, baik untuk meminimalkan biaya atau mempercepat jalannya suatu proses (Purwanto,2005).

*Antco* diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut. Secara alamiah koloni semut mampu menentukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menentukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang dilalui. Semakin banyak semut yang melalui lintasan maka akan semakin jelas jejak kakinya. Hal ini akan menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama akan semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali, dan sebaliknya, lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak, semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan semut akan melalui lintasan tersebut. Mengingat prinsip algoritma yang didasarkan pada perilaku koloni semut dalam menemukan jarak perjalanan paling pendek tersebut, *Antco* sangat tepat digunakan untuk diterapkan dalam penyelesaian masalah optimasi, salah satunya adalah untuk menentukan jalur terpendek (Dorigo,1996).

## 1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana mengimplementasikan algoritma semut untuk menentukan jalur terpendek pendistribusian barang JNE.

## 1.3. Batasan Masalah

Dalam pendistribusian JNE dibatasi hanya dalam kota palu dan lampu merah diabaikan.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan sesuai prosedur dibawah ini :

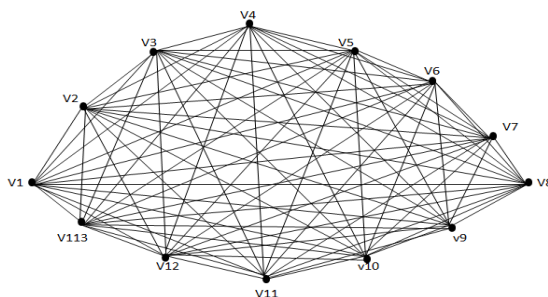
- a. Menentukan sampel titik lokasi pengiriman kemudian menggambarkan kedalam bentuk graf.
- b. Menentukan jarak masing-masing titik lokasi dengan menggunakan bantuan pencarian arah *Google Map*.
- c. Menentukan rute terpendek dengan menggunakan bantuan algoritma semut.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut beberapa lokasi tujuan pengiriman barang yang dijadikan sampel dalam penelitian ini yaitu :

$V_1$	= JNE Gudang utama dewi sartika palu
$V_2$	= JNE jalan banteng No.8a birobuli palu selatan
$V_3$	= JNE jalan tombolotutu palu
$V_4$	= JNE tondo kamus mantikulore
$V_5$	= JNE emysaelan No.20 palu selatan
$V_6$	= JNE diponegoro lere palu barat
$V_7$	= JNE basuki rahmat palu selatan
$V_8$	= JNE moh.hatta No.42 palu
$V_9$	= JNE sisingamangaraja palu
$V_{10}$	= JNE jalan kimaja palu barat
$V_{11}$	= JNE jalan anoa No.107 palu selatan
$V_{12}$	= JNE Samratulangi No.66 A palu selatan
$V_{13}$	= JNE krajalemba No.27 sigi biromaru

Langkah pertama dalam menyelesaikan kasus ini yakni dengan menggambarkan titik-titik lokasi tujuan menjadi titik-titik yang ada dalam graf kemudian bobot sisi dalam garaf merupakan jarak antara titik-titik lokasi tujuan.



Gambar 1 : Graf lengkap 13 titik

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pencarian dengan bantuan tool petunjuk arah *google maps* maka dapat disusun jarak tempuh (km) dari masing-masing titik pada Tabel 1.

Tabel 1 : Jarak tempuh masing-masing 13 titik.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13
V1	0	2.2	6.9	13	4.8	9.2	3.3	4.8	5.4	7.6	3.9	7.4	5.7
V2	2.2	0	6.1	13	2.9	6.9	2.3	5.1	5.4	5.7	2.9	5.8	3.8
V3	6.9	6.1	0	7.1	2.5	3.6	3.3	2.8	1.6	2.1	4.6	2.1	6.4
V4	13	13	7.1	0	10	10	10	8.4	6.6	8.2	9.5	7	10
V5	4.8	2.9	2.5	10	0	5.4	2.3	2.1	4.1	2.8	0.9	2.9	3.4
V6	9.2	6.9	3.6	10	5.4	0	3.3	3.7	6.2	4.3	6.4	4.8	9,1
V7	3.3	2.3	3.3	10	2.3	3.3	0	1.4	3.4	4.6	2.7	4.9	2.9
V8	4.8	5.1	1.1	8.4	2.1	3.7	1.4	0	1.7	2.1	2.7	2.1	2.9
V9	5.4	5.4	1.6	6.6	4.1	6.2	3.4	1.7	0	3.3	2.9	2.2	5.6
V10	7.6	5.7	2.1	6.6	2.8	4.3	4.6	2.1	3.3	0	2.7	1.9	2.5
V11	3.9	2.9	4.6	8.2	0.9	6.4	2.7	2.7	2.9	2.7	0	4	2.9
V12	7.4	5.8	2.1	7	2.9	4.8	4.9	2.1	2.2	1.9	4	0	6.5
V13	5.7	3.8	6.4	10	3.4	9.1	2.9	2.9	5.6	6.4	2.9	6.5	0

Selanjutnya yaitu menggunakan algoritma semut untuk mendapatkan jalur terpendek (optimal). Langkah pertama yang dilakukan yaitu inisialisasi harga parameter-parameter algoritma, parameter-parameter yang digunakan yaitu :

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 2-5$$

$$\rho = 0.5$$

Banyak semut (k) = 13

*Pheromon* awal yakni dengan menggunakan rumus  $\tau_{ij} = \tau_0 = \frac{k}{C_{greedy}}$  dimana perhitungan dengan menggunakan algoritma *greedy* yaitu :

- 1) Memilih titik awal yaitu  $V_1$
- 2)  $V_1$  memiliki jalur  $V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9, V_{10}, V_{11}, V_{12}, V_{13}$  masing-masing memiliki jarak (2.2), (6.9), (13), (4.8), (9.2), (3.3), (4.8), (5.4), (7.6), (3.9), 7.4), (5.7) ambil jarak yang terkecil  $V_2$ . Sehingga diperoleh jalur  $V_1 \rightarrow V_2$
- 3) Melakukan cara yang sama dengan langkah ke2 dimana dimulai dari titik yang terpilih yaitu  $V_2$ .  $V_2$  memiliki jalur di  $V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9, V_{10}, V_{11}, V_{12}, V_{13}$  masing-masing memiliki jarak (6.1), (13), (2.9), (6.9), (2.3), (5.1), (5.4), (5.7), (2.9), (5.8), (3.8) ambil jarak yang terkecil  $V_7$ . Sehingga diperoleh  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7$
- 4) Dimana dimulai dari titik yang terpilih yaitu  $V_7$ .  $V_7$  memiliki jalur  $V_3, V_4, V_5, V_6, V_8, V_9, V_{10}, V_{11}, V_{12}, V_{13}$  masing-masing memiliki jarak (3.3), (10), (2.3), (3.3), (1.4), (3.4), (4.6), (2.7), (4.9), (2.9) ambil jarak yang terkecil  $V_8$ . Sehingga diperoleh  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8$
- 5) Dimana dimulai dari titik yang terpilih yaitu  $V_8$ .  $V_8$  memiliki jalur  $V_3, V_4, V_5, V_6, V_9, V_{10}, V_{11}, V_{12}, V_{13}$  masing-masing memiliki jarak (1.1), (8.4), (2.1), (3.7), (1.7), (2.1), (2.7), (2.1), (2.9) ambil jarak yang terkecil  $V_3$ . Sehingga diperoleh  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_3$
- 6) Dimana dimulai dari titik yang terpilih yaitu  $V_3$ .  $V_3$  memiliki jalur  $V_4, V_5, V_6, V_9, V_{10}, V_{11}, V_{12}, V_{13}$  masing-masing memiliki jarak (7.1), (2.5), (3.6), (1.6), (2.1), (4.6), (2.1), (6.4) ambil jarak yang terkecil  $V_{10}$ . Sehingga diperoleh  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{10}$
- 7) Dimana dimulai dari titik yang terpilih yaitu  $V_{10}$ .  $V_{10}$  memiliki jalur  $V_4, V_5, V_6, V_9, V_{11}, V_{12}, V_{13}$  masing-masing memiliki jarak (6.6), (2.8), (4.3), (3.3), (2.7), (1.9), (2.5) ambil jarak yang terkecil  $V_{12}$ . Sehingga diperoleh  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{12}$
- 8) Dimana dimulai dari titik yang terpilih yaitu  $V_{12}$ .  $V_{12}$  memiliki jalur  $V_4, V_5, V_6, V_9, V_{11}, V_{13}$  masing-masing memiliki jarak (7.1), (2.9), (4.8), (2.2), (4), (6.5) ambil jarak yang terkecil  $V_9$ . Sehingga diperoleh  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_9$
- 9) Dimana dimulai dari titik yang terpilih yaitu  $V_9$ .  $V_9$  memiliki jalur  $V_4, V_5, V_6, V_{11}, V_{13}$  masing-masing memiliki jarak (6.6), (4.1), (6.2), (2.2), (3.5) ambil jarak yang terkecil  $V_{11}$ . Sehingga diperoleh  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_9 \rightarrow V_{11}$
- 10) Dimana dimulai dari titik yang terpilih yaitu  $V_{11}$ .  $V_{11}$  memiliki jalur  $V_4, V_5, V_6, V_{13}$  masing-masing memiliki jarak (8.2), (0.9), (6.4), (3.4) ambil jarak yang terkecil  $V_5$ . Sehingga diperoleh  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_9 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_5$
- 11) Dimana dimulai dari titik yang terpilih yaitu  $V_5$ .  $V_5$  memiliki jalur  $V_4, V_6, V_{13}$  masing-masing memiliki jarak (10), (5.4), (3.4) ambil jarak yang terkecil  $V_{13}$ . Sehingga diperoleh  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_9 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_5 \rightarrow V_{13}$
- 12) Dimana dimulai dari titik yang terpilih yaitu  $V_{13}$ .  $V_{13}$  memiliki jalur  $V_4, V_6$  masing-masing memiliki jarak (10), (9.1) ambil jarak yang terkecil  $V_6$ . Sehingga diperoleh  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_9 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_5 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_6$
- 13) Karena sudah tidak ada lagi maka titik yang terakhir yaitu  $V_4$  sehingga diperoleh jalur  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_9 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_5 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_6 \rightarrow V_4$ . Karena *Traveling Salesman Problem* berawal dari titik awal dan berakhir dititik awal juga maka diperoleh  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow$

$V_8 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_9 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_5 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_6 \rightarrow V_4 \rightarrow V_1$  sehingga diperoleh jarak minimal  $C_{greedy} = 2.2 + 2.3 + 1.4 + 1.1 + 2.1 + 1.9 + 2.2 + 2.9 + 0.9 + 3.4 + 9.1 + 10 + 13 = 52.5$ .

Selanjutnya dari algoritma *greedy* diatas sehingga didapatkan *pheromon* awal  $\tau_{ij} = \tau_0 = \frac{13}{52.5} = 0.247$ . Langkah ke2 yaitu mencari visibilitas antar titik dengan menggunakan rumus  $n_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ . Dimana  $d_{ij}$  merupakan jarak antara titik yang telah diketahui. Sehingga didapatkan :

$$n_{1,2} = \frac{1}{d_{1,2}} = \frac{1}{2.2} = 0.454$$

$$n_{1,3} = \frac{1}{d_{1,3}} = \frac{1}{6.9} = 0.144$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai visibilitas antara titik diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 : Visibilitas antara titik

$n_{ij}=1/d_{ij}$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$	$V_8$	$V_9$	$V_{10}$	$V_{11}$	$V_{12}$	$V_{13}$
$V_1$	0	0.454	0.144	0.076	0.208	0.108	0.303	0.208	0.185	0.131	0.256	0.135	0.175
$V_2$	0.454	0	0.163	0.076	0.344	0.144	0.434	0.196	0.185	0.175	0.344	0.172	0.263
$V_3$	0.144	0.163	0	0.140	0.4	0.277	0.303	0.357	0.243	0.476	0.217	0.476	0.156
$V_4$	0.076	0.076	0.140	0	0.1	0.1	0.1	0.119	0.161	0.122	0.105	0.142	0.1
$V_5$	0.208	0.344	0.4	0.1	0	0.185	0.434	0.476	0.243	0.357	1.11	0.344	0.294
$V_6$	0.108	0.144	0.277	0.1	0.185	0	0.303	0.270	0.161	0.232	0.156	0.208	0.109
$V_7$	0.303	0.434	0.303	0.1	0.434	0.303	0	0.714	0.294	0.217	0.37	0.204	0.344
$V_8$	0.208	0.196	0.909	0.119	0.476	0.270	0.714	0	0.588	0.476	0.37	0.476	0.344
$V_9$	0.185	0.185	0.625	0.151	0.243	0.161	0.294	0.588	0	0.303	0.344	0.454	0.178
$V_{10}$	0.131	0.175	0.476	0.151	0.357	0.232	0.217	0.476	0.303	0	0.37	0.526	0.4
$V_{11}$	0.256	0.344	0.217	0.122	1.11	0.156	0.37	0.37	0.344	0.37	0	0.250	0.344
$V_{12}$	0.135	0.172	0.476	0.142	0.344	0.208	0.204	0.476	0.454	0.526	0.25	0	0.4
$V_{13}$	0.175	0.263	0.156	0.1	0.294	0.109	0.344	0.344	0.178	0.156	0.344	0.153	0

Langkah selanjutnya yaitu menentukan rute kunjungan setiap semut kesetiap lokasi dimulai dari titik awal masing-masing dan menentukan probabilitas setiap kota untuk dikunjungi berdasarkan persamaan (1) sampai semua titik selesai dikunjungi. Setelah itu semut melakukan perjalanan secara acak dengan pertimbangan tidak pernah dilalui sebelumnya. Perjalanan semut berlangsung terus-menerus sampai semua titik telah dikunjungi dan membentuk suatu jalur. Berikut perhitungan probabilitas untuk siklus ke-1 ( $NC=1$ ).

Siklus ke-1 ( $NC=1$ )

**Semut ke-1 ( $k_1$ )**

Tabu list =  $V_1$

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in (N - tabu_k)} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}, & \text{untuk } j \in \{N - tabu_k\} \\ 0 & \text{, untuk } j \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta &= ((0.247)^1(0.45)^2 + (0.247)^1(0.144)^2 + (0.247)^1 + \\ & (0.076)^2 + (0.247)^1(0.208)^2 + (0.247)^1(0.108)^2 + (0.247)^1(0.303)^2 + (0.247)^1(0.208)^2 + (0.247)^1 + \\ & (0.185)^2 + (0.247)^1(0.131)^2 + (0.247)^1(0.256)^2 + (0.247)^1(0.135)^2 + (0.428)^1(0.43)^2) \\ &= 0.1458 \end{aligned}$$

$$\text{Titik } V_1 \quad P_{ij}^1 = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_2 \quad P_{ij}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.45]^2}{0.1458} \\ &= 0.350 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_3 \quad P_{ij}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.144]^2}{0.1458} \\ &= 0.035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_4 \quad P_{ij}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.07]^2}{0.1458} \\ &= 0.010 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_5 \quad P_{ij}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.208]^2}{0.1458} \\ &= 0.073 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_6 \quad P_{ij}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.108]^2}{0.1458} \\ &= 0.020 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_7 \quad P_{ij}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.303]^2}{0.1458} \\ &= 0.155 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_8 \quad P_{ij}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.208]^2}{0.1458} \\ &= 0.073 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_9 \quad P_{ij}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.185]^2}{0.1458} \\ &= 0.058 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_{10} \quad P_{ij}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.131]^2}{0.1458} \\ &= 0.029 \end{aligned}$$

$$\text{Titik } V_{11} \quad P_{ij}^1 = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N-tabu_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.256]^2}{0.1458} \\
&= 0.111 \\
\text{Titik } V_{12} \quad P_{ij}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\
&= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.135]^2}{0.1458} \\
&= 0.030 \\
\text{Titik } V_{13} \quad P_{ij}^1 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\
&= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.175]^2}{0.1458} \\
&= 0.052
\end{aligned}$$

Tabel 3 : Probabilitas semut ke-1 antar titik  $V_1$  ketitik lainnya

	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$	$V_8$	$V_9$	$V_{10}$	$V_{11}$	$V_{12}$	$V_{13}$
$V_1$	0	0.350	0.035	0.010	0.073	0.020	0.155	0.073	0.058	0.029	0.111	0.030	0.052
Prob	0	0.350	0.385	0.395	0.468	0.488	0.643	0.716	0.774	0.803	0.914	0.944	1

Bilangan random yang dibangkitkan antara 0-1 dengan menggunakan fungsi excel yaitu rand () maka terpilih 0.29 sehingga titik yang terpilih  $V_2$ . Sehingga tabu list menjadi  $V_1 \rightarrow V_2$ .

### Semut ke-2 (k2)

Tabu list =  $V_2$

$$P_{ij}^2 = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}, & \text{untuk } j \in \{N - \text{tabu}_k\} \\ 0, & \text{untuk } j \text{ lainnya} \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta &= ((0.247)^1(0.454)^2 + (0.247)^1(0.163)^2 + (0.247)^1(0.076)^2 + \\
&(0.247)^1(0.344)^2 + (0.247)^1(0.144)^2 + (0.247)^1(0.434)^2 + (0.247)^1(0.196)^2 + (0.247)^1(0.181)^2 + \\
&(0.247)^1(0.175)^2 + (0.247)^1(0.344)^2 + (0.428)^1(0.169)^2 + (0.428)^1(0.263)^2) \\
&= 0.2197
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Titik } V_1 \quad P_{ij}^2 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\
&= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.455]^2}{0.2197} \\
&= 0.232
\end{aligned}$$

$$\text{Titik } V_2 \quad P_{ij}^2 = 0$$

$$\begin{aligned}
\text{Titik } V_3 \quad P_{ij}^2 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\
&= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.163]^2}{0.2197} \\
&= 0.030
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Titik } V_4 \quad P_{ij}^2 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\
&= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.076]^2}{0.2197} \\
&= 0.006
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Titik } V_5 \quad P_{ij}^2 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.344]^2}{0.2197} \\ &= 0.133 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_6 \quad P_{ij}^2 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.144]^2}{0.2197} \\ &= 0.023 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_7 \quad P_{ij}^2 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.434]^2}{0.2197} \\ &= 0.212 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_8 \quad P_{ij}^2 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.196]^2}{0.2197} \\ &= 0.043 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_9 \quad P_{ij}^2 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.185]^2}{0.2197} \\ &= 0.038 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_{10} \quad P_{ij}^2 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.175]^2}{0.2197} \\ &= 0.034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_{11} \quad P_{ij}^2 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.344]^2}{0.2197} \\ &= 0.133 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_{12} \quad P_{ij}^2 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.172]^2}{0.2197} \\ &= 0.033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik } V_{13} \quad P_{ij}^2 &= \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \{N - \text{tabu}_k\}} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [n_{ij}]^\beta} \\ &= \frac{[0.247]^1 \cdot [0.263]^2}{0.2197} \\ &= 0.077 \end{aligned}$$

Tabel 4 : Probabilitas semut ke-2 antara titik  $V_2$  ketitik lainnya

	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$	$V_8$	$V_9$	$V_{10}$	$V_{11}$	$V_{12}$	$V_{13}$
$V_2$	0.232	0	0.030	0.006	0.133	0.023	0.212	0.043	0.038	0.034	0.133	0.033	0.077
Prob	0.232	0.232	0.262	0.268	0.401	0.424	0.636	0.679	0.717	0.751	0.884	0.917	1

Bilangan random yang dibangkitkan antara 0-1 dengan menggunakan fungsi excel yaitu rand () maka terpilih 0.82 sehingga titik yang terpilih  $V_{11}$  . Sehingga tabu list menjadi  $V_2 \rightarrow V_{12}$ .

Karena seluruh titik sudah dikunjungi untuk pembangunan solusi siklus pertama(NC=1) dan berdasarkan pengertian, *Travelling Salesman Problem* dimulai dari titik awal dan berakhir dititik awal pula maka diperoleh perjalanan semut untuk siklus pertama dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 : Rute perjalanan semut dan penambahan jumlah feromonnya

semut	Tabu List	Panjang (KM)	$\Delta_{ijk} = \frac{1}{L_k}$
K1	$V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_8 \rightarrow V_5 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{13} \rightarrow V_3 \rightarrow V_{12} \rightarrow V_4$ $\rightarrow V_6 \rightarrow V_1$	56.4	0.0177
K2	$V_2 \rightarrow V_{12} \rightarrow V_1 \rightarrow V_7 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_9 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_5 \rightarrow V_6 \rightarrow V_8 \rightarrow V_3$ $\rightarrow V_4 \rightarrow V_2$	64.5	0.0155
K3	$V_3 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_{10} \rightarrow V_5 \rightarrow V_8 \rightarrow V_9 \rightarrow V_7 \rightarrow V_{12} \rightarrow V_{13} \rightarrow V_6 \rightarrow V_1 \rightarrow V_4$ $\rightarrow V_2 \rightarrow V_3$	80.1	0.012
K4	$V_4 \rightarrow V_6 \rightarrow V_8 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_2 \rightarrow V_5 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_{11} \rightarrow V_9 \rightarrow V_1 \rightarrow V_3$ $\rightarrow V_7 \rightarrow V_4$	66.8	0.014
K5	$V_5 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_8 \rightarrow V_1 \rightarrow V_7 \rightarrow V_6 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_3 \rightarrow V_2 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_{12}$ $\rightarrow V_4 \rightarrow V_5$	62.3	0.016
K6	$V_6 \rightarrow V_5 \rightarrow V_3 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_9 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_1 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_4$ $\rightarrow V_2 \rightarrow V_6$	66.4	0.0150
K7	$V_7 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_2 \rightarrow V_8 \rightarrow V_3 \rightarrow V_6 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_9 \rightarrow V_5 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_1$ $\rightarrow V_4 \rightarrow V_7$	65	0.0153
K8	$V_8 \rightarrow V_3 \rightarrow V_5 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{11} \rightarrow V_9 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_7 \rightarrow V_6 \rightarrow V_1 \rightarrow V_{12} \rightarrow V_2$ $\rightarrow V_4 \rightarrow V_8$	67.6	0.0147
K9	$V_9 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{12} \rightarrow V_8 \rightarrow V_7 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_{10} \rightarrow V_5 \rightarrow V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_4 \rightarrow V_{13}$ $\rightarrow V_6 \rightarrow V_9$	70.3	0.0142
K10	$V_{10} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_5 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_3 \rightarrow V_8 \rightarrow V_6 \rightarrow V_2 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_9 \rightarrow V_1 \rightarrow V_7$ $\rightarrow V_4 \rightarrow V_{10}$	68.3	0.0146
K11	$V_{11} \rightarrow V_5 \rightarrow V_7 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{12} \rightarrow V_8 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_9 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_1 \rightarrow V_4$ $\rightarrow V_6 \rightarrow V_{11}$	71.2	0.0140
K12	$V_{12} \rightarrow V_9 \rightarrow V_8 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_5 \rightarrow V_7 \rightarrow V_6 \rightarrow V_1 \rightarrow V_{13}$ $\rightarrow V_2 \rightarrow V_{12}$	65.8	0.0151
K13	$V_{13} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_{11} \rightarrow V_2 \rightarrow V_4 \rightarrow V_1 \rightarrow V_8 \rightarrow V_7 \rightarrow V_5 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_9 \rightarrow V_3$ $\rightarrow V_6 \rightarrow V_{13}$	60.1	0.0166

Untuk siklus pertama (NC=1) diperoleh rute terbaik yaitu rute yang diperoleh oleh semut k1 dengan panjang rute sebesar 56.4 km dengan rute

$$V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_8 \rightarrow V_5 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{13} \rightarrow V_3 \rightarrow V_{12} \rightarrow V_4 \rightarrow V_6 \rightarrow V_1$$

Setelah informasi mengenai rute terbaik diperoleh. Pembaharuan feromon akan dilakukan dengan jumlah *pheromon* yang baru-baru ditambahkan sebesar  $\Delta_{ijk} = 0.0177$  dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\tau_{ij}(\text{baru}) = (1 - \rho)\tau_{ij} + \Delta_{ijk}$$

$$\tau_{1.2} = \tau_{2.1} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412$$

$$\tau_{2.7} = \tau_{7.2} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412$$

$$\tau_{7.11} = \tau_{11.7} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412$$

$$\tau_{11.8} = \tau_{8.11} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412$$

$$\tau_{8.5} = \tau_{5.8} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412$$

$$\tau_{5.9} = \tau_{9.5} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412$$

$$\begin{aligned}
\tau_{9.10} &= \tau_{10.9} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412 \\
\tau_{10.13} &= \tau_{13.10} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412 \\
\tau_{13.3} &= \tau_{3.13} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412 \\
\tau_{3.12} &= \tau_{12.3} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412 \\
\tau_{12.4} &= \tau_{4.12} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412 \\
\tau_{4.6} &= \tau_{6.4} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412 \\
\tau_{6.1} &= \tau_{1.6} = (1 - 0.5)(0.247) + 0.0177 = 0.1412
\end{aligned}$$

Karena siklus pertama sudah selesai dilakukan dan didapatkan pembaharuan feromon, langkah selanjutnya yaitu mencari rute yang lebih baik lagi pada siklus kedua jika terdapat rute yang lebih baik dibanding siklus pertama dalam hal ini memiliki panjang rute yang lebih kecil maka feromon akan diperbaharui kembali, namun ketika siklus kedua tidak lebih baik daripada siklus pertama maka yang diambil adalah rute yang ada pada siklus pertama. Begitupun dengan siklus ketiga, keempat dan seterusnya sampai mencapai NC max atau batas iterasi yang ditentukan. Pada pencarian dengan cara manual hanya terbatas pada siklus pertama atau iterasi pertama (NC=1) sehingga diperoleh rute terbaik sementara yaitu  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_4 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_7 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_5 \rightarrow V_8 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{12} \rightarrow V_{10} \rightarrow V_6 \rightarrow V_1$ . dengan jarak sebesar 56.4 km.

#### IV. KESIMPULAN

Kasus *Travelling salesman problem* khususnya mengimplementasikan algoritma semut pada optimasi rute kurir jasa pengiriman PT. JNE DEWI SARTIKA PALU untuk 13 titik lokasi dapat diselesaikan menggunakan algoritma semut dimana algoritmanya mengadopsi cara kerja dari semut untuk mendapatkan rute terpendek. Sehingga diperoleh rute terbaik sementara siklus pertama yaitu  $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_8 \rightarrow V_5 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_{13} \rightarrow V_3 \rightarrow V_{12} \rightarrow V_4 \rightarrow V_6 \rightarrow V_1$  dengan jarak 56.4 km.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dorigo, M. Dan Gambardella, L.M., *Ant Colony System: Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem* Universite Libre de Bruxelles Belgium, 1996.
- [2]. Dorigo, M., Maniezz, V., dan Coloni, A., *The System: Optimization by a colony of cooperating agents*. IEEE Transactions on system, Man, and Cybernetics- Part B, 26(1), 1996, pp.1-13.
- [3]. Ernawati, *Implementasi Algoritma Semut Untuk Optimasi Rute Terpendek (Studi Kasus: Pengiriman Barang pada JNE Alauddin)*, Universitas Islam Negeri Makassar, 2017, Makassar.
- [4]. Purwanto, Y., D. Purwitasari, dan A. W. Wibowo., Implementasi Dan Analisis Algoritma Pencarian Rute Terpendek Di Kota Surabaya, *Jurnal penelitian dan pengembangan TELEKOMUNIKASI*, Vol 10 No. 2, 2005, 94-101.