

# Usulan Perbaikan Rute Pengambilan Sampah Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings Dan Algoritma Ant Colony Optimization

ANTEN REGITA RANGKUTI, FIFI HERNI MUSTOFA  
Institut Teknologi Nasional Bandung  
antenrr@gmail.com

## ABSTRAK

Keterbatasan sarana prasarana mengakibatkan adanya keterlambatan dalam penanganan pengangkutan sampah, pemilihan rute yang tepat dapat membantu dalam menangani permasalahan yang ada. Penelitian ini dilakukan menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings sebagai penentuan awal rute kemudian memilih rute menggunakan Algoritma Nearest Neighbor dengan total jarak dan waktu tempuh yang lebih kecil sebagai usulan rute yang optimal. mencari rute terpendek menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization, yang diadopsi dari perilaku koloni semut. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu rute pengangkutan sampah, rute terpendek, jarak yang ditempuh, dan waktu operasi yang dibutuhkan dalam pengangkutan sampah.

**Kata kunci:** rute pengangkutan sampah, Clarke & Wright Savings, Nearest Neighbor, Ant Colony Optimization (ACO).

## ABSTRACT

The limitations of infrastructure have resulted in delays in handling waste transportation, choosing the right route can help in dealing with existing problems. This research was conducted using the Clarke & Wright Savings Algorithm as the initial determination of the route and then choosing a route using the Nearest Neighbor Algorithm with a smaller total distance and travel time as the optimal route proposal. find the shortest route using the Ant Colony Optimization Algorithm, which was adopted from the behavior of ant colonies. The results obtained in this study are the route of waste transportation, the shortest route, the distance traveled, and the operating time required in transporting waste.

**Keywords:** Waste Transportation Route, Clarke & Wright Savings, Nearest Neighbor, Ant Colony Optimization (ACO).

## **1. PENDAHULUAN**

Sampah menjadi salah satu permasalahan yang terjadi di setiap daerah di Indonesia, tidak hanya terjadi di kota-kota besar saja, tetapi juga di kota-kota kecil. Adapun Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menyatakan sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sedangkan, penghasil sampah adalah setiap orang dan/atau akibat proses alam yang menghasilkan timbulan sampah. Meningkatnya jumlah penduduk akan meningkatkan jumlah volume sampah di daerah tersebut. Ada beberapa hal lainnya seperti keterbatasan armada, kurangnya tenaga kerja dan alat berat, mengakibatkan keterlambatan dalam pengangkutan sampah. Permasalahan distribusi sampah melibatkan beberapa pertimbangan utama meliputi rute kendaraan, jenis kendaraan hingga minimasi ongkos distribusi, sehingga dapat memperluas wilayah pelayanan dari pengambilan sampah dengan kendaraan yang terbatas (Ballou dan Ronald, 1999).

Penyelesaian masalah menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings atau lebih dikenal dengan metode savings bertujuan untuk meminimasi total jarak yang ditempuh kendaraan dan untuk meminimasi ongkos perjalanan. Adapun Algoritma Nearest Neighbor merupakan metode heuristic yang digunakan untuk pemecahan VRP, dimana permasalahan tersebut dilakukan dengan memulai dari titik awal kemudian mencari titik terdekat. Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) termasuk Teknik pencarian multi agent untuk menyelesaikan permasalahan optimasi, dan merupakan metode heuristic. Metode ACO ini diadopsi dari perilaku koloni semut untuk mencari makanan, dengan output berupa rute terpendek.

Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan usulan penentuan rute terbaik dan mencari rute terpendek pengangkutan sampah. Batasan untuk penelitian ini yaitu penelitian hanya dilakukan bagian kota, jenis kendaraan yang digunakan yaitu kendaraan dump truck, TPA akhir yaitu TPA Dengung, dan jarak tempuh didapatkan menggunakan Google Maps. Volume pengangkutan sampah merupakan hasil rata-rata pengangkutan sampah disetiap TPSnya, dan pengangkutan sampah dilakukan sehari sekali.

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

### **2.1 Rumusan Masalah**

Keterbatasan sarana prasarana mengakibatkan adanya keterlambatan dalam penanganan pengangkutan sampah, pemilihan rute yang tepat dapat membantu dalam menangani permasalahan yang ada. Permasalahan yang ada yaitu belum adanya penentuan rute pengangkutan sampah yang menggunakan algoritma. Sehingga perlu adanya identifikasi masalah yang terjadi, dan pemecahan masalah menggunakan algoritma agar perusahaan mendapatkan solusi rute pengambilan sampah yang tepat.

### **2.2 Studi Literatur**

Studi literatur berisikan teori-teori yang mendukung dalam penelitian yang dilakukan untuk tugas akhir ini. Teori yang digunakan seperti pengertian sampah, pembuangan akhir, Vehicle Routing Problem (VRP), Algoritma Clarke & Wright Savings, Algoritma Nearest Neighbor, dan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO). Vehicle Routing Problem (VRP) diperkenalkan pertama kali oleh Dantziq dan Ramzer pada tahun 1959. VRP adalah merancang n set rute sejumlah kendaraan dengan biaya yang minimum dimana setiap kendaraan berawal dan berakhir di depot, setiap pelanggan hanya dikunjungi tepat sekali, serta total permintaan yang dibawa tidak melebihi kapasitas kendaraan (Toth and Vigo, 2002). Algoritma Clarke & Wright Savings diperkenalkan oleh Clarke dan Wright pada tahun 1964. Algoritma ini didasari oleh suatu konsep savings. Algoritma Clarke dan Wright digunakan untuk menyelesaikan

permasalahan penentuan rute secara luas karena bersifat sederhana dan efisien (Aleman, 2009). Tujuan dari algoritma ini yaitu untuk meminimumkan total jarak tempuh/perjalanan dari semua kendaraan dan secara tidak langsung meminimasi jumlah kendaraan yang diperlukan untuk melayani semua konsumen (Clarke G. & Wright J.W, 1964).

Algoritma Nearest Neighbor merupakan metode heuristic yang memiliki konsep yaitu mengunjungi lokasi terdekat dari lokasi-lokasi yang akan dikunjungi. Banyak penelitian yang menggunakan algoritma ini untuk menyelesaikan masalah penentuan rute distribusi, maupun digunakan untuk pemecahan permasalahan VRP. Algoritma ini digunakan untuk rute pengiriman barang dengan memperhatikan permintaan konsumen dan jumlah kendaraan angkut, yang akan berpengaruh terhadap biaya transportasi.

Ant Colony Optimization (ACO) yang lebih dikenal dengan algoritma semut ditemukan pada tahun 1991 oleh Moyson dan Manderick yang dikembangkan secara luas oleh Marco Dorigo. Ant Colony Optimization (ACO) diangkat dari perilaku koloni semut dan dikenal sebagai sistem semut (Dorigo, 1996). Semut mampu mencari jalur dengan menggunakan jejak berupa zat pheromone yang ditinggalkan pada jalur untuk berkomunikasi, semakin banyak zat pheromone yang ditinggalkan, maka semakin banyak semut-semut yang akan mengikuti jalur tersebut.

### **2.3 Penentuan Metodologi Penelitian**

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan metode untuk menentukan rute kendaraan, dimana rute tersebut diawali dari depot dan berakhir kembali ke depot agar seluruh permintaan konsumen dapat terpenuhi dan dapat meminimasi biaya seminimal mungkin. Tidak adanya pembentukan rute yang menggunakan algoritma, Dalam pemecahan masalah ini, metode yang akan digunakan yaitu Algoritma Clarke & Wright Savings dimana metode ini menentukan rute pendistribusian yang dilakukan dengan menghemat jarak tempuh terlebih dahulu dari setiap konsumen, kemudian dilakukan perbaikan rute dengan mengurutkan rute dengan jarak terdekat menggunakan Algoritma Nearest Neighbor. Metode lain yang digunakan yaitu Algoritma Ant Colony Optimization (ACO), dengan hasil akhir berupa rute terpendek.

### **2.4 Pengumpulan Data**

Data yang dibutuhkan untuk melakukan pengolahan data yaitu data TPS, data volume pengangkutan sampah, kapasitas kendaraan, waktu loading dan unloading, jam kerja operasional.

## **2.5 Pengolahan Data**

### **2.5.1 Algoritma Clarke & Wright Savings**

Langkah-langkah mengerjakan Metode Algoritma Clarke & Wright Savings dapat dilihat berikut ini.

#### **Langkah 1**

Memasukan data-data yang dibutuhkan yaitu data konsumen, jumlah kendaraan (unit), matriks jarak (km), matriks waktu (menit), total waktu operasional (menit), waktu loading dan unloading (menit), dan kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam).

#### **Langkah 2**

Menghitung penghematan jarak untuk setiap konsumen.

#### **Langkah 3**

Menentukan titik awal sebagai awal melakukan pengangkutan sebagai depot.

#### **Langkah 4**

Menentukan rute ke-1.

#### **Langkah 5**

Melakukan loading sampah dengan mengisi kapasitas kendaraan. Pengisian tersebut dilakukan sampai kendaraan mencapai batas kapasitas kendaraan.

#### **Langkah 6**

Melakukan pemilihan pasangan, cara memilih pasangan tersebut berdasarkan nilai penghematan jarak terbesar. Berdasarkan hasil perhitungan savings matrix untuk nilai penghematan jarak terbesar.

#### **Langkah 7**

Melakukan pengecekan jumlah volume pengangkutan sampah. Jika jumlah volume pengangkutan sampah  $\leq$  kapasitas angkut kendaraan maka Langkah 8, dan jika jumlah volume pengangkutan sampah  $>$  kapasitas angkut kendaraan maka buat tur baru dengan total waktu dan jumlah volume pengangkutan sampah menjadi = 0, Kembali ke Langkah 5.

#### **Langkah 8**

Menghitung waktu loading, waktu unloading, dan waktu tempuh, kemudian lanjut ke Langkah 9.

#### **Langkah 9**

Menghitung total waktu dari proses penjumlahan waktu loading, waktu unloading, dan waktu tempuh yang sudah didapatkan, kemudian lanjut ke Langkah 10.

#### **Langkah 10**

Melakukan pengecekan total waktu, jika total waktu  $\leq$  kapasitas waktu (total waktu  $<$  510 menit) maka lanjut ke Langkah 11 dan jika total waktu  $>$  510 menit maka buat tur baru dengan total waktu dan jumlah permintaan menjadi 0, kembali ke Langkah 5.

#### **Langkah 11**

Pilih pasangan rute yang terpilih ke dalam tur, lanjutkan ke Langkah 12.

#### **Langkah 12**

Melakukan pengecekan ulang apakah semua konsumen telah dilayani, jika sudah maka rute telah terbentuk dan selesai. Namun jika ada konsumen yang belum dilayani maka pilih konsumen selanjutnya berdasarkan pasangan terakhir yang terpilih dengan nilai savings terbesar, kemudian kembali pada Langkah 6. Langkah-langkah tersebut dilakukan berulang-ulang sampai semua konsumen dilayani.

### 2.5.2 Algoritma Nearest Neighbor

Langkah-langkah pengerjaan Algoritma Nearest Neighbor dapat dilihat berikut ini:

#### Langkah 1

Menjadikan depot sebagai titik awal, kemudian dilanjutkan ke langkah 2.

#### Langkah 2

Memilih konsumen yang memiliki jarak terdekat dengan depot atau jarak terdekat konsumen dengan konsumen sebelumnya.

#### Langkah 3

Menghitung total volume pengangkutan sampah dan total waktu penyelesaian pada konsumen terpilih. Total waktu yang dibutuhkan  $\leq$  kapasitas waktu maka dilanjutkan ke langkah 4.

#### Langkah 4

Memasukkan pelanggan terpilih ke dalam rute.

#### Langkah 5

Melakukan pengecekan apakah semua konsumen telah dilayani, apabila belum maka kembali ke langkah 2. Langkah-langkah tersebut dilakukan berulang-ulang sampai semua tur yang didapatkan dari Algoritma Clarke & Wright Savings sudah dilakukan perhitungan.

### 2.5.3 Algoritma Ant Colony Optimization (ACO)

Langkah-langkah untuk mengerjakan Algoritma Ant Colony Optimization dapat dilihat berikut ini:

#### Langkah 1

Menentukan nilai parameter  $Q$ ,  $\tau_{ij}$  awal,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\rho$ , dan  $NC_{max}$ .

#### Langkah 2

Menghitung visibilitas antar simpul ( $\eta_{ij}$ ). Nilai ( $\eta_{ij}$ ) diperoleh dari persamaan berikut ini:

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

Perhitungan perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar tempat ( $\Delta\tau_{ij}$ ). Pada jalur yang dilewati akan adanya penguapan dan perubahan harga intensitas jejak semut antar simpul mungkin terjadi. Perubahan harga intensitas jejak dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (2)$$

#### Langkah 3

Menghitung nilai jejak semut antar simpul untuk siklus selanjutnya. Nilai intensitas jejak semut awal ( $\tau_{ij}$ ) yang ditetapkan dengan inisiasi yang dilakukan. Perhitungan nilai jejak semut antar simpul untuk siklus selanjutnya dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij}(awal) + \Delta\tau_{ij} \quad (3)$$

#### Langkah 4

Perhitungan nilai probabilitas ( $p_{ij}^k$ ), bertujuan untuk menentukan konsumen yang akan menjadi tujuan perjalanan semut. Nilai probabilitas tertinggi akan menjadi TPS tujuan selanjutnya. Nilai probabilitas dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{t=1}^n [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \quad (4)$$

## Langkah 5

Menghitung total volume pengangkutan sampah dan total waktu penyelesaian pada TPS terpilih. Total waktu yang dibutuhkan  $\leq$  kapasitas waktu maka dilanjutkan ke langkah 3.

## 2.6 Analisis

Analisis yang dilakukan dari hasil pengolahan data adalah menganalisis solusi hasil perhitungan rute terbaik menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings, Algoritma Nearest Neighbor dan Ant Colony Optimization (ACO).

## 2.7 Kesimpulan dan Saran

Hasil akhir berupa kesimpulan dan saran untuk perusahaan.

# 3 HASIL PENELITIAN

## 3.1 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan yaitu jarak antar TPS, data volume pengangkutan sampah, data waktu pelayanan, waktu loading dan unloading, kecepatan rata-rata kendaraan, dan kapasitas kendaraan angkut.

## 3.2 Pengolahan Data

### 3.2.1 Penentuan Rute Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings

Algoritma Clarke & Wright Savings merupakan metode untuk pembentukan awal rute, dengan memilih pasangan savings matrix terbesar dengan kapasitas pengangkutan yang tidak melebihi kapasitas kendaraan angkut. Rekapitulasi rute pengangkutan sampah dengan menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Rekapitulasi Hasil Penentuan Rute Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings

Rute	Urutan TPS yang Dilayani	Volume Terangkut (ton)	Jarak Tempuh (km)	Waktu yang Dibutuhkan (menit)
1	Depot - TPS 27 - TPA - Depot	5	50.4	280.8
2	Depot - TPS 28 - TPA - Depot	5	46.3	272.6
3	Depot - TPS 22 - TPA - Depot	5	37.5	255
4	Depot - TPS 22 - TPA - Depot	5	37.5	255
5	Depot - TPS 29 - TPA - Depot	5	75.7	331.4
6	Depot - TPS 17 - TPS 21 - TPA - Depot	4	37.8	225.6
7	Depot - TPS 5 - TPA - Depot	5	31.7	243.4
8	Depot - TPS 8 - TPA - Depot	5	32.3	244.6
9	Depot - TPS 9 - TPA - Depot	5	32.7	245.4
10	Depot - TPS 12 - TPA - Depot	5	40.1	260.2
11	Depot - TPS 23 - TPS 24 - TPA - Depot	4	39.4	228.8
12	Depot - TPS 26 - TPA - Depot	5	52.9	285.8
13	Depot - TPS 25 - TPA - Depot	5	33.1	246.2
14	Depot - TPS 11 - TPA - Depot	5	32.8	245.6
15	Depot - TPS 11 - TPA - Depot	5	32.8	245.6
16	Depot - TPS 19 - TPA - Depot	5	31	242
17	Depot - TPS 20 - TPS 4 - TPA - Depot	3	38.5	197
18	Depot - TPS 10 - TPA - Depot	5	31.7	243.4
19	Depot - TPS 14 - TPS 15 - TPA - Depot	4	35.30	215.80
20	Depot - TPS 13 - TPS 6 - TPS 7 - TPA - Depot	5	34.7	249.4
21	Depot - TPS 2 - TPS 1 - TPA - Depot	3	25.93	249.4
22	Depot - TPS 16 - TPA - Depot	5	34.6	249.2
23	Depot - TPS 18 - TPA - Depot	5	30.6	229.5
24	Depot - TPS 3 - TPA - Depot	5	31.4	242.8
	<b>Total</b>	<b>113</b>	<b>906.73</b>	<b>5984.5</b>

### 3.2.3 Perbaikan Rute Menggunakan Algoritma Nearest Neighbor

Algoritma Nearest Neighbor merupakan salah satu algoritma yang membantu mengoptimalkan penggunaan metode savings matrix, dimana rute tersebut diurutkan berdasarkan jarak terdekat dari titik awal. Tujuan dari penggunaan algoritma ini yaitu untuk meminimalkan total jarak yang ditempuh untuk pengangkutan sampah. Rekapitulasi rute pengangkutan sampah dengan menggunakan Algoritma Nearest Neighbor dapat dilihat pada Tabel 2.

Usulan Perbaikan Rute Pengambilan Sampah Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings Dan Algoritma Ant Colony Optimization

Tabel 2 Rekapitulasi Hasil Penentuan Rute Menggunakan Algoritma Nearest Neighbor

Rute	Urutan TPS yang Dilayani	Jarak Tempuh (km)	Waktu yang Dibutuhkan (menit)
1	Depot - TPS 1 - TPS 2 - TPA - Depot	30.83	181.66
2	Depot - TPS 6 - TPS 7 - TPS 13 - TPA - Depot	30.55	241.1
3	Depot - TPS 14 - TPS 15 - TPA - Depot	63.45	456.9
4	Depot - TPS 5 - TPA - Depot	31.7	243.40
5	Depot - TPS 3 - TPA - Depot	31.4	242.80
6	Depot - TPS 10 - TPA - Depot	31.7	243.40
7	Depot - TPS 8 - TPA - Depot	32.3	244.60
8	Depot - TPS 4 - TPS 20 - TPA - Depot	34.4	188.8
9	Depot - TPS 9 - TPA - Depot	32.7	245.40
10	Depot - TPS 11 - TPA - Depot	32.8	245.60
11	Depot - TPS 11 - TPA - Depot	32.8	245.60
12	Depot - TPS 19 - TPA - Depot	31	242
13	Depot - TPS 25 - TPA - Depot	33.1	246.2
14	Depot - TPS 17 - TPS 21 - TPA - Depot	37.8	225.6
15	Depot - TPS 24 - TPS 23 - TPA - Depot	39	78
16	Depot - TPS 22 - TPA - Depot	37.5	255
17	Depot - TPS 22 - TPA - Depot	37.5	255
18	Depot - TPS 18 - TPA - Depot	30.6	229.5
19	Depot - TPS 16 - TPA - Depot	34.6	249.2
20	Depot - TPS 26 - TPA - Depot	52.9	285.8
21	Depot - TPS 28 - TPA - Depot	46.3	272.6
22	Depot - TPS 12 - TPA - Depot	40.1	260.2
23	Depot - TPS 27 - TPA - Depot	50.4	280.8
24	Depot - TPS 29 - TPA - Depot	75.7	331.4
<b>Total</b>		<b>931.13</b>	<b>5990.56</b>

**3.2.4 Penentuan Rute Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO)**

Algoritma ACO memiliki output rute terpendek dari perhitungan rute yang didapatkan sebelumnya menggunakan Algoritma Nearest Neighbor. Rekapitulasi hasil rute dan total jarak yang didapatkan menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Hasil Penentuan Rute Menggunakan Metode Algoritma Ant Colony Optimization (ACO)

Rute	Urutan TPS yang Dilayani	Volume Terangkut (ton)	Jarak Tempuh (km)	Waktu yang Dibutuhkan (menit)
1	Depot - TPS 1 - TPS 6 - TPS 7 - TPA - Depot	4	46.68	210.76
2	Depot - TPS 14 - TPS 17 - TPA - Depot	4	45	212.4
3	Depot - TPS 13 - TPS 2 - TPA - Depot	4	35.4	220.8
4	Depot - TPS 15 - TPS 20 - TPS 4 - TPA - Depot	5	48.6	253.8
5	Depot - TPS 29 - TPA - Depot	5	75.7	331.4
6	Depot - TPS 16 - TPA - Depot	5	34.6	249.2
7	Depot - TPS 12 - TPA - Depot	5	40.1	260.2
8	Depot - TPS 26 - TPA - Depot	5	52.9	285.8
9	Depot - TPS 21 - TPS 24 - TPA - Depot	4	36.2	502.8
10	Depot - TPS 3 - TPA - Depot	5	31.4	242.8
11	Depot - TPS 18 - TPA - Depot	5	30.6	229.5
12	Depot - TPS 5 - TPA - Depot	5	31.7	243.4
13	Depot - TPS 8 - TPA - Depot	5	32.3	244.6
14	Depot - TPS 9 - TPA - Depot	5	32.7	245.4
15	Depot - TPS 10 - TPA - Depot	5	31.7	243.4
16	Depot - TPS 11 - TPA - Depot	5	32.8	245.6
17	Depot - TPS 11 - TPA - Depot	5	32.8	245.6
18	Depot - TPS 19 - TPA - Depot	5	31	242
19	Depot - TPS 22 - TPA - Depot	5	37.5	255
20	Depot - TPS 22 - TPA - Depot	5	37.5	255
21	Depot - TPS 23 - TPA - Depot	2	39.3	168.6
22	Depot - TPS 25 - TPA - Depot	5	33.1	246.2
23	Depot - TPS 27 - TPA - Depot	5	50.4	280.8
24	Depot - TPS 28 - TPA - Depot	5	46.3	272.6
<b>Total</b>		<b>113</b>	<b>946.28</b>	<b>6187.66</b>

## 4 ANALISIS

### 4.1 Analisis Pembentukan Rute Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings

Perbandingan total jarak dan waktu untuk kedua hasil metode pembentukan rute menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings dan Algoritma Nearest Neighbor yang telah didapatkan dari hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4 Rekapitulasi Pembentukan Rute Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings

Rute	Urutan TPS yang Dilayani	Volume Terangkut (ton)	Jarak Tempuh (km)	Waktu yang Dibutuhkan (menit)
1	Depot - TPS 27 - TPA - Depot	5	50.4	280.8
2	Depot - TPS 28 - TPA - Depot	5	46.3	272.6
3	Depot - TPS 22 - TPA - Depot	5	37.5	255
4	Depot - TPS 22 - TPA - Depot	5	37.5	255
5	Depot - TPS 29 - TPA - Depot	5	75.7	331.4
6	Depot - TPS 17 - TPS 21 - TPA - Depot	4	37.8	225.6
7	Depot - TPS 5 - TPA - Depot	5	31.7	243.4
8	Depot - TPS 8 - TPA - Depot	5	32.3	244.6
9	Depot - TPS 9 - TPA - Depot	5	32.7	245.4
10	Depot - TPS 12 - TPA - Depot	5	40.1	260.2
11	Depot - TPS 23 - TPS 24 - TPA - Depot	4	39.4	228.8
12	Depot - TPS 26 - TPA - Depot	5	52.9	285.8
13	Depot - TPS 25 - TPA - Depot	5	33.1	246.2
14	Depot - TPS 11 - TPA - Depot	5	32.8	245.6
15	Depot - TPS 11 - TPA - Depot	5	32.8	245.6
16	Depot - TPS 19 - TPA - Depot	5	31	242
17	Depot - TPS 20 - TPS 4 - TPA - Depot	3	38.5	197
18	Depot - TPS 10 - TPA - Depot	5	31.7	243.4
19	Depot - TPS 14 - TPS 15 - TPA - Depot	4	35.30	215.80
20	Depot - TPS 13 - TPS 6 - TPS 7 - TPA - Depot	5	34.7	249.4
21	Depot - TPS 2 - TPS 1 - TPA - Depot	3	25.93	249.4
22	Depot - TPS 16 - TPA - Depot	5	34.6	249.2
23	Depot - TPS 18 - TPA - Depot	5	30.6	229.5
24	Depot - TPS 3 - TPA - Depot	5	31.4	242.8
<b>Total</b>		<b>113</b>	<b>906.73</b>	<b>5984.5</b>

Hasil yang didapatkan berdasarkan perhitungan menghasilkan 24 rute, dengan total jarak tempuh adalah 906.73 km dan total waktu penyelesaian sebesar 5.984,5 menit. Kendaraan yang dimiliki oleh perusahaan untuk melakukan pengangkutan sampah sedikit, jika dilihat dari hasil yang didapatkan dari perhitungan terbentuk 24 rute pengambilan sampah maka satu kendaraan bisa melakukan pengangkutan sampah lebih dari 1 rute agar bisa memanfaatkan kendaraan angkutan yang dimiliki oleh perusahaan.

### 4.2 Analisis Perbaikan Rute Menggunakan Algoritma Nearest Neighbor

Perbandingan total jarak antara Algoritma Nearest Neighbor dan Algoritma Ant Colony Optimization dari hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Usulan Perbaikan Rute Pengambilan Sampah Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings Dan Algoritma Ant Colony Optimization

Tabel 5 Rekapitulasi Penentuan Rute Menggunakan Algoritma Nearest Neighbor

Route	Urutan TPS yang Dilayani	Jarak Tempuh (km)	Waktu yang Dibutuhkan (menit)
1	Depot - TPS 1 - TPS 2 - TPA - Depot	30.83	181.66
2	Depot - TPS 6 - TPS 7 - TPS 13 - TPA - Depot	30.55	241.1
3	Depot - TPS 14 - TPS 15 - TPA - Depot	63.45	215.8
4	Depot - TPS 5 - TPA - Depot	31.7	243.40
5	Depot - TPS 3 - TPA - Depot	31.4	242.80
6	Depot - TPS 10 - TPA - Depot	31.7	243.40
7	Depot - TPS 8 - TPA - Depot	32.3	244.60
8	Depot - TPS 4 - TPS 20 - TPA - Depot	34.4	188.8
9	Depot - TPS 9 - TPA - Depot	32.7	245.40
10	Depot - TPS 11 - TPA - Depot	32.8	245.60
11	Depot - TPS 11 - TPA - Depot	32.8	245.60
12	Depot - TPS 19 - TPA - Depot	31	242
13	Depot - TPS 25 - TPA - Depot	33.1	246.2
14	Depot - TPS 17 - TPS 21 - TPA - Depot	37.8	225.6
15	Depot - TPS 24 - TPS 23 - TPA - Depot	39	78
16	Depot - TPS 22 - TPA - Depot	37.5	255
17	Depot - TPS 22 - TPA - Depot	37.5	255
18	Depot - TPS 18 - TPA - Depot	30.6	229.5
19	Depot - TPS 16 - TPA - Depot	34.6	249.2
20	Depot - TPS 26 - TPA - Depot	52.9	285.8
21	Depot - TPS 28 - TPA - Depot	46.3	272.6
22	Depot - TPS 12 - TPA - Depot	40.1	260.2
23	Depot - TPS 27 - TPA - Depot	50.4	280.8
24	Depot - TPS 29 - TPA - Depot	75.7	331.4
<b>Total</b>		<b>931.13</b>	<b>5749.46</b>

Hasil yang didapatkan dari perbaikan rute menggunakan algoritma ini yaitu total jarak tempuh dan total waktu penyelesaian yang didapatkan lebih kecil dibandingkan dengan Algoritma Clarke & Wright Savings. Hasil yang didapatkan untuk total jarak tempuh sebesar 931.13 km, sedangkan untuk total waktu penyelesaian semua tur sebesar 5.749,46 menit. Penggunaan algoritma ini mampu memperpendek waktu yang ditempuh oleh kendaraan dengan perbedaan waktu sebesar 235.04 menit, hal ini dikarenakan algoritma ini mengurutkan konsumen berdasarkan jarak terdekat, sehingga hasil yang didapatkan lebih baik dibandingkan dengan hasil pembentukan rute menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings.

### 4.3 Analisis Bentuk Rute Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO)

Hasil perhitungan menggunakan algoritma ACO dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6 Usulan Rute Pengambilan Sampah yang Terbentuk

Route	Urutan TPS yang Dilayani	Volume Terangkut (ton)	Jarak Tempuh (km)	Waktu yang Dibutuhkan (menit)
1	Depot - TPS 1 - TPS 6 - TPS 7 - TPA - Depot	4	46.68	210.76
2	Depot - TPS 14 - TPS 17 - TPA - Depot	4	45	212.4
3	Depot - TPS 13 - TPS 2 - TPA - Depot	4	35.4	220.8
4	Depot - TPS 15 - TPS 20 - TPS 4 - TPA - Depot	5	48.6	253.8
5	Depot - TPS 29 - TPA - Depot	5	75.7	331.4
6	Depot - TPS 16 - TPA - Depot	5	34.6	249.2
7	Depot - TPS 12 - TPA - Depot	5	40.1	260.2
8	Depot - TPS 26 - TPA - Depot	5	52.9	285.8
9	Depot - TPS 21 - TPS 24 - TPA - Depot	4	36.2	502.8
10	Depot - TPS 3 - TPA - Depot	5	31.4	242.8
11	Depot - TPS 18 - TPA - Depot	5	30.6	229.5
12	Depot - TPS 5 - TPA - Depot	5	31.7	243.4
13	Depot - TPS 8 - TPA - Depot	5	32.3	244.6
14	Depot - TPS 9 - TPA - Depot	5	32.7	245.4
15	Depot - TPS 10 - TPA - Depot	5	31.7	243.4
16	Depot - TPS 11 - TPA - Depot	5	32.8	245.6
17	Depot - TPS 11 - TPA - Depot	5	32.8	245.6
18	Depot - TPS 19 - TPA - Depot	5	31	242
19	Depot - TPS 22 - TPA - Depot	5	37.5	255
20	Depot - TPS 22 - TPA - Depot	5	37.5	255
21	Depot - TPS 23 - TPA - Depot	2	39.3	168.6
22	Depot - TPS 25 - TPA - Depot	5	33.1	246.2
23	Depot - TPS 27 - TPA - Depot	5	50.4	280.8
24	Depot - TPS 28 - TPA - Depot	5	46.3	272.6
<b>Total</b>		<b>113</b>	<b>946.28</b>	<b>6187.66</b>

Hasil yang didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan algoritma ini yaitu total jarak tempuh yang dilalui oleh kendaraan sebesar 946.28 km. Hasil total jarak tersebut didapatkan dengan melihat nilai probabilitas untuk setiap rutenya, tetapi tetap memperhatikan volume pengangkutan sampah. Penggunaan algoritma ini dapat memberikan hasil rute terpendek, dimana rute terpendek ada pada rute ke – 11 dengan total jarak tempuh sebesar 30.6 km. Hasil pembentukan rute yang didapatkan menggunakan algoritma ACO berbeda dengan hasil yang didapatkan sebelumnya dengan menggunakan kedua metode sebelumnya, perbedaan tersebut tidak hanya dari total jarak tempuh tetapi juga perbedaan hasil total waktu yang

dibutuhkan untuk menyelesaikan semua rute, dimana hasil total waktu tersebut sebesar 6.187,66 menit.

#### **4.4 Analisis Hasil Pembentukan Rute Berdasarkan Algoritma Yang Digunakan**

Penentuan rute ini hasil perhitungan menggunakan algoritma ACO total jarak tempuh dan total waktu yang dibutuhkan lebih besar dibandingkan dengan Algoritma Clarke & Wright dan Algoritma Nearest Neighbor, hal ini dikarenakan oleh parameter yang digunakan, seperti  $\alpha$  (pengendalian intensitas jejak semut), atau  $\beta$  (pengendalian visibilitas) yang memungkinkan mempengaruhi nilai probabilitas dalam penentuan rute. Hasil pembentukan rute yang paling baik merupakan pembentukan rute dengan menggunakan Algoritma Clarke & Wright dengan dilakukan perbaikan menggunakan Algoritma Nearest Neighbor.

### **5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Tur yang terbentuk menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings dan dengan dilakukan perbaikan menggunakan Algoritma Nearest Neighbor. Hasil perhitungan yaitu total jarak tempuh sebesar 931.13 km, sedangkan untuk total waktu penyelesaian semua tur sebesar 5.749,46 menit, dengan total 24 rute yang terbentuk. Rute terpendek yang didapatkan dengan menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) yaitu tur ke-11 dengan total jarak tempuh 30.6 km.

Saran yang diajukan yaitu perusahaan dapat menggabungkan rute karena waktu yang tersedia masih banyak, hasil yang didapatkan dari penelitian ini tidak menggambarkan dari kondisi yang sebenarnya. Jika perusahaan menggabungkan rute dari TPA kemudian menuju TPS selanjutnya jika waktu masih tersedia, hal tersebut dapat meminimasi jumlah kendaraan yang diperlukan dalam proses pengangkutan sampah tersebut.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ballou dan Ronald, H., 1999, *Business Logistics Management*, Prentice Hall, Upper Saddle River N.J.
- Clarke, G dan Wright, J.W. 1964. Scheduling of Vehicle from a Central Depot to a Number of Delivery Points . *Operations Research* 12, pp 568-581
- Marco Dorigo and Alberto Coloni, "The Ant Sytem: Optimization by A Colony of Cooperating Agents", *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics-Part B*, Vol. 26, No. 1, pp. 1-13,1996.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The vehicle routing problem*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Aleman, R. E. (2009). *A Guided Neighborhood Search Applied to the Split Delivery Vehicle Routing Problem*. Browse all Theses and Dissertations Paper 266.