

## PERANCANGAN RUTE DISTRIBUSI BUAH DAN SAYUR DI PT. PT. BIMANDIRI AGRO SEDAYA MENGGUNAKAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION

Anggi Widya Purnama<sup>1</sup>, Muhammad Lukman Nurhakim<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Manajemen Transportasi, Sekolah Tinggi Manajemen Logistik  
Indonesia, Jl. Sariasih No. 54 Sarijadi, Bandung 40151, Indonesia  
E-mail: anggiwidyapurnama@yahoo.com

### ABSTRAK

Ketepatan waktu dan jumlah, serta efisiensi pendistribusian suatu perusahaan tidak mungkin tercapai tanpa adanya perencanaan distribusi, salah satunya adalah penentuan rute kendaraan yang digunakan untuk proses pendistribusian. PT. Bimandiri Agro Sedaya merupakan perusahaan yang mendistribusikan berbagai macam jenis buah dan sayuran yang terletak di kawasan Lembang, Kabupaten Bandung Barat yang setiap harinya melakukan distribusi buah dan sayuran ke beberapa tempat di wilayah Bandung, Cirebon, Jabotabek, Karawang hingga beberapa kota di Provinsi Jawa Tengah. Selama ini pertimbangan perusahaan dalam menentukan rute untuk wilayah Bandung Raya hanya berdasarkan keterbatasan kapasitas, lokasi dan pengalaman sopir. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mencoba mengkaji apakah sistem pendistribusian/ pengiriman yang diterapkan PT. Bimandiri Agro Sedaya sudah optimal, hal ini dilihat dari variabel jarak tempuh dan biaya pendistribusian/ pengiriman, yang dilakukan dengan cara membandingkan metode pendistribusian/ pengiriman eksisting dengan usulan menggunakan *ant colony optimization*. Dari hasil perbandingan, didapatkan bahwa sistem pendistribusian/ pengiriman usulan lebih baik dari sistem pendistribusian/ pengiriman eksisting, karena dapat menghemat jarak tempuh kendaraan sebesar 181,7 Km atau sebesar 20% dan biaya sebesar Rp 470.807 atau 11% setiap minggunya. Dari hasil tersebut, terbukti bahwa sistem pengiriman eksisting kurang optimal jika dibandingkan dengan sistem pengiriman usulan dengan metode *ant colony optimization*.

**Kata kunci:** Rute Distribusi, Biaya Transportasi, *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows*, *Ant Colony Optimization*

### ABSTRACT

*Punctuality and number accuracy, as well as the distribution efficiency of a company cannot be achieved without distribution planning, one of which is determining the vehicle routes used for the distribution process. PT. Bimandiri Agro Sedaya is a company that distributes various types of fruits and vegetables located in the area of Lembang, West Bandung Regency, which daily distributes fruits and vegetables to several places in the areas of Bandung, Cirebon, Jabotabek, Karawang to several cities in Central Java Province. So far, the company's consideration in determining routes for the Greater Bandung area is only based on limited capacity, location and driver experience. Based on these problems, this study tries to examine whether the distribution/ delivery system implemented by PT. Bimandiri Agro Sedaya is already optimal, this can be seen from the mileage and distribution/ delivery costs, which are done by comparing existing distribution/ delivery methods with proposals using ant colony optimization. From the comparison results, it was found that the proposed distribution/ delivery system is better than the existing distribution/ delivery system, because it can save vehicle mileage of 181.7 Km or by 20% and costs of Rp 470,807 or 11% per week. From these results, it is evident that the existing delivery system is less optimal when compared to the proposed delivery system using the ant colony optimization method.*

**Keywords:** *Distribution Routes, Transportation Costs, Capacitated Vehicle Routing Problems with Time Windows, Ant Colony Optimization*

## 1. PENDAHULUAN

Seperti diketahui bahwa di era globalisasi saat ini, tingkat persaingan antarperusahaan sangat ketat, hal itu dapat dilihat dari semakin banyaknya *supplier*. Oleh karena itu agar dapat mempertahankan posisinya dan meningkatkan keuntungan perusahaan, setiap perusahaan harus dapat memenuhi keinginan dan kepuasan para konsumen (*customer oriented*), dimana kualitas yang beorientasi pada konsumen tercakup dalam 3 (tiga) hal (Zeithaml, Bitner, and Greimier, 2006), yaitu: Harga, Mutu Produk dan Mutu Pelayanan (kecepatan, kemudahan, dan sebagainya).

Setiap perusahaan dituntut untuk dapat melakukan pelayanan yang seoptimal mungkin dalam pemenuhan kebutuhan konsumen. Suatu perusahaan akan kehilangan kepercayaan konsumen, ketika pada suatu saat seseorang membutuhkan barang, tetapi barang tersebut tidak terdapat di toko/ grosir/ market/ outlet, atau bagaimana bisa mendapatkan barang yang diinginkan, tetapi dalam jumlah yang tidak mencukupi, atau mendapatkan barang dengan kualitas yang berbeda. Salah satu aspek yang harus diperhatikan agar dapat menghindari/ meminimalisir kejadian tersebut, yaitu aspek logistik. Karena tujuan utama dari logistik adalah menyampaikan barang jadi dan bermacam-macam material dalam jumlah yang tepat pada waktu yang dibutuhkan, dalam keadaan yang dapat dipakai, ke lokasi dimana ia dibutuhkan, dan dengan total biaya yang terendah (Bowersox, 1978). Dalam sistem logistik, transportasi merupakan salah satu aktifitas yang mempengaruhi kepuasan pelanggan dan biaya. Pada banyak perusahaan, transportasi menghasilkan biaya tertinggi dalam sistem logistik, yaitu sepertiga sampai dua-per-tiga dari total biaya logistik (Ballou, 2004). Untuk itu, meningkatkan efisiensi melalui maksimalisasi pemanfaatan kendaraan dan personil serta sistem operasi menjadi perhatian utama.

Masalah umum yang sering dihadapi perusahaan dalam melakukan pendistribusian produk di antaranya jumlah permintaan yang berbeda untuk setiap titik, utilitas kendaraan, permintaan yang naik turun, dan batasan waktu pengiriman. Permasalahan tersebut dialami oleh perusahaan yang bergerak di bidang agrobisnis yaitu PT. Bimandiri Agro Sedaya. Perusahaan ini merupakan perusahaan yang memproduksi berbagai macam jenis sayuran yang terletak di kawasan Lembang, Kabupaten Bandung Barat yang setiap harinya melakukan distribusi sayuran ke beberapa tempat di wilayah Bandung, Cirebon, Jabotabek, Karawang hingga beberapa kota di Provinsi Jawa Tengah.

Pada wilayah Bandung Raya Konsumen dari perusahaan ini adalah *supermarket* yang beberapa di antaranya yakni Carrefour, Transmart, Lottemart, Hero dan Giant. Untuk memberikan kepuasan terhadap pelanggan, perusahaan harus mampu menyampaikan produknya tepat waktu dan jumlah. Selain ketepatan waktu dan jumlah, yang menjadi fokus perusahaan adalah efisiensi biaya distribusi. Ketepatan waktu dan jumlah serta efisiensi pendistribusian tidak mungkin tercapai tanpa adanya dengan perencanaan distribusi, salah satunya adalah penentuan rute kendaraan yang digunakan untuk proses pendistribusian. Selama ini pertimbangan perusahaan dalam menentukan rute untuk wilayah Bandung Raya hanya berdasarkan keterbatasan kapasitas, lokasi dan pengalaman sopir.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan yang muncul tersebut, maka kajian dalam penelitian ini adalah apakah sistem pendistribusian yang diterapkan PT. Bimandiri Agro Sedaya sudah optimal, hal ini dilihat dari variabel jarak/ waktu tempuh terpendek dan biaya terkecil dari serangkaian alternatif urutan rute kunjungan kepada seluruh pelanggannya di wilayah Bandung Raya. Permasalahan mengenai penentuan rute dilihat dari variabel jarak/ waktu tempuh terpendek, jumlah penggunaan kendaraan dan biaya

transporting (antaran) terkecil termasuk dalam permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP).

Maka dalam upaya menyelesaikan permasalahan pada PT. Bimandiri Agro Sedaya untuk mendapatkan jarak/ waktu tempuh dan biaya pendistribusian/ pengiriman yang optimal dari serangkaian alternatif urutan rute kunjungan kepada seluruh pelanggan di wilayah Bandung Raya, yang akan dilakukan dalam dua tahapan. Tahapan pertama adalah melakukan inisialisasi penentuan rute dengan pendekatan *nearest neighbor heuristic*, dan tahapan kedua adalah melakukan optimasi dengan *metaheuristic ant colony optimization*. Secara umum penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menerapkan rute pada proses pendistribusian/ pengiriman di PT. Bimandiri Agro Sedaya menggunakan pemodelan *capacitated vehicle routing problem with time windows* dengan metode *nearest neighbor* dan *ant colony optimization*.
2. Menghitung total biaya transportasi dari rute yang terbentuk pada proses pendistribusian/ pengiriman di PT. Bimandiri Agro Sedaya.

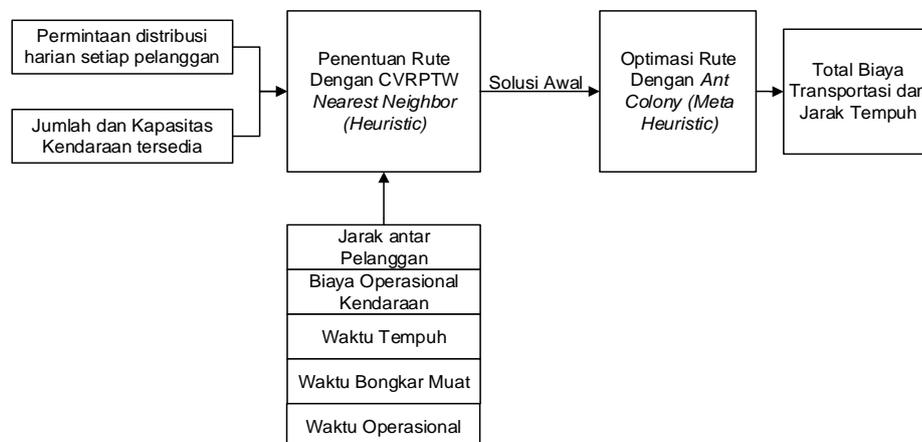
Ruang lingkup pembahasan penelitian ini berkisar pada permasalahan sistem pendistribusian/ pengiriman di PT. Bimandiri Agro Sedaya, yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada sistem pendistribusian/ pengiriman di PT. Bimandiri kepada pelanggannya di wilayah Bandung Raya.
2. Kendaraan yang digunakan berjumlah dua unit mobil truk engkel box berpendingin dengan kapasitas masing-masing 2 ton atau 60 krat.
3. Pemodelan menggunakan *capacitated vehicle routing problem with time windows* dengan metode *nearest neighbor* dan *ant colony optimization*.
4. Jarak antara Depot dan Pelanggan berdasarkan data *google map*.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Kerangka Konseptual

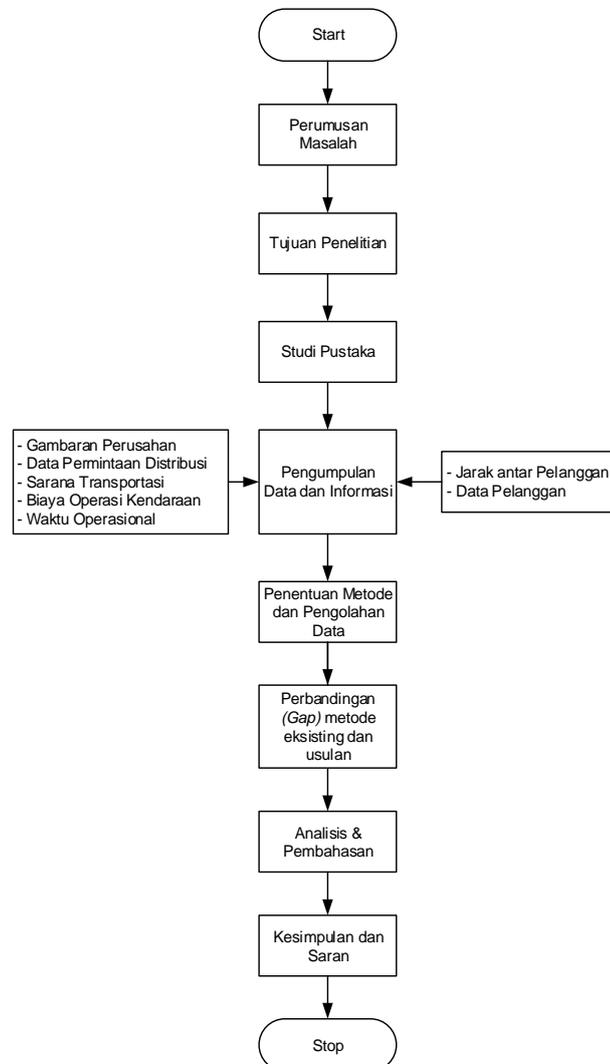
Kerangka konseptual penelitian adalah suatu hubungan atau kaitan antara konsep satu terhadap konsep yang lainnya dari masalah yang ingin diteliti. Permasalahan sistem pendistribusian/ pengiriman yang diterapkan di PT. Bimandiri Agro Sedaya memerlukan model yang mampu mengoptimalkan sistem pendistribusian/ pengiriman, agar dapat menjaga efektifitas dan meningkatkan efisiensi. Kerangka konseptual dalam penelitian ini dapat dilihat dalam **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Kerangka Konseptual

## 2.2. Sistematika Pemecahan Masalah

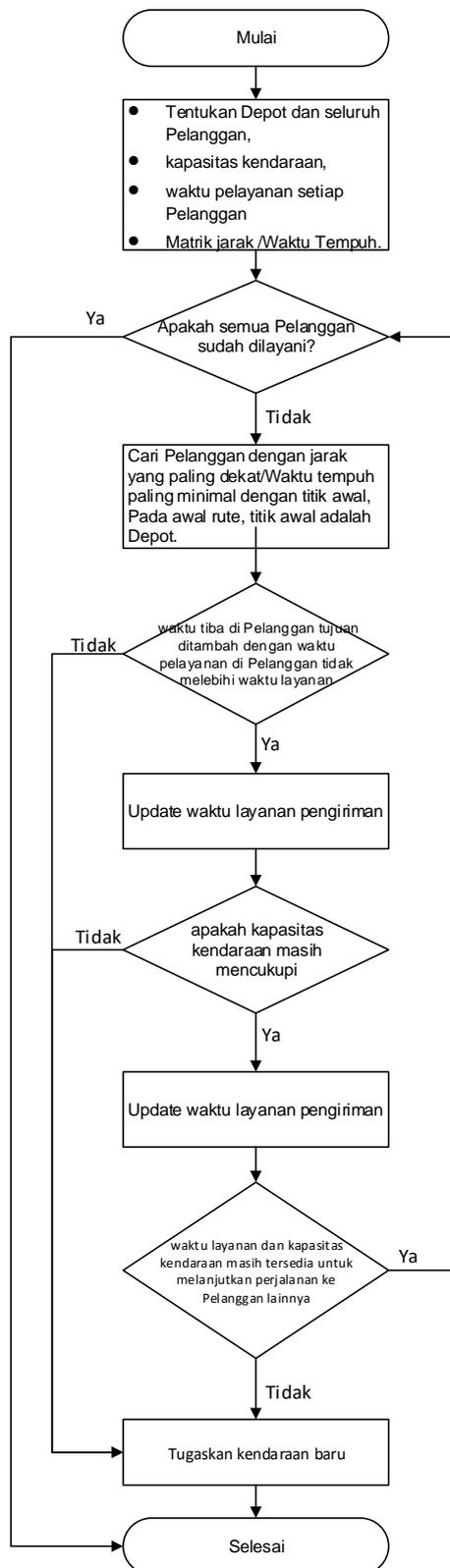
Usulan sistematika pemecahan masalah dalam penelitian ini, seperti yang terlihat dalam Gambar 2.



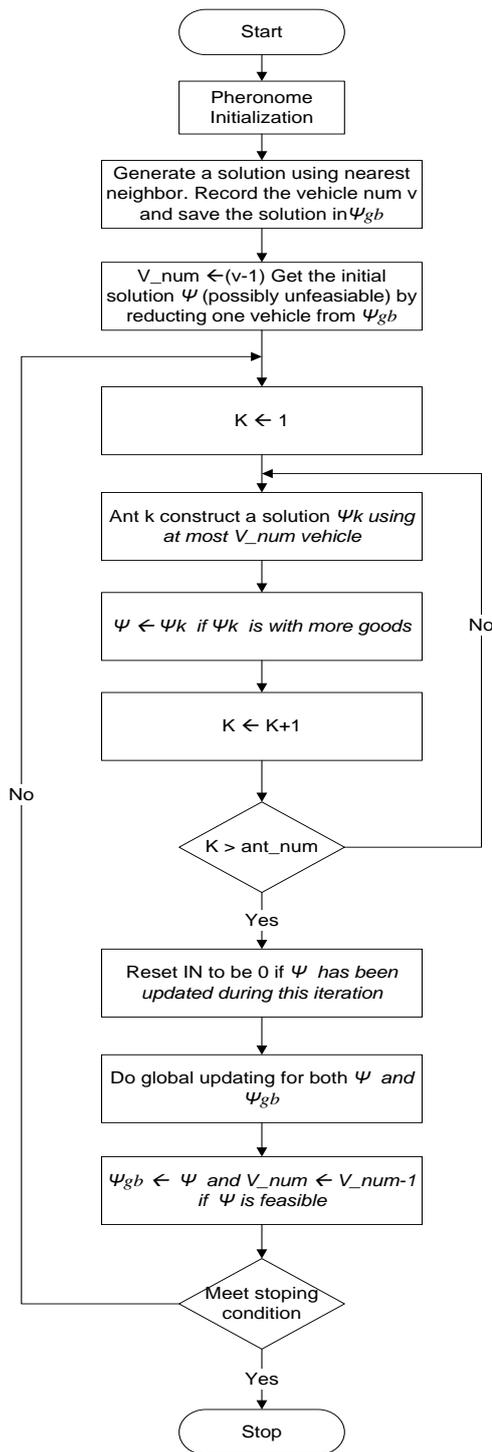
Gambar 2. Sistematika Pemecahan Masalah

Dari permasalahan yang terjadi, untuk dapat memecahkan masalah yang terjadi digunakan pendekatan *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows*, dimana CVRPTW adalah suatu pemecahan masalah dengan tujuan mengoptimalkan rute yang ada tanpa mengabaikan batasan kapasitas kendaraan dan rentang waktu pelayanan. Rute optimal adalah rute yang memberi total jarak tempuh, total biaya perjalanan, atau waktu tempuh total yang minimum.

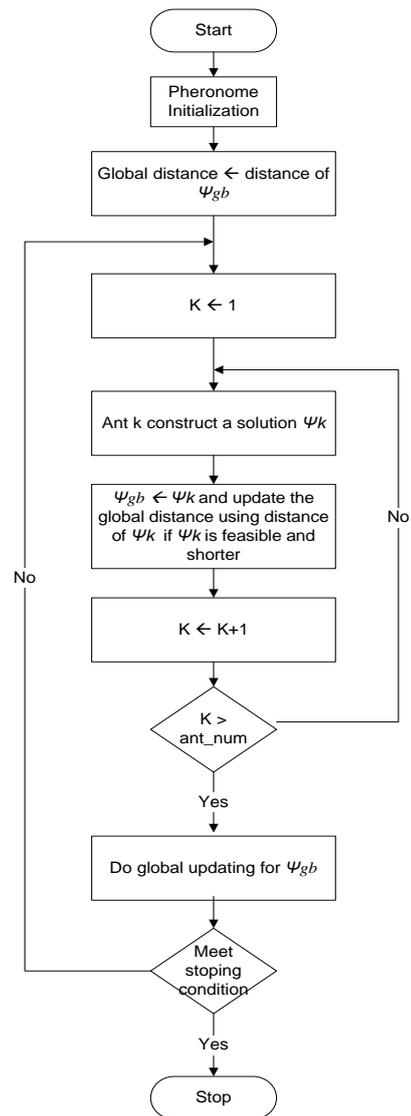
Setelah didapatkan data pendistribusian/ pengiriman dan jarak antara pelanggan yang dituangkan ke dalam Matrik Asal Tujuan/ OD (*Origin-Destination*), dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode *Nearest Neighbor Heuristic* untuk inialisasi rute awal dan *Meta Heuristic Ant Colony Optimization*, agar solusi yang diperoleh dapat mendekati solusi optimum.



Gambar 3. Flow Chart Algoritma Nearest Neighbor Heuristic

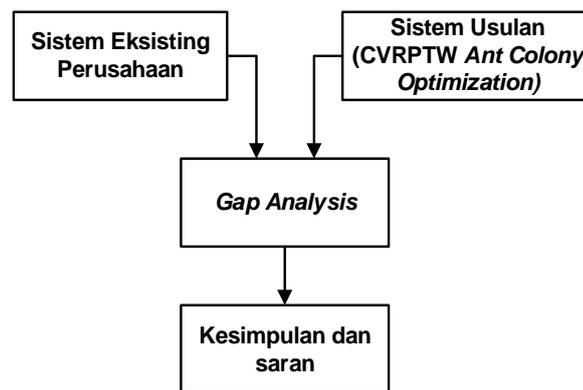


Gambar 4. Flow Chart ACS\_Vehicle



Gambar 5. Flow Chart ACS Time

Di dalam analisis dan pembahasan ini yang menjadi pokok garapan atau esensi permasalahannya adalah melakukan analisis terhadap sistem pendistribusian/ pengiriman untuk buah dan sayuran yang berlaku saat ini di PT. Bimandiri Agro Sedaya dan dibandingkan dengan hasil dari pengolahan yang dilakukan penulis (*gap analysis*), dengan menggunakan dua kriteria penilaian, yaitu: total jarak tempuh dan total biaya.



Gambar 6. Gap Analysis

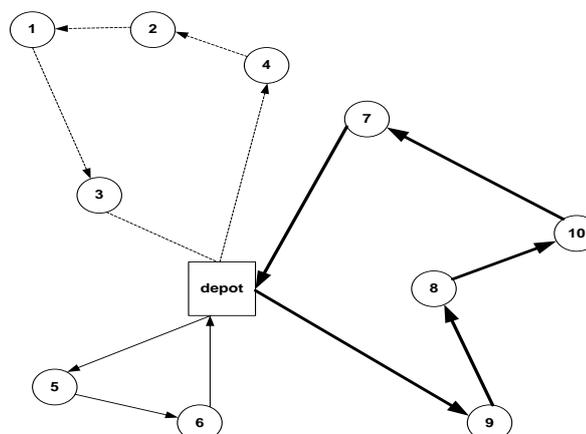
## 2.3. LANDASAN TEORI

### 2.3.1. Vehicle Routing Problem

*Vehicle Routing Problem (VRP)* diperkenalkan pertama kali oleh Dantzig dan Ramzer pada tahun 1959 yang memegang peranan penting dalam pengaturan distribusi dan menjadi salah satu masalah yang dipelajari secara luas. VRP merupakan permasalahan distribusi yang mencari serangkaian rute untuk sejumlah kendaraan dengan kapasitas tertentu dari satu atau lebih depot untuk melayani konsumen. Pendekatan solusi untuk TSP dan VRP. Ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Ganesh et al. 2007a):

1. Pemodelan matematika
2. Heuristik
3. Meta-heuristik
4. Pendekatan interaktif
5. Pendekatan Hybrid

VRP adalah salah satu contoh masalah transportasi yang meliputi aktivitas pemindahan barang/ orang kepada pelanggan dengan menggunakan kendaraan dan memiliki tujuan untuk memenuhi beberapa tujuan distribusi. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menentukan jumlah kendaraan yang digunakan dan rute yang harus ditempuh untuk masing-masing kendaraan dalam memenuhi permintaan pelanggan.



(Sumber: Ganesh et al. 2007a)

Gambar 7. Contoh VRP dengan 1 depot, 10 pelanggan dan 3 kendaraan

Formulasi model matematik untuk VRP dasar dapat dinyatakan sebagai berikut:

Minimasi:

$$\sum_i \sum_j \sum_k d_{ij} x_{ijk} \quad (1)$$

Dengan pembatas:

$$\sum_i \sum_k x_{ijk} = 1, \text{ untuk semua } j \quad (2)$$

$$\sum_i x_{ipk} - \sum_j x_{jpik} = 0, \text{ untuk semua } p, k \quad (3)$$

$$\sum_i q_i \left( \sum_j x_{ijk} \right) \leq Q_k, \text{ untuk semua } k \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ojk} \leq 1, \text{ untuk semua } k \quad (5)$$

$$y_i - y_j + n \sum_{k=1}^{NV} X_{ijk} \leq n - 1, i \neq j, i \neq 0, j \neq 0 \quad (6)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\}, \text{ untuk semua } i, j \text{ dan } k \quad (7)$$

### 2.3.2. Nearest Neighbor Heuristic

Permasalahan penentuan rute kendaraan atau VRP dapat dipecahkan dengan menggunakan metode *Nearest Neighbor*. Algoritma *Nearest Neighbor* merupakan satu pemecahan masalah secara heuristik. Metode ini merupakan metode yang sederhana dalam memecahkan masalah rute dan merupakan solusi awal. *Nearest Neighbor* adalah sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. Algoritma *Nearest Neighbor* merupakan suatu algoritma untuk menemukan suatu titik terdekat dengan titik sebelumnya pada ruang metrik. Pencarian *Nearest Neighbor* dikenal dengan juga dengan pencarian jarak, pencarian titik terdekat.

Algoritma *Nearest Neighbor* merupakan suatu algoritma yang paling alami dalam menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem*. Pada algoritma ini, kendaraan bergerak menuju ke tempat-tempat terdekat yang belum dikunjungi dengan permintaan dari tempat tersebut tidak melebihi kapasitas kendaraan angkut, tetapi apabila melebihi maka pengiriman dilakukan lebih dari satu kali namun setelah itu kendaraan menuju depot untuk *loading* lalu menuju ke tempat terdekat selanjutnya.

Langkah-langkah secara umum dalam menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan Algoritma *Nearest Neighbor* adalah sebagai berikut:

Langkah 1:

Pilih satu titik awal sebagai titik awal (0) yang dipilih berdasarkan aturan yang telah ditentukan sebelumnya, lanjut ke langkah 2.

Langkah 2:

Tentukan titik terdekat (i) dari titik awal, lalu hubungkan dua titik tersebut, lanjut ke langkah 3.

Langkah 3:

Set pelanggan terakhir (i-1) sebagai titik awal, lanjut ke langkah 2 hingga semua pelanggan telah berada pada lintasan.

Jika semua pelanggan telah berada pada lintasan, maka lanjut ke langkah 4.

Langkah 4:

Hentikan proses teknik pemecahan masalah algoritma *Nearest Neighbor*.

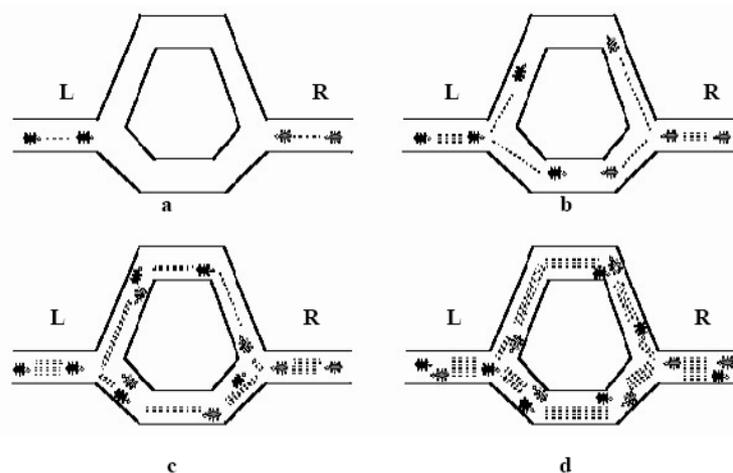
### 2.3.3. Ant Colony Optimization

*Ant Colony Optimization (ACO)* diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut (Dorigo, et.al, 1996). Semut mampu mengindera lingkungannya yang kompleks untuk mencari makanan dan kemudian kembali ke sarangnya dengan meninggalkan zat Pheromone pada rute-rute yang mereka lalui.

Pheromone adalah zat kimia yang berasal dari kelenjar endokrin dan digunakan oleh makhluk hidup untuk mengenali sesama jenis, individu lain, kelompok, dan untuk membantu proses reproduksi. Berbeda dengan hormon, Pheromone menyebar ke luar tubuh dan hanya dapat mempengaruhi dan dikenali oleh individu lain yang sejenis (satu spesies).

Proses peninggalan Pheromone ini dikenal sebagai *stigmergy*, yaitu sebuah proses memodifikasi lingkungan yang tidak hanya bertujuan untuk mengingat jalan pulang ke sarang, tetapi juga memungkinkan para semut berkomunikasi dengan koloninya. Seiring waktu, bagaimanapun juga jejak Pheromone akan menguap dan akan mengurangi kekuatan daya tariknya. Lebih cepat setiap semut pulang pergi melalui rute tersebut, maka Pheromone yang menguap lebih sedikit. Begitu pula sebaliknya jika semut lebih lama pulang pergi melalui rute tersebut, maka Pheromone yang menguap lebih banyak.

Secara jelasnya cara kerja semut menemukan rute terpendek dalam ACO adalah sebagai berikut: secara alamiah semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui. Semakin banyak semut yang melalui suatu lintasan, maka akan semakin jelas bekas 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. Sebaliknya lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak, semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan semua semut akan melalui lintasan tersebut (Dorigo, M., Maniezzo, V., dan Colormi, A., 1991a).



Gambar 8. Perjalanan Semut dari Sarang ke Sumber Makanan

Gambar 8 (a) di atas menunjukkan ada dua kelompok semut yang akan melakukan perjalanan. Satu kelompok bernama L yaitu kelompok yang berangkat dari arah kiri yang merupakan sarang semut dan kelompok lain yang bernama kelompok R yang berangkat dari kanan yang merupakan sumber makanan. Kedua kelompok semut dari titik awal keberangkatan sedang dalam posisi pengambilan keputusan jalan sebelah mana yang akan diambil. Kelompok semut L membagi dua kelompok lagi. Sebagian melalui jalan atas dan sebagian melalui jalan bawah. Hal ini juga berlaku pada kelompok semut R. Gambar 8 (b) dan Gambar 8 (c) menunjukkan bahwa kelompok semut berjalan pada kecepatan yang sama dengan meninggalkan Pheromone (jejak kaki semut) di jalan yang telah dilalui. Pheromone yang ditinggalkan oleh semut-semut yang melalui jalan atas telah mengalami banyak penguapan karena semut yang melalui jalan atas berjumlah lebih sedikit dari pada jalan yang di bawah. Hal ini dikarenakan jarak yang ditempuh lebih panjang daripada jalan bawah. Sedangkan Pheromone yang berada di jalan bawah, penguapannya cenderung lebih lama. Karena semut yang melalui jalan bawah lebih banyak daripada semut yang melalui jalan atas. Gambar 8 (d) menunjukkan bahwa semut-semut yang lain pada akhirnya memutuskan untuk melewati jalan bawah karena Pheromone yang ditinggalkan masih banyak. Sedangkan Pheromone pada jalan atas sudah banyak menguap sehingga semut-semut tidak memilih jalan atas tersebut. Semakin banyak semut yang melalui jalan bawah maka semakin banyak semut yang mengikutinya. Demikian juga dengan jalan atas, semakin sedikit semut yang melalui jalan atas, maka Pheromone yang ditinggalkan semakin berkurang bahkan hilang. Dari sinilah kemudian terpilihlah rute terpendek antara sarang dan sumber makanan.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1. Gambaran Umum**

PT. Bimandiri Agro Sedaya dalam melakukan pendistribusian buah dan sayur di wilayah Bandung Raya setiap hari dengan waktu dari pukul 06.00 s/d 09.30. Berikut ini merupakan data pelanggan wilayah Bandung Raya beserta kode tiap lokasi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Data Pelanggan

<b>Kode</b>	<b>Nama</b>	<b>Alamat</b>
1	Miko Mall (Hypermart)	Jalan Raya Kopo no. 599
2	Paris Van Java (Carrefour)	Jalan Sukajadi No. 131
3	Carrefour Kiaracondong	Jalan Soekarno Hatta No. 256
4	Transmart Cimahi	Jalan Jend. Amir Machmud No. 729
5	Transmart Cipadung	Jalan A.H. Nasution No. 73
6	Transmart Buahbatu	Jalan Raya Bojongsoang No. 269
7	Trans Studio Mall (Transmart)	Jalan Gatot Subroto No. 289
8	BEC Mall (Lottmart)	Jalan Purnawarman No. 7
9	Festival Citylink (Lottmart)	Jalan Peta No. 241
10	BIP (Hypermart)	Jalan Merdeka No.56
11	MIM (Hypermart)	Jalan Soekarno Hatta No. 590

*(Sumber: PT. Bimandiri Argo Sedaya)*

Data jenis, kapasitas, kecepatan kendaraan dan rata-rata waktu bongkar di setiap pelanggan serta waktu muat di perusahaan, didapatkan melalui pengamatan langsung di lapangan serta wawancara dengan karyawan terkait. Berikut adalah data hasil yang didapat:

**Tabel 2.** Jenis dan Kapasitas Kendaraan

Jenis Kendaraan	Jumlah	Kapasitas Kendaraan	Kecepatan Kendaraan	Waktu Bongkar	Waktu Muat
Truck Engkel Box	2 Kendaraan	60 Krat/Kendaraan	40 Km/Jam	9 Menit	30 Menit

(Sumber: PT. Bimandiri Argo Sedaya)

### 3.2. Matrik Jarak dan Waktu Tempuh

Matrik jarak merupakan matrik yang menunjukkan hubungan jarak antara Perusahaan (Depot) dan Pelanggan. Perhitungan jarak dilakukan dengan memilih jarak tempuh terpendek. Perhitungan jarak ini menggunakan aplikasi *google map* dengan satuan jarak yang digunakan adalah Kilometer (Km). Data matrik jarak asal tujuan seperti **Tabel 3**. Matrik waktu tempuh merupakan matrik yang menunjukkan waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk berpindah dari satu titik ke titik lainnya. Data waktu tempuh didapatkan dari rumus waktu tempuh yaitu hubungan jarak dan kecepatan, dengan kecepatan rata-rata kendaraan adalah 40 Km/Jam. Rumus waktu tempuh dituliskan sebagai berikut:

$$Waktu\ Tempuh = \frac{Jarak\ (Km)}{Kecepatan\ Rata-rata} \quad (8)$$

Matrik waktu tempuh asal tujuan seperti pada **Tabel 4**.

**Tabel 3.** Matrik Jarak (Km)

Dari/Ke Depot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Depot	0	29.3	13.2	24.1	19.6	27.4	25	20.6	15.7	20.9	15.9	26.1
1	22.6	0	8.9	8.2	13.7	17.8	9.7	8.8	8.5	4.4	8.6	10.8
2	12.8	12.1	0	12.6	12.5	16.1	15.8	9.2	4.4	8.8	4.5	15.4
3	21.9	7.6	11.3	0	17.3	9.9	3.1	4.8	8.5	6.9	7	3
4	18.9	13.2	9.6	17.4	0	23.5	18.6	15.1	12	10.4	12.1	20.1
5	25.3	17.6	15.2	10.1	23.6	0	13.2	14.6	14.4	20	13	8.2
6	23.1	9.1	14.6	3.1	18.9	13.2	0	6.9	10.1	8.4	8.6	6.3
7	21.5	10.5	10.9	2.7	19.5	11.8	6	0	10.3	9.8	7.8	5.6
8	15.9	8.2	3.7	7.4	12.9	13.8	9.2	4.7	0	5.8	1	10
9	20.2	4.2	5.8	8.2	10.3	17.9	9.1	6.6	5.7	0	5.9	10.4
10	17	7.8	4.8	7	14.3	13.1	8.8	4.3	2	5.7	0	9.7
11	24.1	10.1	13.5	2.5	19.5	12.1	5.5	6.7	12.7	9.9	9.3	0

**Tabel 4.** Matrik Waktu Tempuh (Jam)

Dari/Ke Depot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Depot	0.00	0.73	0.33	0.60	0.49	0.69	0.63	0.52	0.39	0.52	0.40	0.65
1	0.57	0.00	0.22	0.21	0.34	0.45	0.24	0.22	0.21	0.11	0.22	0.27
2	0.32	0.30	0.00	0.32	0.31	0.40	0.40	0.23	0.11	0.22	0.11	0.39
3	0.55	0.19	0.28	0.00	0.43	0.25	0.08	0.12	0.21	0.17	0.18	0.08

Dari/Ke Depot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
4	0.47	0.33	0.24	0.44	0.00	0.59	0.47	0.38	0.30	0.26	0.30	0.50
5	0.63	0.44	0.38	0.25	0.59	0.00	0.33	0.37	0.36	0.50	0.33	0.21
6	0.58	0.23	0.37	0.08	0.47	0.33	0.00	0.17	0.25	0.21	0.22	0.16
7	0.54	0.26	0.27	0.07	0.49	0.30	0.15	0.00	0.26	0.25	0.20	0.14
8	0.40	0.21	0.09	0.19	0.32	0.35	0.23	0.12	0.00	0.15	0.03	0.25
9	0.51	0.11	0.15	0.21	0.26	0.45	0.23	0.17	0.14	0.00	0.15	0.26
10	0.43	0.20	0.12	0.18	0.36	0.33	0.22	0.11	0.05	0.14	0.00	0.24
11	0.60	0.25	0.34	0.06	0.49	0.30	0.14	0.17	0.32	0.25	0.23	0.00

### 3.3. Demand

Data *demand* merupakan data rata-rata permintaan pendistribusian/ pengiriman buah dan sayur setiap pelanggan selama satu minggu. **Tabel 5** adalah data rata-rata permintaan pengiriman/pendistribusian setiap pelanggan dalam satuan krat.

**Tabel 5.** Data Permintaan Selama Satu Minggu

Kode	Nama	Permintaan (Krat)						
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
1.	Miko Mall	13		13		11		18
2.	Paris Van Java	18	7		8	11	9	3
3.	Carrefour Kiaracandong	9	11	12		11	8	6
4.	Transmart Cimahi	13		9			18	12
5.	Transmart Cipadung		19		9	13		
6.	Transmart Buahbatu		12	11	7		13	8
7.	Trans Studio Mall	8	13	6	3	8	15	11
8.	BEC Mall	11	9	8	8	15	7	11
9.	Festival Citylink	7	3	12	5		18	10
10.	BIP	8	2	9	8	7		12
11.	MIM	8	18	13		8	11	

(Sumber: PT. Bimandiri Argo Sedaya)

### 3.4. Biaya Pendistribusian/ Pengiriman

Biaya Pendistribusian/ Pengiriman terdiri dari Biaya Tetap (*fixed cost*) dan Biaya Tidak Tetap (*variable cost*). Rincian dari biaya pengiriman/antaran adalah sebagai berikut:

**Tabel 6.** Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

No.	Biaya	Rp/hari
1.	Penyusutan Kendaraan	Rp. 115.555
2.	Pajak Kendaraan	Rp. 9.722
3.	Uji KIR Kendaraan	Rp. 1.944
4.	Awak Kendaraan	Rp. 75.000
5.	Makan	Rp. 15.000
	Jumlah	Rp. 217.221

(Sumber: PT. Bimandiri Argo Sedaya)

**Tabel 7.** Biaya Tidak Tetap (*Variable Cost*)

No.	Biaya	Rp/km/truk
1.	Solar	Rp. 634,75
2.	Komponen Ban	Rp. 443
3.	Servis 20.000 Km	Rp. 123,28
4.	Servis 10.000 Km	Rp. 185,6
<b>Jumlah</b>		Rp. 1.395,63

### 3.5. Pengolahan Data Jarak Tempuh Pendistribusian/ Pengiriman Eksisting (Saat Ini)

Pengolahan data jarak tempuh dilakukan sesuai dengan rute eksisting yang dilakukan oleh PT. Bimandiri Agro Sedaya pada kegiatan pendistribusian/ pengiriman saat ini, dimana seluruh pelanggan di wilayah Bandung Raya dilayani oleh dua kendaraan dan pemilihan rute perjalanan berdasarkan kebiasaan dari sopir. Berikut rute saat ini yang digunakan oleh pihak PT. Bimandiri Agro Sedaya beserta total jarak tempuhnya.

**Tabel 8.** Rute dan Jarak Tempuh Kondisi Eksisting (Saat Ini)

Hari	Kend.	Rute	Jumlah Angkutan (Krat)	Jarak Tempuh (Km)	Total Jarak/Trip (Km)
SENIN	1	0-2-10-8-9-4-0	57	54.7	126.7
	2	0-1-3-7-11-0	38	72	
SELASA	1	0-2-10-8-3-11-0	47	54.2	130.8
	2	0-5-7-6-9-0	47	76.6	
RABU	1	0-1-6-7-11-0	43	75.6	142.4
	2	0-8-10-9-3-4-0	50	66.8	
KAMIS	1	0-2-8-10-7-0	27	44.4	113.6
	2	0-5-6-9-0	21	69.2	
JUMAT	1	0-2-8-10-7-3-0	52	56.2	124.5
	2	0-5-11-1-0	32	68.3	
SABTU	1	0-8-11-3-7-0	41	54.5	133
	2	0-2-6-9-4-0	58	78.5	
MINGGU	1	0-8-10-9-3-4-0	51	66.8	130.2
	2	0-2-1-6-7-0	40	63.4	

### 3.6. Pengolahan Data Biaya Pendistribusian/ Pengiriman Eksisting (Saat Ini)

Pengolahan data biaya pendistribusian/ pengiriman terdiri dari biaya tetap dan biaya tidak tetap. Agar sesuai dengan kondisi diteliti dalam periode hari, maka seluruh biaya dikonversi menjadi harian untuk biaya tetap dan biaya tidak tetap menjadi setiap Km, selanjutnya dikumulasikan menjadi biaya pendistribusian dalam satu minggu. Berikut biaya pendistribusian/ pengiriman rute eksisting/ saat ini dalam **Tabel 9**.

**Tabel 9.** Biaya Pendistribusian/Pengiriman Kondisi Eksisting (Saat Ini)

Hari	Kend	Rute	Jarak (Km)	Biaya Tetap (Rp)	Biaya Tidak Tetap (Rp/Km)	Biaya Distribusi/ Kend (Rp)	Total Biaya Distribusi/ Hari (Rp)
SENIN	1	0-2-10-8-9-4	54.7	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 293.561,96	Rp. 611.268,3
	2	0-1-3-7-11-0	72	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 317.706,36	

Hari	Kend	Rute	Jarak (Km)	Biaya Tetap (Rp)	Biaya Tidak Tetap (Rp/Km)	Biaya Distribusi/ Kend (Rp)	Total Biaya Distribusi/ Hari (Rp)
SELASA	1	0-2-10-8-3-11-0	54.2	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 292.864,15	Rp. 616.990,4
	2	0-5-7-6-9-0	76.6	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 324.126,26	
RABU	1	0-1-6-7-11-0	75.6	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 322.730,63	Rp. 633.179,7
	2	0-8-10-9-3-4-0	66.8	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 310.449,08	
KAMIS	1	0-2-8-10-7-0	44.4	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 279.186,97	Rp. 592.985,5
	2	0-5-6-9-0	69.2	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 313.798,59	
JUMAT	1	0-2-8-10-7-3-0	56.2	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 295.655,40	Rp. 608.197,9
	2	0-5-11-1-0	68.3	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 312.542,52	
SABTU	1	0-8-11-3-7-0	54.5	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 293.282,83	Rp. 620.060,7
	2	0-2-6-9-4-0	78.5	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 326.777,95	
MINGGU	1	0-8-10-9-3-4-0	66.8	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 310.449,08	Rp. 616.153,0
	2	0-2-1-6-7-0	63.4	Rp. 217.221	Rp. 1.395,63	Rp. 305.703,94	
<b>TOTAL BIAYA DISTRIBUSI</b>							<b>Rp. 4.298.835,7</b>

Contoh perhitungan:

Biaya Pendistribusian/Pengiriman kendaraan ke-1 hari Senin

Biaya Tetap = Rp. 217.221/kend-hari

Biaya Tidak Tetap = Biaya Tidak Tetap x Jarak Tempuh = Rp. 1.395.63 x 54,7 Km = Rp 76.340,96

Total Biaya/Kend = Biaya Tetap + Biaya Tidak Tetap = Rp. 217.221+ Rp 76.340,96 = Rp. 293.561,96

Total Biaya Distribusi = Total biaya kendaraan 1 + Total Biaya Kendaraan 2

### 3.7. Pengolahan Data Jarak Tempuh Pendistribusian/ Pengiriman *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW)*

Untuk mendapatkan rute usulan, maka dilakukan pengolahan data menggunakan pemodelan *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW)*, penggunaan varian *time windows* ini dikarenakan terdapat batasan waktu pelayanan pendistribusian/ pengiriman, dimana sesuai dengan kebijakan perusahaan bahwa rentang waktu untuk proses pendistribusian/ pengiriman dilakukan pada pukul 06.00 s/d 09.30 Pada pengolahan data *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW)* ini menggunakan metode *Nearest Neighbor Heuristic* untuk inialisasi rute awal dan *Meta Heuristic Ant Colony Optimization*, agar solusi yang diperoleh dapat mendekati solusi optimum. Pengolahan data ini menggunakan *software* Matlab. Berikut adalah hasil inialisasi rute awal dengan metode *nearest neighbor* dalam Tabel 10.

Tabel 10. Rute Inialisasi

Hari	Kend	Rute	Jumlah Angkutan (Krat)	Jarak Tempuh Kend (Km)	Total Jarak (Km)
SENIN	1	0-2-8-10-7-3-0	54	47.5	116.6
	2	0-4-9-1-11-0	41	69.1	
SELASA	1	0-2-8-10-7-3-11	60	52.7	121.2
	2	0-9-6-5-0	34	68.5	

Hari	Kend	Rute	Jumlah Angkutan (Krat)	Jarak Tempuh Kend (Km)	Total Jarak (Km)
RABU	1	0-8-10-7-3-11-6-0	59	55.3	112.1
	2	0-4-9-1-0	34	56.8	
KAMIS	1	0-2-8-10-7-6-9-5-0	48	80.5	80.5
	2	-	-	-	
JUMAT	1	0-2-8-10-7-3-11-0	60	52.7	120.3
	2	0-5-1-0	24	67.6	
SABTU	1	0-2-8-7-3-11-0	50	52.1	114.3
	2	0-4-9-6-0	49	62.2	
MINGGU	1	0-2-8-10-7-3-6-0	51	51.8	108.6
	2	0-4-9-1-0	40	56.8	

Setelah mendapatkan inisialisasi rute dari penggunaan metode Nearest Neighbor Heuristic, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perbaikan rute awal dengan algoritma *metaheuristik ant colony optimization*. Penggunaan algoritma *metaheuristik ant colony optimization* untuk menghasilkan rute optimal bagi kendaraan. Dalam penggunaan *metaheuristik ant colony optimization*, menggunakan:

Bobot pheromone ( $\alpha$ ) = 1

Bobot kontrol *visibility* ( $\beta$ ) = 2

Laju evaporasi pheromone ( $\rho$ ) = 0,5

Jumlah populasi semut ( $n$ ) = 100

Jumlah iterasi = 100

Berikut adalah hasil optimalisasi rute dengan algoritma *metaheuristik ant colony optimization* dalam **Tabel 11**.

**Tabel 11.** Rute Ant Colony Optimization

Hari	Kend	Rute	Jumlah Angkutan (Krat)	Jarak Tempuh Kend (Km)	Total Jarak (Km)
SENIN	1	0-7-3-11-1-9-4-0	58	70	104.3
	2	0-8-10-2-0	37	34.3	
SELASA	1	0-8-10-7-3-9-2-0	45	49.2	113.4
	2	0-5-11-6-0	49	64.2	
RABU	1	0-8-10-7-3-11-6-0	59	55.3	112.1
	2	0-4-9-1-0	34	56.8	
KAMIS	1	0-8-10-7-5-6-9-2-0	48	73	73
	2	-	-	-	
JUMAT	1	0-10-7-3-5-11-1-0	58	73.7	105.9
	2	0-8-2-0	26	32.2	
SABTU	1	0-8-7-3-11-6-0	54	54.7	103.3
	2	0-4-9-2-0	45	48.6	
MINGGU	1	0-10-7-3-6-1-2-0	58	56.8	107.5
	2	0-8-9-4-0	33	50.7	

### 3.8. Pengolahan Data Biaya Pendistribusian/ Pengiriman *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (CVRPTW)*

Pengolahan data biaya pendistribusian/ pengiriman rute usulan terdiri dari Biaya Tetap dan Biaya Tidak Tetap. Untuk biaya pendistribusian/ pengiriman rute usulan yang terbentuk dalam Tabel 12.

**Tabel 12.** Biaya Pendistribusian/ Pengiriman Rute *Ant Colony Optimization*

Hari	Kend	Rute	Jarak (Km)	Biaya Tetap (Rp)	Biaya Tidak Tetap (Rp/Km)	Biaya Distribusi/ Kend (Rp)	Total Biaya Distribusi/ Hari (Rp)
SENIN	1	0-7-3-11-1-9-4-0	70	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 314,915.10	Rp. 580,006.21
	2	0-8-10-2-0	34.3	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 265,091.11	
SELASA	1	0-8-10-7-3-9-2-0	49.2	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 285,886.00	Rp. 592,706.44
	2	0-5-11-6-0	64.2	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 306,820.45	
RABU	1	0-8-10-7-3-11-6-0	55.3	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 294,399.34	Rp. 590,892.12
	2	0-4-9-1-0	56.8	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 296,492.78	
KAMIS	1	0-8-10-7-5-6-9-2-0	73	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 319,101.99	Rp. 319,101.99
	2	-	-	-	-		
JUMAT	1	0-10-7-3-5-11-1-0	73.7	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 320,078.93	Rp. 582,239.22
	2	0-8-2-0	32.2	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 262,160.29	
SABTU	1	0-8-7-3-11-6-0	54.7	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 293,561.96	Rp. 578,610.58
	2	0-4-9-2-0	48.6	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 285,048.62	
MINGGU	1	0-10-7-3-6-1-2-0	56.8	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 296,492.78	Rp. 584,472.23
	2	0-8-9-4-0	50.7	Rp. 217,221	Rp. 1,395.63	Rp. 287,979.44	
<b>TOTAL BIAYA DISTRIBUSI</b>							<b>Rp. 3,828,028.79</b>

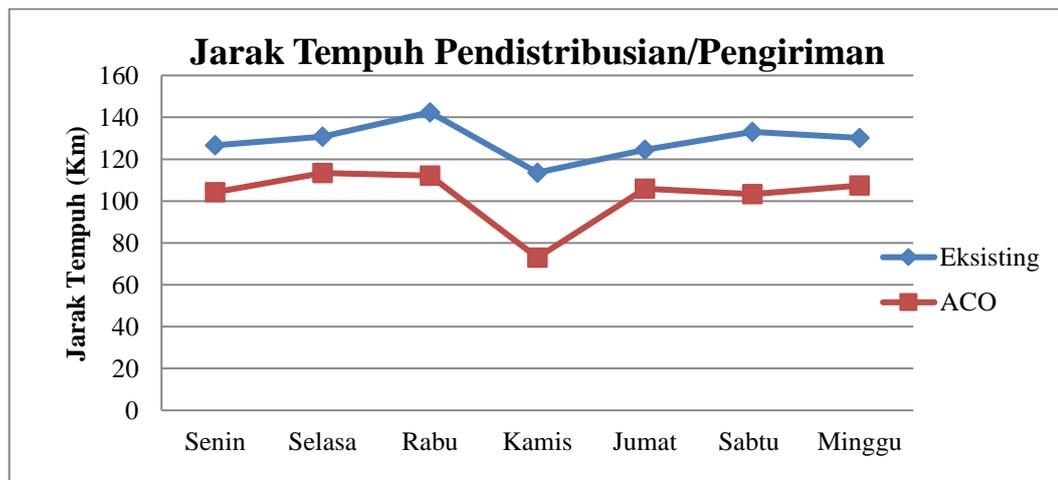
### 3.9. Analisis dan Pembahasan

Dari hasil perbandingan antara sistem pendistribusian/ pengiriman saat ini (eksisting) dan sistem pendistribusian/ pengiriman usulan dengan metode *ant colony optimization*, didapat bahwa terjadi kesenjangan total jarak tempuh dalam satu minggu sebesar 181,7 Km atau sekitar 20%, dimana sistem pendistribusian/pengiriman usulan dengan metode *ant colony optimization* lebih baik dari sistem pendistribusian/ pengiriman saat ini (eksisting) dan dapat menghemat rata-rata 26 Km atau sekitar 20% jarak tempuh seluruh kendaraan setiap harinya.

**Tabel 13.** Gap Analysis Jarak Tempuh Pendistribusian/ Pengiriman

Hari	Sistem Pendistribusian		Gap	% Gap
	Eksisting	ACO		
Senin	126.7	104.3	-22.4	-18%
Selasa	130.8	113.4	-17.4	-13%
Rabu	142.4	112.1	-30.3	-21%

Hari	Sistem Pendistribusian		Gap	% Gap
	Eksisting	ACO		
Kamis	113.6	73	-40.6	-36%
Jumat	124.5	105.9	-18.6	-15%
Sabtu	133	103.3	-29.7	-22%
Minggu	130.2	107.5	-22.7	-17%
Total	901.2	719.5	-181.7	-20%
Rata-rata	128.74	102.9	-26.0	-20%

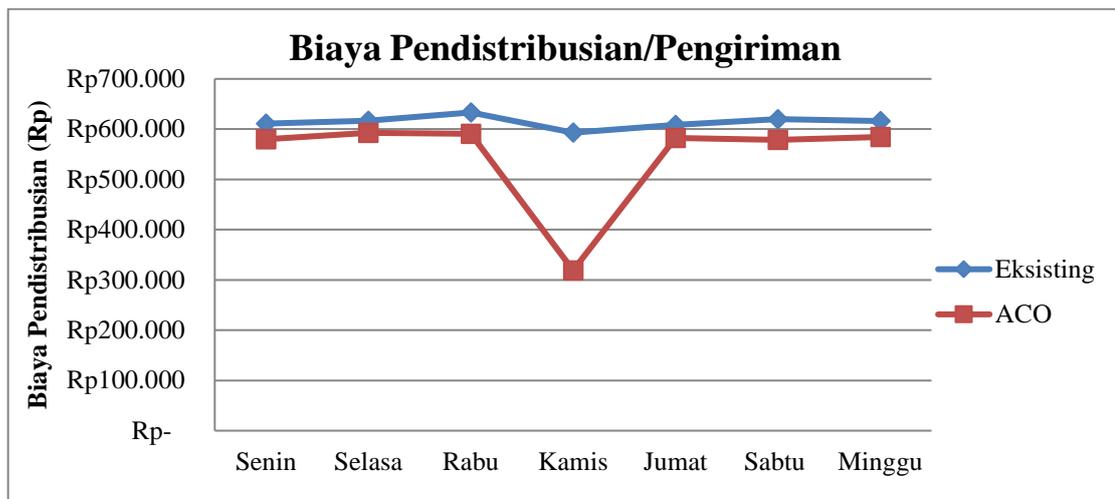


Gambar 9. Jarak Tempuh Pengiriman/ Antaran

Kesenjangan total biaya dalam satu minggu sebesar Rp. 470.807,- atau sekitar 11%, dimana sistem pendistribusian/ pengiriman usulan dengan metode *ant colony optimization* lebih baik dari sistem pendistribusian/ pengiriman saat ini (eksisting) dan dapat menghemat rata-rata biaya setiap harinya sebesar Rp. 67.258 atau sekitar 11%.

Tabel 14. Gap Analysis Biaya Pendistribusian/ Pengiriman

Hari	Sistem Pendistribusian		Gap	% Gap
	Eksisting	ACO		
Senin	Rp. 611,268	Rp. 580,006	- Rp. 31,262	-5%
Selasa	Rp. 616,990	Rp. 592,706	- Rp. 24,284	-4%
Rabu	Rp. 633,180	Rp. 590,892	- Rp. 42,288	-7%
Kamis	Rp. 592,986	Rp. 319,102	- Rp. 273,884	-46%
Jumat	Rp. 608,198	Rp. 582,239	- Rp. 25,959	-4%
Sabtu	Rp. 620,061	Rp. 578,611	- Rp. 41,450	-7%
Minggu	Rp. 616,153	Rp. 584,472	- Rp. 31,681	-5%
Total	Rp. 4,298,836	Rp. 3,828,029	- Rp. 470,807	-11%
Rata-rata	Rp. 614,119	Rp. 546,861	- Rp. 67,258	-11%



Gambar 10. Biaya Pengiriman/Antaran

Dari hasil tersebut, terbukti bahwa sistem pendistribusian/ pengiriman yang diterapkan oleh PT. Bimandiri Agro Sedaya saat ini (eksisting) kurang optimal jika dibandingkan dengan sistem pendistribusian/ pengiriman usulan metode *ant colony optimization*, dimana optimasi sistem pendistribusian/ pengiriman adalah suatu upaya pendistribusian/ pengiriman buah dan sayuran secara efektif dan efisien. Bila dilihat dari sisi efektifitas, kedua sistem tersebut efektif, dimana setiap permintaan pendistribusian/ pengiriman buah dan sayuran dapat sesuai keinginan pelanggan, tetapi bila dilihat dari sisi efisiensi, tentu saja metode *ant colony optimization* lebih efisien dibandingkan metode eksisting.

## 4. KESIMPULAN

### 4.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jika dilihat dari segi efektifitas, dimana efektifitas tersebut adalah memfokuskan terhadap kesesuaian antara pendistribusian/ pengiriman buah dan sayuran terhadap keinginan pelanggan, kedua metode mempunyai nilai efektifitas yang sama, dimana permintaan pendistribusian/ pengiriman buah dan sayuran dapat terpenuhi.
2. Jika dilihat dari segi efisiensi jarak tempuh, metode *ant colony optimization* lebih efisien dari metode saat ini (eksisting), hal tersebut dibuktikan dengan menggunakan metode *ant colony optimization* total jarak tempuh selama seminggu sebesar 719,5 Km, sedangkan apabila menggunakan metode saat ini (eksisting), jarak tempuh sebesar 901,2 Km, terjadi *gap* sebesar 20%, dengan kata lain dengan menggunakan metode *ant colony optimization* dapat menghemat jarak tempuh kendaraan sebesar 181,7 Km setiap minggunya.
3. Jika dilihat dari segi efisiensi biaya, metode *ant colony optimization* lebih efisien dari metode saat ini (eksisting), hal tersebut dibuktikan dengan menggunakan metode *ant colony optimization* total biaya yang harus dikeluarkan pihak PT. Bimandiri Agro Sedaya dalam 1 (satu) minggu penelitian sebesar Rp. 3.828.029,- sedangkan apabila menggunakan metode saat ini (eksisting) total biaya yang harus dikeluarkan pihak PT. Bimandiri Agro Sedaya sebesar Rp. 4.298.836,- terjadi *gap* sebesar 11%, dengan kata lain dengan menggunakan metode metode *ant colony optimization* dapat menghemat total biaya pengeluaran dalam 1 (satu) minggu sebesar Rp 470.807,-.

## 4.2. Saran

Beberapa saran dalam penelitian ini antara lain:

1. PT. Bimandiri Agro Sedaya sebaiknya mengkaji ulang sistem pendistribusian/ pengiriman (penentuan rute) buah dan sayuran agar dalam lebih optimal.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat membandingkan antara metode *ant colony optimization* dengan metode *metaheuristic* lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aliyuddin, A., Puspitorini, P.S., Muslimin, M. (2017) Metode *Vehicle Routing Problem* (VRP) dalam Mengoptimalkan Rute Distribusi Air Minum PT. SMU, Seminar Nasional Teknik Industri 2017, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya.
- Ballou, R.H. (2004): *Business Logistics/ Supply Chains Management* 5 ed. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Basriati, S., & Sunarya, R. (2015). Optimasi Distribusi Koran Menggunakan Metode *Saving Matriks* (Studi Kasus: PT. Riau Pos Intermedia). Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTKI) 7, 448-453.
- Bodin L., Golden B.M., Assad A., Ball M. (1983): *Routing and Scheduling of Vehicles and Crews: The State of Art, Computer and Operations Research*, 11 (2), 63-211.
- Bulan, T.P.L (2016) Pengaruh Kualitas Pelayanan dan Harga terhadap Loyalitas Konsumen pada PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir Agen Kota Langsa, *Jurnal Manajemen dan Keuangan*, Vol.5, No. 2.
- Council of Supply Chains Management Professional (2017)., *Supply Chains Management Terms and Glossary*.
- Dantzig, G.B., and Ramser, J.H. (1959): *The Truck Dispatching Problem*, *Management Science*, 6, pp. 80-91.
- Diasari, S.A. (2016) Pengaruh Harga, Produk dan Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan dan Loyalitas Pelanggan *Jurnal Ilmu dan Riset Manajemen: Volume 5, Nomor 12, Desember 2016, ISSN: 2461-0593*.
- Hadhiatma, A., Purbo, A (2017) *Vehicle Routing Problem* untuk Distribusi Barang Menggunakan Algoritma Semut, *Prosiding SNATIF Ke-4*, ISBN: 978-602-1180-50-1.
- Labadie, N., Prins, C., Prodhon, C. (2016) *Metaheuristic for Vehicle Routing Problem*. USA: John Wiley & Sons.
- Larsen, J. (1999): *Vehicle Routing with Time Windows – Finding Optimal Solutions Efficiently*, DORSynt, Dans Selskab for Operations Analysis
- Mustofa, F., Adiarto, H., Muhammad, R. (2012) Usulan Rute Distribusi Tabung Gas Menggunakan Algoritma *Ant Colony Systems* di PT. Limas Raga Inti, *Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2012*, ISBN No. 978-979-96964-3-9, Yogyakarta.
- Purnama, A.W (2019): *Model Sistem Transporting (Antaran) Paket untuk Meningkatkan Load Factor Di PT. Pos Indonesia Mail Processing Center Bandung 40400*, Program Studi Magister Teknik Industri, Program Pasca Sarjana, Universitas Pasundan, Bandung.
- Purnomo, A. (2010): Analisis Rute Pendistribusian Dengan Menggunakan Metode *Nearest Insertion Heuristic* *Persoalan The Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)* (Studi Kasus di Koran Harian Pagi Tribun Jabar), *Prosiding*

- Seminar Nasional Teknik Industri. “Pemberdayaan Rekayasa Industri Berbasis Eco-Efficiency pada Era Perdagangan Bebas”, ISBN: 978-602-98058-0-2. Bandung.
- Rushton, A., Choucher P., Baker P., (2014) *The Handbook of Logistics and Distribution Management* 5 ed. The Chartered Institute of Logistic and Transport, United Kingdom.
- Toth, p., & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem*. Philadhelpia: Society for Industrial and Mathematics.