

Operational Research

PERANCANGAN RUTE DISTRIBUSI SIRUP DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA ANT COLONY OPTIMIZATION DI UD. SIRUP CAP BUNGA PADI BIREUEN

Syukriah*, Syarifah Akmal dan Sherly Ramadhani

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Aceh Indonesia

* Corresponding Author: syukriah@unimal.ac.id

Web Journal : <https://journal.unimal.ac.id/miej>

DOI: <https://doi.org/10.53912/iej.v10i2.738>

Abstrak – Pendistribusian di UD. Sirup Cap Bunga Padi dilakukan dengan cara memenuhi permintaan pada setiap lokasi tanpa mempertimbangkan jarak tempuh untuk mencapai lokasi tersebut. Kendala yang terjadi pada UD. Sirup Cap Bunga Padi yaitu belum memiliki perencanaan penyusunan rute yang baik sehingga terjadi pemborosan biaya distribusi pada perusahaan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute baru yang lebih baik dengan menggunakan *Algoritma Ant Colony Optimization (ACO)* agar lebih efisien. *Ant Colony Optimization (ACO)* yaitu metode yang meniru sekawanan semut yang mencari rute terpendek untuk mencari makanan dari sarang mereka sampai ke tempat makanan itu berada. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan dengan Metode ACO, rute terbaik pendistribusian sirup wilayah bireuen adalah Gudang – Kota Bireuen – Geulumpang Panyong – Geudong-Geudong – Juli Seutuy – Buket Teukeh – Geulanggang Teungoh – Juli Cot Meurak – Cot Ijue – Kuta Baro – Meunasah Alue – Meunasah Baroh – Cot Trieng – Cot Tarom Baroh – Lipah Rayeuk – Meunasah Teungoh – Paloh Seulimeng – Cot Unoe – Gudang dengan total jarak sebesar 105,3 Km dengan biaya pengiriman ke satu tempat yaitu Rp 1.521.585 dengan penghematan biaya yang didapat sebesar Rp 364.871. Dan rute terbaik pendistribusian sirup wilayah lhokseumawe adalah Gudang - Batuphat Timur - Blang Pulo - Hagu selatan - Ujong Blang - Pusong Baru - Uteuen Bayi - Kuta Blang - Kota Lhokseumawe - Keude Aceh - Keude Cunda- Alue Lim - Mon Geudong - Uteuen Kot - Keude Peuntet - Blang Buloh – Gudang dengan total jarak sebesar 122,5 Km dengan biaya pengiriman yaitu sebesar Rp 1.561.875 dengan penghematan biaya yang didapat sebesar Rp 270.300.

Kata Kunci: *Distribusi, Ant Colony Optimization (ACO), Rute Distribusi, Biaya.*

1 Pendahuluan

Distribusi merupakan kegiatan memindahkan atau mengirimkan produk dari *supplier* atau produsen ke konsumen. Kegiatan distribusi bisa menjadi kunci bagi suatu perusahaan untuk mendapatkan keuntungan karena kegiatan distribusi secara langsung akan mempengaruhi biaya *supply chain* dan kebutuhan konsumen. Jaringan distribusi yang baik dapat mewujudkan *supply chain* yang baik untuk itu, perlu ditentukan jalur distribusi terbaik yang akan digunakan perusahaan dalam melakukan pendistribusian produknya. Manajemen logistik dapat membantu perusahaan mengurangi dan meningkatkan layanan pelanggan.

Pendistribusian di UD. Sirup Cap Bunga Padi dilakukan dengan cara memenuhi permintaan pada setiap lokasi tanpa mempertimbangkan jarak tempuh untuk mencapai lokasi tersebut. Kendala yang terjadi pada UD. Sirup Cap Bunga Padi yaitu belum memiliki perencanaan penyusunan rute yang baik sehingga terjadi pemborosan biaya distribusi pada perusahaan tersebut. Salah satu metode yang sering

digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah menggunakan metode *ant colony optimization*.

Untuk mencapai produk sampai ke konsumen UD. Sirup Cap Bunga Padi menggunakan alat transportasi 2 unit mobil pick-up. Dimana 2 unit mobil tersebut digunakan untuk melakukan distribusi ke wilayah Bireuen, Lhokseumawe. Sistem distribusi yang dilakukan untuk memenuhi permintaan konsumen saat ini dilakukan tanpa mempertimbangkan jumlah kendaraan yang digunakan serta kapasitas kendaraan dari setiap masing-masing kendaraan yang digunakan untuk mencapai lokasi yang akan berdampak pada biaya distribusi pada perusahaan tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan rute baru yang lebih baik dengan menggunakan *Algoritma Ant Colony Optimization* agar lebih efisien. Semakin luas jaringan distribusi yang ada tentunya akan menimbulkan masalah baru khususnya masalah pengangkutan dan pengalokasian produk tersebut. Untuk mengantisipasi masalah itu maka harus direncanakan penugasan rute distribusi yang optimal baik dari segi penggunaan kendaraan, ketersediaan mobil

yang digunakan dalam memenuhi semua pengiriman dan pada akhirnya diperlukan juga distribusi yang benar-benar optimal untuk dapat diterapkan pada saat ini maupun masa yang akan datang.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Manajemen Logistik

Manajemen logistik adalah bagian dari proses *supply chain management* yang memiliki fungsi penting dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian efektifitas dan efisiensi penyimpanan dan aliran barang, pelayanan dan informasi, hingga ke titik konsumsi untuk memenuhi keperluan konsumen.

Supply chain terdiri dari jaringan instansi-instansi yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam memenuhi permintaan pelanggan. *Supply chain* tidak hanya mencakup pabrik dan pemasok tetapi juga *supplier*, *distributor*, *gudang*, *retailer* dan konsumen.

2.2 Ruang Lingkup Logistik

Kegiatan logistik mencakup kegiatan seperti (Gitosudarmo, 1998):

1. Penggunaan fasilitas yang tersedia dari organisasi yang bersangkutan.
2. Pemilihan lokasi, penempatan bahan baku, suku cadang, barang jadi.
3. Penyiapan transportasi serta alat pengangkutan barang-barangnya.
4. Masalah pembukaan dan pencatatan.
5. Kegiatan pengurusan sebagai kegiatan untuk mengelola bahan baku, suku cadang, barang jadi yang disesuaikan dengan jenis dan spesifikasi. Jenis dan spesifikasi barang yang berbeda akan memerlukan pengelolaan yang berbeda.
6. Pelaksanaan komunikasi yang persuasif sebagai penyampaian ide, konsep, gagasan, informasi dari individu satu atau bagian-bagian lain dalam organisasi perusahaan.
7. Kegiatan penyimpanan sebagai kegiatan untuk menahan bahan baku, suku cadang, serta barang jadi sampai pada batas waktu tertentu tanpa harus mengurangi kualitas barang yang bersangkutan.

2.3 Konsep Logistik Terpadu

Konsep logistik terpadu sebagai sebuah konsep manajemen logistik yang terintegrasi tidak muncul secara tiba-tiba. Dimulai dari dasawarsa kristalisasi masalah logistik seringkali mempunyai dasar organisasi dan instruksional serta bukan hanya dasar teknis saja. Hal yang menandai beberapa penyempurnaan, yaitu (Gitosudarmo, 1998):

1. Semakin terkoordinasi antara pengelola manajemen material dengan distribusi fisik, sehingga kemungkinan timbulnya gangguan kelancaran operasional dapat dihindarkan.
2. Semakin besar ketergantungan antara pengelolaan manajemen material seperti bahan baku, suku cadang, barang jadi yang dikaitkan dengan distribusi fisik.

3. Integrasi aktivitas manajemen material dengan distribusi fisik merupakan kebutuhan pengawasan.
4. Integrasi operasi logistik akan meningkatkan kesadaran timbal balik antara ekonomi manufaktur dengan kebutuhan pemasaran yang diintegrasikan oleh sistem logistik yang didesain dengan baik.
5. Faktor yang cukup penting bagi logistik terpadu adalah kebutuhan misi logistik sekarang dan masa yang akan datang tidak cukup dapat dipenuhi oleh penyebaran teknologi perangkat keras.

2.4 Sistem Transportasi

Sistem logistik memandang kegiatan transportasi dengan empat faktor yang memegang peran yang cukup penting, yaitu:

1. Biaya
Biaya transportasi merupakan pembayaran yang dikeluarkan guna mengganti balas jasa pengangkutan barang telah dikeluarkan.
2. Kecepatan
Kecepatan merupakan waktu yang dibutuhkan guna menyelesaikan suatu tugas pengangkutan di antara tempat asal barang ke tempat tujuan yang dikehendaki.
3. Pelayanan
Pelayanan merupakan suatu kegiatan servis yang diberikan terhadap barang perusahaan selama dalam kegiatan pemindahan barang.
4. Konsistensi
Konsistensi pelayanan merupakan hal yang cukup penting di bidang transportasi dengan menunjukkan prestasi waktu yang teratur.

2.5 Permasalahan Rute Terpendek

Masalah rute terpendek merupakan masalah yang berkaitan dengan penentuan edge-edge dalam sebuah jaringan yang membentuk rute terdekat antara sumber dan tujuan. Tujuan dari permasalahan rute terpendek adalah mencari rute yang memiliki jarak terdekat antara titik asal dan titik tujuan.

2.6 Penyelesaian Masalah Optimisasi

Secara umum, penyelesaian masalah pencarian rute terpendek dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu metode konvensional dan metode heuristik. Metode konvensional dihitung dengan perhitungan matematis biasa, sedangkan metode heuristik dihitung dengan menggunakan system pendekatan (Mutakhiroh, 2007).

2.7 Ant Colony Optimization

Ant Colony Optimization (ACO) diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut. Semut mampu mengindra lingkungannya yang kompleks untuk mencari makanan dan kemudian kembali ke sarangnya dengan meninggalkan zat *Pheromone* pada rute-rute yang mereka lalui. 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, 1991a).

2.8 Variasi Dari Algoritma Ant Colony Optimization

Adapun variasi dari *algoritma ant colony optimization* adalah sebagai berikut:

1. Ant System (AS)

Algoritma *Ant System* (AS) adalah algoritma ACO pertama yang dirumuskan dan diuji untuk menyelesaikan kasus TSP. Algoritma ini tersusun atas sejumlah m semut yang bekerjasama dan berkomunikasi secara tidak langsung melalui komunikasi *Pheromone*.

2. Elitist Ant System (EAS)

Pengembangan pertama dari AS adalah elitist strategy for Ant System (EAS), seperti yang dikemukakan Dorigo, M., Maniezzo, V., dan Coloni, A. (1991a), (1991b), dan (1996). Ide ini berawal ketika adanya penguatan *Pheromone* pada edge – edge yang merupakan tour terbaik yang ditemukan sejak awal algoritma. Tour terbaik ini dinotasikan sebagai T^{bs} (best-so-far tour).

3. Rank-Based Ant System (AS_{Rank})

Rank-based version of Ant System (AS_{Rank}) ((Bullnheimer, B., Hartl, R. F., dan Strauss, C., 1997) dan (1999)) merupakan pengembangan dari AS dan menerapkan elitist strategy. Pada setiap iterasi, metode ini lebih dahulu mengurutkan semut berdasarkan tingkat fluktuasi solusi (panjang/pendeknya *tour*) yang telah mereka temukan sebelumnya (Bullnheimer, 1997).

4. MAX - MIN Ant System (MMAS)

MAX-MIN *Ant System* (MMAS) merupakan pengembangan dari algoritma AS selanjutnya, dengan beberapa perubahan utama.

5. Ant Colony System (ACS)

Algoritma Ant Colony System (ACS) merupakan pengembangan dari AS selanjutnya, setelah beberapa algoritma diatas. Algoritma ini tersusun atas sejumlah m semut yang bekerjasama dan berkomunikasi secara tidak langsung melalui komunikasi *Pheromone* (Dorigo M. M., 1996).

3 Metode Analisis

Adapun langkah-langkah pemecahan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap Perhitungan Jarak Antar Titik Distribusi
Tahap ini merupakan tahap pencarian jarak dari pabrik ke titik distribusi dan jarak antar titik distribusi. Pencarian jarak ini menggunakan aplikasi google maps dengan memasukkan alamat titik distribusi dan mencari jarak antar masing-masing titik.
2. Tahap Penentuan Rute Distribusi
Tahap ini merupakan tahap pencarian solusi yang optimal. Penentuan rute distribusi ini menggunakan *algoritma ant colony optimization*. Beberapa variabel dan parameter yang digunakan dalam algoritma ini adalah: banyak titik distribusi (n), jarak antar titik (d_{ij}), α adalah parameter penguapan feromon global ($0 < \alpha < 1$), β adalah parameter perbandingan jumlah feromon relative terhadap jarak ($\beta > 0$), ρ adalah parameter yang mewakili koefisien penguapan feromon, $\tau(i, j)$ adalah jumlah feromon jarak yang menghubungkan antar titik, τ_0 adalah feromon awal, $\eta(i, j)$ adalah visibility (*invers* dari jarak d_{ij}), C_{nn} adalah rute jumlah yang kemungkinan terjadi.

Cara kerja *algoritma ant colony optimization* adalah sebagai berikut:

- a. Penetapan parameter, seperti banyak titik distribusi (n), α , β , ρ .
- b. Membuat matriks visibility $\eta(i, j) = \frac{1}{d_{ij}}$
- c. Menentukan matriks feromon awal, $\tau_0 = \frac{n}{C_{nn}}$
- d. Semut ditempatkan pada titik awal yang berbeda-beda, kemudian semut mulai membuat sebuah perjalanan menuju titik pertama secara acak.
- e. Memilih titik distribusi berikutnya dengan aturan transisi status.

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \frac{[\tau(i, j)]^\alpha \cdot [\eta(i, j)]^\beta}{\sum_{u \in J_i^k} [\tau(i, u)]^\alpha [\eta(i, u)]^\beta}, & \text{jika } j \in J_i^k \\ 0, & \text{untuk } j \text{ lainnya} \end{cases}$$

- f. Update jumlah feromon dengan menggunakan persamaan

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

- g. Ulangi sampai setiap semut mengunjungi semua titik distribusi.

4 Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1.1 Data Lokasi Pelanggan

Adapun lokasi pelanggan yang didapatkan setelah melakukan penelitian pada UD. Sirup Cap Bunga Padi Bireuen yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut:

Tabel 1 Data Lokasi Pelanggan Rute Bireuen

No	Lokasi Pelanggan	Simbol Huruf
1	Paloh Seulimeng	A1
2	Lipah Rayeuk	A2
3	Cot Tarom Baroh	A3
4	Meunasah Alue	A4
5	Juli Cot Meurak	A5
6	Juli Setuy	A6

7	Geudong-geudong	A7
8	Geulanggang Teungoh	A8
9	Kota Bireuen	A9
10	Kuta Baro	A10
11	Cot Trieng	A11
12	Cot Unoe	A12
13	Meunasah Teungoh	A13
14	Cot Ijue	A14
15	Geulumpang Payong	A15
16	Buket Teukeh	A16
17	Meunasah Baroh	A17

Tabel 2 Data Lokasi Pelanggan Rute Lhokseumawe

No	Lokasi Pelanggan	Jarak (km)
1	Batuphat Timur	49,3
2	Blang Pulo	52
3	Hagu Selatan	62,8
4	Ujong Blang	58,4
5	Pusong Baru	63,2
6	Uteuen Bayi	62,2
7	Kuta Blang	61,4
8	Kota Lhokseumawe	62,2
9	Blang Buloh	64,1
10	Keude Aceh	62,1
11	Mon Geudong	61,2
12	Uteuen Kot	60,2
13	Keude Peuntet	65,9
14	Keude Cunda	62,1
15	Alue Lim	60,1

4.1.2 Data Jarak Titik Distribusi

Berdasarkan data yang diperoleh, UD. Sirup Cap Bunga Padi Bireuen tidak melakukan metode apapun dalam melakukan pendistribusian. Produk pesanan diantar secara langsung dari lokasi satu ke lokasi lainnya. Adapun data jarak antara masing-masing titik distribusi yang dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut:

Tabel 3 Data Jarak Gudang Ke Titik Distribusi Bireuen

No	Lokasi Pelanggan	Jarak (km)
1	Paloh Seulimeng	8,7
2	Lipah Rayeuk	1,6
3	Cot Tarom Baroh	1,1
4	Meunasah Alue	10
5	Juli Cot Meurak	5,5
6	Juli Setuy	6,2
7	Geudong-geudong	4,4
8	Geulanggang Teungoh	5,2
9	Kota Bireuen	5
10	Kuta Baro	4,1
11	Cot Trieng	2,2
12	Cot Unoe	3
13	Meunasah Teungoh	10,3
14	Cot Ijue	10,9
15	Geulumpang Payong	2,7
16	Buket Teukeh	7,7
17	Meunasah Baroh	12,3

Tabel 4 Data Jarak Gudang Ke Titik Distribusi Lhokseumawe

No	Lokasi Pelanggan	Jarak (km)
1	Batuphat Timur	49,3
2	Blang Pulo	52
3	Hagu Selatan	62,8
4	Ujong Blang	58,4
5	Pusong Baru	63,2
6	Uteuen Bayi	62,2
7	Kuta Blang	61,4
8	Kota Lhokseumawe	62,2
9	Blang Buloh	64,1
10	Keude Aceh	62,1
11	Mon Geudong	61,2
12	Uteuen Kot	60,2
13	Keude Peuntet	65,9
14	Keude Cunda	62,1
15	Alue Lim	60,1

4.1.3 Perhitungan Jarak Antar Titik Distribusi Wilayah Bireuen

Tahap ini merupakan tahap pencarian jarak dari gudang ke titik distribusi dan jarak antar titik distribusi. Pencarian jarak ini menggunakan aplikasi *Google maps* dengan memasukkan alamat titik distribusi dan pencarian jarak antar masing-masing titik.

4.1.4 Penentuan Rute Kunjungan Wilayah Bireuen

Penentuan rute kunjungan setiap semut dapat ditempatkan pada titik G dan akan kembali ke titik yang sama, karena titik G merupakan titik awal dan titik akhir dari rute ini, kemudian semut mulai membuat sebuah perjalanan menuju titik pertama secara acak. Perjalanan semut di wilayah bireuen dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5 Perjalanan Semut Di Wilayah Bireuen

No	Perjalanan Yang Terbentuk	Total Jarak (Km)
1	G-A1-A2-A3-A4-A5-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14-A15-A16-A17-G	130,55
2	G-A1-A17-A16-A15-A2-A4-A6-A5-A3-A14-A11-A10-A7-A13-A8-A12-A9-G	121,85
3	G-A2-A10-A4-A1-A14-A3-A17-A12-A5-A16-A7-A13-A6-A9-A8-A15-A11-G	131,4
4	G-A2-A4-A3-A13-A5-A10-A14-A1-A16-A6-A11-A8-A17-A12-A7-A15-A9-G	144
5	G-A6-A17-A1-A7-A11-A14-A8-A4-A10-A15-A2-A13-A5-A16-A3-A7-A12-G	129,6
6	G-A5-A14-A10-A2-A7-A15-A13-A9-A17-A1-A12-A3-A11-A6-A8-A16-A4-G	130,3
7	G-A9-A15-A7-A6-A16-A8-A5-A14-A10-A4-A17-A11-A3-A2-A13-A1-A12-G	105,3
8	G-A7-A16-A8-A11-A1-A17-A5-A12-A10-A4-A6-A14-A9-A15-A2-A13-A3-G	111,9
9	G-A12-A1-A8-A11-A17-A3-A10-A14-A4-A9-A13-A5-A16-A7-A15-A6-A2-G	152,8
10	G-A10-A2-A9-A11-A8-A1-A12-A7-A17-A16-A3-A14-A5-A13-A15-A6-A4-G	147,9
11	G-A16-A17-A7-A11-A4-A14-A10-A2-A12-A5-A6-A9-A13-A15-A1-A8-A3-G	141,35
12	G-A12-A3-A10-A15-A11-A17-A2-A5-A17-A9-A14-A6-A13-A8-A16-A4-A1-G	125,9
13	G-A5-A14-A10-A15-A7-A12-A2-A8-A13-A3-A11-A1-A16-A9-A6-A17-A4-G	139,9

14	G-A6-A13-A17-A8-A2-A14-A11-A16-A4-A10-A1-A15-A7-A12-A9-A5-A3-G	132,3
15	G-A7-A17-A13-A4-A16-A10-A6-A15-A14-A3-A12-A1-A9-A2-A8-A5-A11-G	132,6
16	G-A8-A13-A1-A14-A5-A17-A11-A3-A15-A9-A6-A16-A4-A10-A13-A7-A2-G	134,5
17	G-A17-A9-A16-A2-A14-A8-A11-A6-A15-A1-A4-A10-A12-A7-A3-A14-A5-G	129,3

4.1.5 Perhitungan Visibilitas Antar Simpul Wilayah Bireuen

Visibilitas antar simpul (η_{ij}) digunakan dalam persamaan probabilitas simpul yang akan dikunjungi. Sebelum memasuki perhitungan algoritma semut maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan awal untuk menghitung visibilitas antar simpul. Adapun cara untuk menghitung nilai visibilitas dapat dilihat sebagai berikut:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$$

$$\eta_{GA1} = \frac{1}{d_{GA1}} = \frac{1}{8,7} = 0,11$$

4.1.6 Perhitungan Perubahan Harga Jejak Kaki Antar Simpul Wilayah Bireuen

Adapun cara untuk menghitung perubahan harga intensitas semut adalah sebagai berikut:

$$\Delta \tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k}$$

$$\Delta \tau_{GA1}^k = \frac{1}{130,55} + \frac{1}{121,85} + \frac{1}{131,4} + \frac{1}{144} + \frac{1}{129,6} + \frac{1}{130,3} + \frac{1}{107,8} + \frac{1}{106,9} + \frac{1}{152,8} + \frac{1}{147,9} + \frac{1}{141,35} + \frac{1}{125,9} + \frac{1}{139,9} + \frac{1}{132,6} + \frac{1}{134,5} + \frac{1}{129,3} = 0,13$$

Jadi, total perubahan harga intensitas jejak kaki semut mempunyai nilai yang sama disetiap simpulnya yaitu 0,13.

4.1.7 Perhitungan Harga Intensitas Jejak Semut Antar Simpul Untuk Siklus Selanjutnya di Wilayah Bireuen

Nilai intensitas jejak semut antar simpul (τ_{ij}) pada awal perhitungan ditetapkan dengan angka awal yang kecil. τ_{ij} harus diinisialisasikan sebelum memulai siklus dan digunakan dalam persamaan probabilitas tempat yang akan dikunjungi. Pada penelitian ini, nilai *pheromone* menggunakan nilai awal sebesar 0,5.

Perhitungan harga atau nilai intensitas jejak semut antar simpul untuk siklus jejak semut antar simpul untuk siklus selanjutnya dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

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

$$\tau_{GA1} = 0,5 \cdot 0,5 + 0,13 = 0,38$$

Perhitungan tersebut dilakukan sampai pada kolom terakhir dengan perhitungan yang sama. Pencarian intensitas jejak semut lainnya dicari dengan cara yang sama.

4.1.8 Penentuan Jalur dengan mencari Nilai Probabilitas Untuk Wilayah Bireuen

Perhitungan probabilitas tujuannya untuk menentukan simpul yang akan menjadi tujuan perjalanan semut. Nilai probabilitas tertinggi dari suatu simpul tujuan

selanjutnya. Adapun cara untuk menghitung nilai probabilitasnya adalah sebagai berikut:

$$P_{GG}^i = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta + [\tau_{j2}]^\alpha \cdot [\eta_{j2}]^\beta + [\tau_{j3}]^\alpha \cdot [\eta_{j3}]^\beta + \dots + [\tau_{j12}]^\alpha \cdot [\eta_{j12}]^\beta}$$

$$P_{GG}^i = 0$$

Perhitungan nilai probabilitas lainnya dihitung dengan cara yang sama. Adapun hasil perhitungan nilai probabilitas antar simpul dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6 Nilai Probabilitas Antar Simpul Wilayah Bireuen

	G	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
G	0	0,0062	0,1972	0,2936	0,0051	0,0166	0,0131	0,0271	0,0185	0,0205	0,0296	0,1039	0,0559	0,0042	0,0042	0,0702	0,0087	0,0033
A1	0,0374	0	0,8523	0,0443	0,2603	0,0251	0,0198	0,0251	0,0198	0,0198	0,0251	0,0251	0,0251	0,2246	0,0111	0,0792	0,0152	0,0894
A2	0,2278	0,0100	0	0,2052	0,0085	0,0192	0,0152	0,0237	0,0171	0,0171	0,0261	0,0685	0,0432	0,0072	0,0048	0,2988	0,0085	0,0048
A3	0,3857	0,0069	0,1602	0	0,0048	0,0252	0,0172	0,0400	0,0230	0,0210	0,0322	0,1337	0,0652	0,0048	0,0048	0,0617	0,0107	0,0030
A4	0,0089	0,0745	0,0128	0,0089	0	0,0057	0,0057	0,0072	0,0057	0,0043	0,0057	0,0072	0,0057	0,0022	0,7334	0,0174	0,0043	0,0025
A5	0,0166	0,0041	0,0166	0,0268	0,0033	0	0,5645	0,1180	0,7011	0,0185	0,0271	0,0295	0,0492	0,0033	0,0047	0,0185	0,0226	0,0025
A6	0,0155	0,0039	0,0155	0,0217	0,0039	0,6660	0	0,6698	0,0508	0,0175	0,0218	0,0242	0,0378	0,0030	0,0087	0,0175	0,0196	0,0030
A7	0,0260	0,0040	0,0197	0,0408	0,0040	0,1134	0,0569	0	0,3392	0,0559	0,0638	0,0473	0,1714	0,0032	0,0111	0,0217	0,0386	0,0024
A8	0,0231	0,0052	0,0185	0,0307	0,0041	0,0878	0,0538	0,4405	0	0,0501	0,0400	0,0338	0,0739	0,0041	0,0231	0,0207	0,0875	0,0031
A9	0,0395	0,0063	0,0295	0,0433	0,0043	0,0356	0,0285	0,0719	0,0773	0	0,2273	0,0888	0,2607	0,0048	0,0285	0,0222	0,0222	0,0036
A10	0,0397	0,0044	0,0304	0,0463	0,0044	0,0365	0,0249	0,0894	0,0431	0,1589	0	0,1217	0,0034	0,0034	0,0099	0,0199	0,0155	0,1477
A11	0,1636	0,0065	0,0934	0,0800	0,0065	0,0465	0,0323	0,0777	0,0428	0,2270	0,1426	0	0,0020	0,0065	0,0081	0,0505	0,0182	0,0029
A12	0,0597	0,0044	0,0400	0,0740	0,0035	0,0527	0,0343	0,1345	0,0634	0,1483	0,2785	0,0014	0	0,0035	0,0079	0,0242	0,0178	0,0027
A13	0,0065	0,6598	0,0096	0,0060	0,0061	0,0051	0,0039	0,0051	0,0051	0,0039	0,0039	0,0065	0,0065	0	0,0029	0,0135	0,0039	0,1902
A14	0,0332	0,0147	0,0332	0,0407	0,0332	0,0652	0,0590	0,0323	0,1479	0,1184	0,0590	0,0410	0,0590	0,0147	0	0,0332	0,1639	0,0102
A15	0,0027	0,0005	0,9870	0,0025	0,0004	0,0007	0,0006	0,0009	0,0006	0,0004	0,0006	0,0012	0,0009	0,0003	0,0002	0	0,0003	0,0002
A16	0,0325	0,0094	0,0277	0,0428	0,0094	0,0847	0,0622	0,1506	0,0433	0,0432	0,0432	0,0432	0,0432	0,0094	0,0768	0,0325	0	0,0669
A17	0,0141	0,0635	0,0178	0,0141	0,2251	0,0108	0,0108	0,0108	0,0108	0,0079	0,0108	0,0079	0,0108	0,5496	0,0055	0,0220	0,0079	0

simpul di wilayah bireuen dengan simpul awal G (Gudang), selanjutnya terpilih probabilitas paling tinggi yaitu simpul A3 = 0,2936 dari simpul A3 terpilih probabilitas selanjutnya yaitu simpul A15 = 0,0009 dan seterusnya simpul A7 = 0,0569, simpul A6 = 0,196, simpul A16 = 0,043, simpul = 0,0875, simpul A5 = 0,0087, simpul A14 = 0,0590, simpul A10 = 0,0044, simpul A4 = 0,0907, simpul A17 = 0,0079, simpul A11 = 0,2270, simpul A9 = 0,0285, simpul A2 = 0,0072, simpul A13 = 0,6598, simpul A1 = 0,0251, kembali lagi ke simpul awal dengan nilai probabilitas dari simpul A12 ke G = 0,0597. Jadi simpul yang terbentuk adalah G-A9-A15-A7-A6-A16-A8-A5-A14-A10-A4-A17-A11-A3-A2-A13-A1-A12-G. Jadi total jarak yang ditempuh berdasarkan metode ACO adalah sebesar 105,3 Km dan terpilih jalur terbaik yang dilalui semut yaitu jalur 7.

4.1.9 Perhitungan Jarak Antar Titik Distribusi Wilayah Lhokseumawe

Tahap ini merupakan tahap pencarian jarak dari gudang ke titik distribusi dan jarak antar titik distribusi. Pencarian jarak ini menggunakan aplikasi *Google maps* dengan memasukkan alamat titik distribusi dan pencarian jarak antar masing-masing titik.

4.1.10 Penentuan Rute Kunjungan Wilayah Lhokseumawe

Penentuan rute kunjungan setiap semut dapat ditempatkan pada titik G dan akan kembali ke titik yang sama, karena titik G merupakan titik awal dan titik akhir dari rute ini, kemudian semut mulai membuat sebuah perjalanan menuju titik pertama secara acak. Perjalanan semut di wilayah bireuen dapat dilihat pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7 Perjalanan Semut Diwilayah Bireuen

No	Perjalanan Yang Terbentuk	Total Jarak
1	G-B1-B2-B3-B4-B5-B6-B7-B8-B9-B10-B11-B12-B13-B14-B15-G	143,7
2	G-B1-B15-B2-B4-B6-B5-B3-B14-B11-B10-A7-B13-B8-B12-B9-G	208
3	G-B2-B10-B4-B1-B14-B3-B12-B5-B7-B13-B6-B9-B8-B15-B11-G	226,3

4	G-B3-B4-B2-B13-B5-B10-B14-B1-B6-B11-B8-B12-B7-B15-B9-G	217,6
5	G-B6-B1-B7-B11-B14-B8-B4-B10-B15-B2-B13-B5-B3-B7-B12-G	238,6
6	G-B5-B14-B10-B2-B7-B15-B13-B9-B1-B12-B3-B11-B6-B8-B4-G	219,2
7	G-B9-B15-B7-B6-B8-B5-B14-B10-B4-B11-B3-B2-B13-B1-B12-G	225,4
8	G-B7-B8-B11-B1-B5-B12-B10-B4-B6-B14-B9-B15-B2-B13-B3-G	235,3
9	G-B12-B1-B8-B11-B3-B10-B14-B4-B9-B13-B5-B7-B15-B6-B2-G	212,8
10	G-B1-B2-B3-B4-B5-B6-B7-B8-B10-B14-B15-B11-B12-B13-B9-G	122,55
11	G-B4-B11-B7-B14-B10-B2-B12-B5-B6-B9-B13-B15-B1-B8-B3-G	218,7
12	G-B9-B3-B10-B15-B11-B2-B5-B12-B14-B6-B13-B8-B4-B1-G	227,3
13	G-B10-B14-B5-B15-B7-B12-B2-B8-B13-B3-B11-B1-B9-B6-B4-G	240,4
14	G-B6-B13-B8-B2-B14-B11-B4-B10-B1-B15-B7-B12-B9-B5-B3-G	248,8
15	G-B7-B13-B4-B10-B6-B15-B14-B3-B12-B1-B9-B2-B8-B5-B11-G	245,1

4.1.11 Perhitungan Visibilitas Antar Simpul Wilayah Lhokseumawe

Visibilitas antar simpul (η_{ij}) digunakan dalam persamaan probabilitas simpul yang akan dikunjungi. Sebelum memasuki perhitungan algoritma semut maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan awal untuk menghitung visibilitas antar simpul. Adapun cara untuk menghitung nilai visibilitas dapat dilihat sebagai berikut:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$$

$$\eta_{GB1} = \frac{1}{d_{GB1}} = \frac{1}{52} = 0,02$$

4.1.12 Perhitungan Perubahan Harga Intensitas Jejak Kaki Semut Wilayah Lhokseumawe

Adapun cara untuk menghitung perubahan harga intensitas semut adalah sebagai berikut:

$$\Delta \tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k}$$

$$\Delta \tau_{GB1}^k = \frac{1}{143,7} + \frac{1}{208} + \frac{1}{226,3} + \frac{1}{217,6} + \frac{1}{238,6} + \frac{1}{219,2} + \frac{1}{225,4} + \frac{1}{235,3} + \frac{1}{212,8} + \frac{1}{122,55} + \frac{1}{218,7} + \frac{1}{227,3} + \frac{1}{240,4} + \frac{1}{248,8} + \frac{1}{2445,1} + \dots = 0,07$$

Jadi, total perubahan harga intensitas jejak kaki semut mempunyai nilai yang sama disetiap simpulnya yaitu 0,07.

4.1.13 Perhitungan Harga Intensitas Jejak Semut Antar Simpul Untuk Siklus Selanjutnya di Wilayah Lhokseumawe

Nilai intensitas jejak semut antar simpul (τ_{ij}) pada awal perhitungan ditetapkan dengan angka awal yang kecil. τ_{ij} harus diinisialisasikan sebelum memulai siklus dan digunakan dalam persamaan probabilitas tempat yang akan dikunjungi. Pada penelitian ini, nilai *pheromone* menggunakan nilai awal sebesar 0,5.

Perhitungan harga atau nilai intensitas jejak semut antar simpul untuk siklus jejak semut antar simpul untuk siklus selanjutnya dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

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

$$\tau_{GA1} = 0,5 \cdot 0,5 + 0,07 = 0,32$$

Perhitungan tersebut dilakukan sampai pada kolom terakhir dengan perhitungan yang sama. Pencarian intensitas jejak semut lainnya dicari dengan cara yang sama.

4.1.14 Penentuan Jalur Dengan Mencari Nilai Probabilitas Untuk Wilayah Lhokseumawe

Perhitungan probabilitas tujuannya untuk menentukan simpul yang akan menjadi tujuan perjalanan semut. Nilai probabilitas tertinggi dari suatu simpul tujuan selanjutnya. Adapun cara untuk menghitung nilai probabilitasnya adalah sebagai berikut:

$$P_{GG}^{ij} = \frac{[\tau_{ij}]^{\alpha} \cdot [\eta_{ij}]^{\beta}}{[\tau_{01}]^{\alpha} \cdot [\eta_{01}]^{\beta} + [\tau_{02}]^{\alpha} \cdot [\eta_{02}]^{\beta} + [\tau_{03}]^{\alpha} \cdot [\eta_{03}]^{\beta} + [\tau_{04}]^{\alpha} \cdot [\eta_{04}]^{\beta} + [\tau_{05}]^{\alpha} \cdot [\eta_{05}]^{\beta} + [\tau_{06}]^{\alpha} \cdot [\eta_{06}]^{\beta} + [\tau_{07}]^{\alpha} \cdot [\eta_{07}]^{\beta} + [\tau_{08}]^{\alpha} \cdot [\eta_{08}]^{\beta} + [\tau_{09}]^{\alpha} \cdot [\eta_{09}]^{\beta} + [\tau_{10}]^{\alpha} \cdot [\eta_{10}]^{\beta} + [\tau_{11}]^{\alpha} \cdot [\eta_{11}]^{\beta} + [\tau_{12}]^{\alpha} \cdot [\eta_{12}]^{\beta} + [\tau_{13}]^{\alpha} \cdot [\eta_{13}]^{\beta} + [\tau_{14}]^{\alpha} \cdot [\eta_{14}]^{\beta} + [\tau_{15}]^{\alpha} \cdot [\eta_{15}]^{\beta}}$$

$$P_{GG}^{ij} = 0$$

Perhitungan nilai probabilitas lainnya dihitung dengan cara yang sama. Adapun hasil perhitungan nilai probabilitas antar simpul dapat dilihat pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8 Nilai Probabilitas Antar Simpul Di Wilayah Lhokseumawe

	G	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15
G	0	0,0004	0,0004	0,0001	0,0004	0,0001	0,0004	0,0004	0,0004	0,0001	0,0004	0,0004	0,0004	0,0001	0,0004	0,0004
B1	0,0003	0	0,0683	0,0029	0,0069	0,0032	0,0037	0,0038	0,0048	0,0030	0,0020	0,0039	0,0043	0,0015	0,0048	0,0038
B2	0,0003	0,0808	0	0,0029	0,0058	0,0033	0,0028	0,0017	0,0037	0,0005	0,0041	0,0040	0,0045	0,0015	0,0050	0,0017
B3	0,0000	0,0008	0,0008	0	0,0058	0,0031	0,0542	0,1069	0,0645	0,0903	0,0903	0,0450	0,0267	0,0016	0,0179	0,0012
B4	0,0002	0,0071	0,0045	0,0123	0	0,0069	0,0187	0,0159	0,0155	0,0018	0,0116	0,0123	0,0333	0,0030	0,0166	0,0027
B5	0,0001	0,0014	0,0006	0,0236	0,0034	0	0,0116	0,0309	0,0815	0,0014	0,2939	0,0266	0,0307	0,0027	0,0262	0,0016
B6	0,0001	0,0021	0,0010	0,0547	0,0104	0,0180	0	0,1550	0,0486	0,0016	0,0470	0,0326	0,0292	0,0020	0,0491	0,0019
B7	0,0000	0,0010	0,0003	0,0337	0,0030	0,0161	0,0531	0	0,3269	0,0010	0,0539	0,1037	0,0484	0,0012	0,0345	0,0020
B8	0,0001	0,0009	0,0004	0,0163	0,0022	0,0340	0,0136	0,2762	0	0,0009	0,1540	0,1319	0,0455	0,0010	0,0391	0,0009
B9	0,0001	0,0024	0,0009	0,1641	0,0018	0,0020	0,0026	0,0020	0,0042	0	0,0021	0,0011	0,0035	0,0151	0,0026	0,0027
B10	0,0001	0,0010	0,0008	0,0255	0,0025	0,1505	0,0162	0,0519	0,1791	0,0006	0	0,1695	0,0360	0,0009	0,0303	0,0013
B11	0,0001	0,0008	0,0005	0,0191	0,0024	0,0175	0,0149	0,1267	0,1693	0,0006	0,2043	0	0,1011	0,0013	0,1035	0,0012
B12	0,0001	0,0011	0,0008	0,0090	0,0061	0,0144	0,0074	0,0431	0,0474	0,0008	0,0322	0,0903	0	0,0018	0,4335	0,0019
B13	0,0000	0,0011	0,0014	0,0044	0,0033	0,0070	0,0044	0,0051	0,0082	0,0198	0,0068	0,0071	0,0103	0	0,0071	0,0009
B14	0,0001	0,0010	0,0008	0,0038	0,0143	0,0175	0,0425	0,0463	0,0006	0,0314	0,1070	0,4617	0,0013	0	0,0016	0,0016
B15	0,0001	0,0022	0,0013	0,0041	0,0031	0,0040	0,0049	0,0098	0,0089	0,0488	0,0079	0,0081	0,0114	0,0095	0,0092	0

Berdasarkan Tabel 8 diatas nilai probabilitas antar simpul di wilayah Lhokseumawe dengan simpul awal G (gudang), selanjutnya terpilih probabilitas paling tinggi selanjutnya yaitu simpul G = 0,0004 dari simpul G terpilih probabilitas selanjutnya yaitu simpul B1 = 0,0683 dan seterusnya simpul B2 = 0,0029, simpul B3 = 0,0058, simpul B4 = 0,0093, simpul B5 = 0,0116, simpul B6 = 0,1550, simpul B7 = 0,3269, simpul B8 = 0,0009, simpul B10 = 0,1540, simpul B14 = 0,0303, simpul B15 = 0,0016, simpul B11 = 0,0081, simpul B12 = 0,1011, simpul B13 = 0,0018 kembali lagi ke simpul awal dengan nilai probabilitas dari simpul B13 ke G = 0,0198. Jadi simpul yang terbentuk adalah G-B1-B2-B3-B4-B5-B6-B7-B8-B10-B14-B15-B11-B12-B13-B9-G. Jadi jarak yang ditempuh berdasarkan metode ACO adalah sebesar 122,55 Km dan terpilih jalur terbaik yaitu jalur 10.

4.1.15 Perhitungan Biaya Pengeluaran

Dalam menghitung biaya BBM yang dikeluarkan dalam proses pendistribusian sirup ke konsumen wilayah bireuen dan Lhokseumawe dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Biaya BBM} = \frac{\text{Jarak yang di tempuh}}{\text{Konsumsi BBM per liter}} \times \text{Harga BBM}$$

Berikut adalah perhitungan biaya BBM yang dikeluarkan UD. Sirup Cap Bunga Padi saat ini:

Untuk satu titik lokasi konsumen:
 Wilayah Bireuen = $\frac{130,55 \text{ km}}{9 \text{ km/liter}} \times \text{Rp } 7.650$
 = Rp 110.968
 Wilayah Lhokseumawe = $\frac{143,7 \text{ km}}{9 \text{ km/liter}} \times \text{Rp } 7.650$
 = Rp 122.145

Untuk keseluruhan titik konsumen:

Wilayah Bireuen = Rp 110.968 x 17
 = Rp 1.886.456
 Wilayah Lhokseumawe = Rp 122.145 x 15
 = Rp 1.832.175

Biaya total distribusi:

Wilayah Bireuen = Biaya BBM + Biaya gaji supir dan kernet
 = Rp 1.886.456 + Rp 200.000
 = Rp 2.086.456
 Wilayah Lhokseumawe = Biaya BBM + Biaya gaji supir dan kernet
 = Rp 1.832.175 + Rp 200.000
 = Rp 2.032.175

Jadi, total biaya dalam yang dikeluarkan UD. Sirup Cap Bunga Padi dalam sekali pendistribusian barang ke konsumen sebelum menggunakan metode ACO yaitu untuk wilayah bireuen sebesar Rp 2.086.456 dan untuk wilayah lhokseumawe sebesar Rp 2.032.175.

Berikut adalah perhitungan biaya BBM yang dikeluarkan UD. Sirup Cap Bunga Padi setelah menggunakan metode ACO:

Untuk satu titik lokasi konsumen:
 Wilayah Bireuen = $\frac{105,3 \text{ km}}{9 \text{ km/liter}} \times \text{Rp } 7.650$
 = Rp 89.505
 Wilayah Lhokseumawe = $\frac{122,9 \text{ km}}{9 \text{ km/liter}} \times \text{Rp } 7.650$
 = Rp 104.125

Untuk keseluruhan titik konsumen:

Wilayah Bireuen = Rp 89.505 x 17
 = Rp 1.521.585
 Wilayah Lhokseumawe = Rp 104.125 x 15
 = Rp 1.561.875

Biaya total distribusi:

Wilayah Bireuen = Biaya BBM + Biaya gaji supir dan kernet
 = Rp 1.521.585 + Rp 200.000
 = Rp 1.721.585
 Wilayah Lhokseumawe = Biaya BBM + Biaya gaji supir dan kernet
 = Rp 1.561.875 + Rp 200.000
 = Rp 1.761.875

4.2 Pembahasan

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan maka didapatkan jumlah total selisih hasil perhitungan jarak, biaya BBM untuk pendistribusian sirup kekonsumen sebelum menggunakan metode ACO dan sesudah menggunakan metode ACO yang dapat dilihat pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9 Perbandingan selisih jarak, biaya BBM Sebelum dan Sesudah Menggunakan Metode ACO

	Sebelum ACO		Sesudah ACO		Total Selisih	
	Bireuen	Lhokseumawe	Bireuen	Lhokseumawe	Bireuen	Lhokseumawe
Jarak (Km)	130,55	143,7	105,3	122,5	25,25	21,2
Biaya BBM	Rp 2.086.456	Rp 2.032.175	Rp 1.721.585	Rp 1.761.875	Rp 364.871	Rp 270.300

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data dapat ditarik kesimpulan mengenai penugasan rute distribusi barang menggunakan *algoritma ant colony optimization* pada UD. Sirup Cap Bunga Padi Bireuen adalah sebagai berikut:

- Berdasarkan perhitungan yang dilakukan maka didapat rute terbaik pendistribusian sirup wilayah bireuen adalah Gudang – Kota Bireuen – Geulumpang Panyong – Geudong-Geudong – Juli Seutuy – Buket Teukeh – Geulanggang Teungoh – Juli Cot Meurak – Cot Ijue – Kuta Baro – Meunasah Alue – Meunasah Baroh – Cot Trieng – Cot Tarom Baroh – Lipah Rayeuk – Meunasah Teungoh – Paloh Seulimeng – Cot Unoe – Gudang. Jadi total jarak yang ditempuh berdasarkan metode ACO adalah sebesar 105,3 Km dan terpilih jalur terbaik yang dilalui semut yaitu jalur 7. Sedangkan untuk wilayah lhokseumawe, berdasarkan perhitungan yang dilakukan maka didapat rute terbaik pendistribusian sirup adalah Gudang - Batuphat Timur - Blang Pulo - Hagu selatan - Ujong Blang - Pusong Baru - Uteuen Bayi - Kuta Blang - Kota Lhokseumawe - Keude Aceh - Keude Cunda- Alue Lim - Mon Geudong - Uteuen Kot - Keude Peuntet - Blang Buloh - Gudang. Jadi jarak yang ditempuh berdasarkan metode ACO adalah sebesar 122,5 Km dan terpilih jalur terbaik yaitu jalur 10.
- Berdasarkan rute distribusi yang terpilih dari wilayah bireuen maka didapatkan biaya pendistribusian yang dikeluarkan yaitu sebesar Rp 1.721.585 dengan penghematan biaya yang didapat sebesar Rp 364.871 sedangkan untuk biaya pendistribusian yang dikeluarkan wilayah lhokseumawe yaitu sebesar Rp 1.761.875 dengan penghematan biaya yang didapat sebesar Rp 270.300.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atika Hartati Situmeang, D. P. (2018). *Analisis Rute Pick Uo Barang Daily Costumer Terhadap Optimasi Rute Pick Up Di PT Dianta Daya Embara Dengan Menggunakan Metode Ant Colony Optimization. Jurnal Logistik Bisnis*, 20.
- [2] Bullnheimer, B. H. (1997). *A new rank based version of the ant system-A computational study . Technical report*.
- [3] Chopra, S. (2013). *Supply Chain Management*. England: Person Edition Limited Hal 13.
- [4] Deny Wiria Nugraha, A.Y.(2019). *Penentuan Rute Pendistribusian Produk Air Mineral Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization. Jurnal Ilmiah*.

- [5] Dorigo, M. d. (1997). *Ant Colonies For The Travelling Salesman Problem. Tech.Rep/IRDIA/1996-003.*
- [6] Dorigo, M. M. (1991a). *positive feedback as a search strategy.*
- [7] Dorigo, M. M. (1996). *The Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents. IEEE Transactions on system, Man, and Cybernetics, 1-13.*
- [8] Gitosudarmo. (1998). *Manajemen Bisnis Logistik.*
- [9] Guardio Eraniola, E. S. (2021). *Menentukan Rute Kendaraan PT. Sarana Cahaya Makmur Metode Algoritma Ant Colony Optimization. IKRA-ITH TEKNOLOGI.*
- [10] Guardio Eraniola, E. S. (2021). *Menentukan Rute Kendaraan PT. Sarana Cahaya Makmur Metode Algoritma Ant Colony Optimization . IKRA-ITH TEKNOLOGI.*
- [11] Hery Suliantoro, A.S(n.d). *Perancangan Rute Distribusi Beras Sejahtera Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization.*
- [12] Mutakhirroh, I. S. (2007). *Pemanfaatan Metode Heuristik Dalam Pencarian Jalur Terpendek Dengan Algoritma Semut dan Algoritma Genetik. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi.*
- [13] Salim, A. (1993). *Manajemen Transportasi.* jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- [14] Via Risqiyanti, H. Y. (2019). *Pencarian Jalur Tependek Menggunakan Metode Algoritma "Ant Colony Optimization" Pada GUI Matlab. Gaussian.*
- [15] Yosua Christopher Sitanggang, C. D. (2018). *Pemilihan Rute Optimal Penjemputan Penumpang Travel Menggunakan Ant Colony Optimization Pada Multiple Travelling Salesman Problem (M-TSP). Pengembangan Teknologi Informasi dan ilmu komputer.*