

ANALISIS RUTE PICK UP BARANG DAILY CUSTOMER TERHADAP OPTIMASI RUTE PICK UP DI PT DIANTA DAYA EMBARA DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO)

Atika Hartati Situmeang¹, Dodi Permadi, ST., MT.²

Program Studi Diploma IV, Jurusan Logistik Bisnis, Politeknik Pos Indonesia

Email: attikasitumeang@gmail.com

ABSTRAK

PT Dianta Daya Embara (DDE) merupakan salah satu perusahaan courier express yang berdiri sejak tahun 2015. Perusahaan ini merupakan perusahaan yang memiliki customer atau pelanggan yang bersifat B2B (business to business). Customer DDE dari awal berdiri sampai dengan sekarang ada sebanyak 36 customer dengan jenis customer daily pick up (penjemputan barang harian secara rutin) dan non daily pick up (penjemputan barang harian tidak secara rutin). Rute pick up yang dilakukan dalam 1 hari terbagi menjadi 6 jalur yang dibagi lagi kedalam 2 wilayah, yaitu wilayah Jabodetabek 1 dan Wilayah Jabodetabek 2. Dalam kegiatan pickup ini PT Dianta Daya Embara menginginkan rute kunjungan terbaik, namun PT Dianta Daya belum memiliki metode tertentu untuk mengetahui rute kunjungan yang digunakan selama ini sudah baik atau belum, sehingga hal tersebut menarik untuk dianalisis.

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan sebagai usulan untuk pemecahan masalah adalah Ant Colony Optimization (ACO) yaitu metode yang meniru sekawanan semut yang mencari rute terpendek untuk mencari makan dari sarang mereka sampai ke tempat makan itu berada. Batasan masalah untuk pemecahan masalah ini, dilakukan di wilayah Jabodetabek, penelitian hanya dilakukan di bagian pick up pada daily customer.

Berdasarkan perhitungan metode Algoritma ACO, selisih jarak tempuh rute kunjungan sebelum dan sesudah dianalisis adalah sebesar 264,69 Km. Sedangkan untuk biaya penggunaan BBM perhari sebesar Rp. 220.575,- dan untuk biaya tol sebesar Rp. 32.500. Rute kunjungan yang sebaiknya digunakan oleh PT Dianta Daya Embara adalah Jabodetabek 1: PT Dianta Daya Embara – Mirota – Givi – Sandmaster – Galaxy Dunia Halal – Gedung TMT – Baruna Dirga Dharma – Tri Swardana – Pan Asia – Energy Logistic – Duta Firza – Transdata - PT Dianta Daya Embara, dan untuk Jabodetabek 2: DDE – Shopee – Berca Niaga Medika – Fuji Electric – Aroma – CKB Cakung – DDE.

Kata Kunci: *Vehicle Routing Problem, Ant Colony Optimization(ACO), Graf, Rute, Optimalisasi.*

1. PENDAHULUAN

PT Dianta Daya Embara (DDE) merupakan salah satu perusahaan *courier express* yang berdiri sejak tahun 2015. Perusahaan ini merupakan perusahaan yang memiliki *customer* atau pelanggan yang bersifat B2B (*business to business*) yaitu *customer* yang berbentuk sebuah perusahaan. *Customer* DDE dari awal berdiri sampai dengan sekarang ada sebanyak 36 *customer* dengan jenis *customer daily pick up* (penjemputan barang harian secara rutin) dan *non daily pick up* (penjemputan barang harian tidak secara rutin).

Dari 36 *customer* DDE yang ada di atas dibagi lagi menjadi *customer daily pick up* dan *customer non daily pick up*. *Customer daily pick up* terdiri dari 22 *customer* dan 14 *customer non daily pick up*. Belum optimalnya pemilihan rute untuk *pick up* (penjemputan) barang *daily customer* diatas merupakan salah satu masalah transportasi yang dihadapi oleh DDE.

Permasalahan transportasi ini biasanya disebut dengan *Vehicle Routing Problem* (VRP) yaitu suatu permasalahan transportasi yang memiliki banyak varian, yang menggambarkan masalah transportasi sebagai model graf, yang bertujuan untuk menemukan rute dengan biaya minimum untuk pengiriman / pengangkutan suatu produk / barang kepada sejumlah *customer* di beberapa lokasi yang berbeda, telah banyak metode atau algoritma yang dipakai atau diadaptasi untuk memecahkan permasalahan ini.

Metode *Ant Colony Optimization* (ACO) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memecahkan *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang metodenya sangat fungsional di dunia nyata dengan melakukan optimalisasi penentuan rute dengan tujuan menemukan rute terpendek dan dengan biaya yang seminimal mungkin.

Dengan adanya latar belakang tersebut maka penulis melakukan penelitian dan

tertarik untuk memilih judul skripsi “**Analisis Rute Pick Up Barang Daily Customer Terhadap Optimalisasi Rute Pick Up di PT Dianta Daya Embara dengan Menggunakan Metode Ant Colony Optimization (ACO).**”

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu:

1. Bagaimana rute yang digunakan DDE dalam kegiatan *pick up* barang ke *daily customer* saat ini?
2. Bagaimana rute optimal DDE dalam kegiatan *pick up* barang ke *daily customer*?

TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan yang ingin dicapai oleh mahasiswa dalam Skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui rute yang digunakan DDE dalam kegiatan *pick up* barang ke *daily customer* saat ini.
2. Untuk mengetahui rute optimal DDE dalam kegiatan *pick up* barang ke *daily customer*.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada usulan pemecahan Skripsi adalah metode *Ant Colony Optimization* (ACO) yaitu metode yang meniru sekawanan semut yang mencari rute terpendek untuk mencari makan dari sarang mereka sampai ke tempat makan itu berada.

Adapun teknik analisis data yang digunakan peneliti berdasarkan tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Pengumpulan Data

Melakukan pengumpulan data dari bagian Operasional di Kantor Pos Boyolali. Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa cara. Berikut cara pengumpulan data yang dilakukan penulis:

- Data alamat *daily customer* DDE
- Data jarak
- Data kendaraan

b. Tetapkan nilai parameter $Q, m, \tau, \alpha, \beta, \rho, NC_{max}$

Menentukan parameter-parameter yang diperlukan pada Algoritma Semut adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi jejak semut antar kota (τ_{ij}) dan perubahannya ($\Delta\tau_{ij}$).

Penetapan nilai *pheromone* awal dimaksudkan agar tiap-tiap ruas memiliki nilai ketertarikan untuk dikunjungi oleh tiap-tiap semut. (τ_{ij}) digunakan untuk persamaan probabilitas tempat yang akan dikunjungi. Nilai dari semua *pheromone* pada awal perhitungan ditetapkan dari angka kecil yaitu $0 \leq \tau_{ij} \leq 1$. ($\Delta\tau_{ij}$) adalah perubahan harga intensitas jejak semut. ($\Delta\tau_{ij}$) diinisialisasikan setelah selesai satu siklus. ($\Delta\tau_{ij}$) memperbaharui intensitas jejak semut dan digunakan untuk menentukan (τ_{ij}) diinisialisasikan setelah selesai dengan siklus. ($\Delta\tau_{ij}$) memperbaharui intensitas jejak semut dan digunakan untuk menentukan (τ_{ij}) siklus selanjutnya.

2. Tetapan siklus semut (Q).

Q merupakan konstanta yang digunakan dalam persamaan untuk menentukan τ_{ij} dengan nilai $Q \geq 0$.

3. Tetapan pengendali intensitas jejak semut (α).

α digunakan dalam persamaan probabilitas simpul yang akan dikunjungi dan berfungsi sebagai pengendali intensitas jejak semut. Untuk nilai parameter α sebaiknya diberikan nilai $0 \leq \alpha \leq 1$

Tetapan pengendali (β).

β digunakan dalam persamaan probabilitas simpul yang akan dikunjungi dan berfungsi sebagai pengendali visibilitas

dengan nilai $\beta \geq 0$, hal ini dimaksudkan untuk menghindari akumulasi yang tidak terbatas pada perhitungan visibilitas.

4. Banyaknya semut (m).

m merupakan banyak semut yang akan melakukan siklus dalam algoritma semut. Nilai m ditentukan oleh pegguna.

5. Tetapan penguapan jejak semut ρ .

ρ digunakan untuk memperbaharui intensitas jejak semut τ_{ij} untuk siklus selanjutnya. Dalam memperbaharui *pheromone* dibutuhkan satu parameter ρ yang memiliki $0 \leq \rho \leq 1$.

c. Mencari jarak antar simpul.

Pencarian jarak antar simpul sangat diperlukan dalam perhitungan Algoritma Semut.

d. Menentukan rute kunjungan.

Rute kunjungan dilakukan oleh koloni semut dimulai dari simpul awal menuju semua simpul lainnya kemudian kembali ke simpul awal keberangkatan

e. Menghitung visibilitas antar simpul (η_{ij}).

Visibilitas antar simpul (η_{ij}) digunakan dalam persamaan probabilitas simpul yang akan dikunjungi. Nilai (η_{ij}) diperoleh dari persamaan berikut ini :

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

keterangan :

d = Jarak i = Simpul awal

j = Simpul akhir

Penentuan parameter intensitas jejak kaki semut awal (τ_{ij}) dan setelah satu siklus selesai perlu ada perhitungan perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar simpul. $\Delta\tau_{ij}^k$ untuk memulai siklus selanjutnya. Dihitung dengan persamaan :

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k$$

Dengan $\Delta\tau_{ij}^k$ adalah perubahan harga intensitas jejak kaki semut antar simpul setiap smut yang dihitung berdasarkan persamaan :

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{L_k} & \text{untuk } (i,j) \in \text{simpul awal dan akhir tabung} \\ 0 & \text{untuk } (i,j) \text{lainnya} \end{cases}$$

Dengan :

- Q = Tetapan siklus semut
- L_k = Jarak tempuh
- m = Banyak semut

f. Menghitung nilai intensitas jejak kaki antar simpul untuk siklus selanjutnya.

Harga intensitas jejak kaki semut antar simpul untuk siklus selanjutnya akan ada perubahan dari intensitas jejak kaki semut awal(τ_{ij})dikarenakan adanya penguapan dan perbedaan banyak semut yang melewati jalur tersebut.

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

Dengan :

- ρ = Tetapan penguapan jejak semut
- $\tau_{ij} (\text{awal})$ = Inisialisasi jejak semut antar kota
- $\Delta\tau_{ij}$ = Perubahannya inisialisasi jejak semut antar kota

g. Menghitung nilai probabilitas (p_{ij}^k)

Perhitungan probabilitas tujuannya untuk menentukan simpul yang akan menjadi tujuan perjalanan semut. Nilai probabilitas tertinggi dari suatu simpul akan menjadi simpul tujuan selanjutnya. Probabilitas dihitung berdasarkan persamaan.

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{t=1}^n [\tau_{ij'}]^\alpha \cdot [\eta_{ij'}]^\beta}$$

Dengan :

i = Simpul awal

j = Simpul tujuan

k = Sebagai Koloni semut

τ_{ij} = Intensitas jejak kaki semut

η_{ij} = Visibilitas antar simpul

α = Pengendali intensitas jejak semut

β = Pengendali visibilitas

4.3.1 HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan jalur untuk proses melakukan penjemputan ke *daily customer* dari PT Dianta Daya Embara yang dilakukan secara rutin setiap hari ke *customer* yang ada, untuk mempermudah dalam pemodelan graf setiap *customer* diberikan simbol. Berikut adalah simbol simpul untuk setiap *daily customer* di wilayah Jabodetabek:

Tabel 4.4 Simbol Simpul *Daily Customer* DDE

| No | Daily Customer | Simbol Huruf |
|----|------------------------|--------------|
| 1 | Dianta Daya Embara | A |
| 2 | PT Givi Indonesia | B |
| 3 | PT Mirota Ksm | C |
| 4 | PT Sandmaster | D |
| 5 | Gedung TMT | E |
| 6 | PT Galaxi Dunia Halal | F |
| 7 | PT Baruna Dirga Dharma | G |
| 8 | PT Transdata | H |
| 9 | PT Pan Asia | I |
| 10 | PT Triswardana | J |
| 11 | PT Energy Logistic | K |
| 12 | PT Duta Firza | L |
| 13 | PT Aroma | M |
| 14 | PT Shopee | N |
| 15 | PT Fuji Electric | O |
| 17 | PT Berca Niaga Medika | P |
| 18 | PT CKB Cakung | Q |

Sumber: Data Hasil Pengolahan

4.3.1 Penentuan Rute dengan Metode Algoritma Ant Colony Optimization

Nilai-nilai parameter yang digunakan untuk menghitung nilai probabilitas semut dengan persamaan sebagai berikut:

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{t=1}^n [\tau_{ij'}]^\alpha \cdot [\eta_{ij'}]^\beta} \dots \dots (IV.1)$$

Keterangan

α = Pengendali Intensitas jejak Semut

- β = Pengendalian Visibilitas
- p = Tetapan Penguapan Jejak Semut
- τ_{ij} = Inisialisasi Jejak Semut Antar Kota
- Q = Tetapan Siklus Semut

Berikut adalah nilai parameter yang digunakan untuk menentukan rute dengan menggunakan metode ACO:

$$\alpha = 1 \quad \beta = 2$$

$$p = 0,5 \quad \tau_{ij} = 0,5$$

$Q = 1$, dimana dengan adanya parameter tersebut dapat membantu dalam proses perhitungan untuk mencari probabilitas pada metode *Ant Colony Optimization* ini.

4.3.2 Penentuan Rute Angkutan di wilayah Jabodetabek 1

Penentuan rute angkutan di wilayah Jabodetabek 1 dilakukan untuk mempermudah proses perhitungan yang akan dilakukan, dengan menentukan beberapa cara diantaranya, yaitu:

4.3.2.1 Jarak Antar *Daily Customer* Jabodetabek 1

Dalam penentuan rute angkutan diperlukan data jarak antar simpul. Berikut adalah jarak antara simpul *daily customer* di wilayah Jabodetabek 1:

Tabel 4.5 Jarak antar Simpul *Daily Customer* Wilayah Jabodetabek 1

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| A | 0 | 4,2 | 1,31 | 6 | 29 | 27 | 28 | 27 | 26 | 30 | 27 | 31 |
| B | 4,2 | 0 | 4 | 1,1 | 29 | 27 | 28 | 27 | 26 | 30 | 27 | 31 |
| C | 1,31 | 4 | 0 | 7 | 28 | 28 | 27 | 27 | 24 | 29 | 27 | 31 |
| D | 6 | 1,1 | 7 | 0 | 27 | 25 | 27 | 26 | 23 | 29 | 26 | 30 |
| E | 29 | 29 | 28 | 27 | 0 | 2,1 | 2 | 19 | 8 | 19 | 5,3 | 14 |
| F | 27 | 27 | 28 | 25 | 2,1 | 0 | 4,1 | 17 | 2,6 | 6,3 | 3,8 | 16 |
| G | 28 | 28 | 27 | 27 | 2 | 4,1 | 0 | 19 | 4,1 | 2,4 | 5,2 | 14 |
| H | 27 | 27 | 27 | 26 | 19 | 17 | 19 | 0 | 1,5 | 19 | 17 | 13 |
| I | 26 | 26 | 24 | 23 | 8 | 3,6 | 4,1 | 1,5 | 0 | 3,8 | 3,3 | 16 |
| J | 30 | 30 | 29 | 29 | 19 | 6,2 | 2,4 | 19 | 2,8 | 0 | 7,6 | 11 |
| K | 27 | 27 | 27 | 26 | 5,3 | 3,8 | 5,2 | 17 | 3,3 | 7,6 | 0 | 11 |
| L | 31 | 31 | 31 | 30 | 14 | 16 | 14 | 13 | 16 | 11 | 11 | 0 |

Sumber: PT Dianta Daya Embara

Keterangan : Jarak tersebut didapat berdasarkan dari tabel 4.6 yang sudah diberi simbol.

4.3.2.2 Penentuan Rute Kunjungan Jabodetabek 1

Penentuan rute kunjungan setiap semut dapat ditempatkan pada titik A dan akan kembali lagi ke titik yang sama, karena titik A merupakan titik awal dan titik akhir dari pada rute ini. Berikut adalah tabel

perjalanan semut untuk *daily pick up* DDE di wilayah Jabodetabek:

Tabel 4.6 Perjalanan Semut di wilayah Jabodetabek 1

| No | Perjalanan yang Terbentuk | Total Jarak |
|----|---------------------------|-------------|
| 1 | A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-A | 137.8 |
| 2 | A-C-D-E-F-G-H-L-J-K-I-B-A | 135.02 |
| 3 | A-D-H-I-K-E-B-L-G-F-C-J-A | 219 |
| 4 | A-F-B-L-I-E-C-J-K-G-H-D-A | 230 |
| 5 | A-C-B-D-F-E-G-J-I-K-L-H-A | 101.01 |
| 6 | A-E-I-G-L-B-C-F-J-K-D-H-A | 209 |
| 7 | A-H-B-K-C-L-E-D-J-F-I-G-A | 250 |
| 8 | A-J-E-I-L-K-C-B-D-F-G-H-A | 191 |
| 9 | A-K-I-G-H-F-E-D-L-B-C-J-A | 224 |
| 10 | A-G-I-K-L-B-C-E-F-H-D-J-A | 184 |
| 11 | A-E-D-B-C-I-H-K-F-G-J-L-A | 170 |
| 12 | A-E-B-C-D-K-L-J-I-H-F-G-A | 158 |

Sumber: Hasil Pengelolahan Jarak

Keterangan : Banyaknya semut sama dengan jumlah titik pada masalah ($m = n$). Hal ini untuk menghindari jumlah semut yang berlebih sehingga akan menimbulkan ketidakefektifan dalam penyelesaian. Penempatan semut pada awal algoritma yaitu dengan menempatkan satu semut pada satu titik saja. Hal ini untuk menghindari penumpukan semut pada satu jalur yang sama yang akan menimbulkan stagnasi.

4.3.2.3 Perhitungan Visibilitas antar Simpul (η_{ij}) Jabodetabek 1

Visibilitas antar simpul (η_{ij}) digunakan dalam persamaan probabilitas simpul yang akan dikunjungi. Sebelum memasuki perhitungan probabilitas dalam perhitungan algoritma semut maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan awal untuk menghitung visibilitas antar simpul. Berikut adalah cara untuk menghitung nilai visibilitas simpul A menuju simpul B dengan jarak 4,2 km:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \dots\dots\dots(IV.2)$$

$$\eta_{AB} = \frac{1}{d_{AB}} = \frac{1}{4,2} = 0,24$$

Jadi, visibilitas dari simpul A menuju simpul B adalah sebesar 0,24, dan seterusnya. Nilai visibilitas simpul lainnya di dapatkan dengan cara yang sama. Berikut adalah tabel hasil perhitungan nilai visibilitas antar semua simpul:

Tabel 4.7 Visibilitas antar Simpul di wilayah Jabodetabek 1

| Dari/Ke | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| A | 0 | 0,24 | 0,76 | 0,17 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| B | 0,24 | 0,00 | 0,25 | 0,91 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| C | 0,76 | 0,25 | 0,00 | 0,14 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| D | 0,17 | 0,91 | 0,14 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| E | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,48 | 0,20 | 0,03 | 0,13 | 0,03 | 0,19 | 0,07 |
| F | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,48 | 0,00 | 0,24 | 0,06 | 0,38 | 0,16 | 0,38 | 0,06 |
| G | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,20 | 0,24 | 0,00 | 0,03 | 0,24 | 0,20 | 0,19 | 0,07 |
| H | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,07 | 0,03 | 0,06 | 0,07 |
| I | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,13 | 0,38 | 0,24 | 0,07 | 0,00 | 0,17 | 0,30 | 0,06 |
| J | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,16 | 0,20 | 0,03 | 0,17 | 0,00 | 0,13 | 0,06 |
| K | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,19 | 0,20 | 0,19 | 0,06 | 0,30 | 0,13 | 0,00 | 0,06 |
| L | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,09 | 0,09 | 0,00 |

Sumber: Hasil Perhitungan Nilai Visibilitas

Tabel 4.9 Intensitas Jejak Semut Awal (τ_{ij}) Jabodetabek 1

| Dari/Ke | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| B | 0,5 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| C | 0,5 | 0,3 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| D | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| E | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| F | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| G | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| H | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| I | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| J | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0 | 0,3 | 0,3 |
| K | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0 | 0,3 |
| L | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0 |

Sumber: Hasil Penetapan Nilai Intensitas Jejak Semut

4.3.2.4 Perhitungan Perubahan Harga Intensitas Jejak Kaki Semut Jabodetabek 1

Semut yang berjalan akan meninggalkan jejak *pheromone*. Adanya penguapan dan perbedaan banyak semut yang melewati jalur akan menyebabkan kemungkinan terjadinya perubahan harga intensitas semut antar simpul. Persamaan perubahan ini adalah:

$$\Delta \tau_{Tij}^k = \frac{Q}{L_k} \dots \dots \dots (IV.3)$$

$$\Delta \tau_{AB}^k = \frac{1}{137,8} + \frac{1}{135,02} + \frac{1}{219} + \frac{1}{230} + \frac{1}{101,01} + \frac{1}{209} + \frac{1}{250} + \frac{1}{191} + \frac{1}{224} + \frac{1}{184} + \frac{1}{170} + \frac{1}{158} = 0,070$$

Jadi, total perubahan harga intensitas jejak kaki semut mempunyai nilai yang sama di setiap simpulnya yaitu 0,070. Berikut adalah tabel perubahan intensitas jejak semut:

Tabel 4.8 Perubahan Intensitas Jejak Semut ($\Delta \tau_{ij}^k$) Jabodetabek 1

| Dari/Ke | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A | 0 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| B | 0,070 | 0,000 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| C | 0,070 | 0,070 | 0,000 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| D | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,000 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| E | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,000 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| F | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,000 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| G | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,000 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| H | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,000 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| I | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,000 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| J | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,000 | 0,070 | 0,070 |
| K | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,000 | 0,070 |
| L | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,000 |

Sumber: Hasil Perhitungan Nilai Perubahan Intensitas Jejak Kaki Semut

4.3.2.5 Perhitungan Harga intensitas Jejak Semut antar Simpul untuk Siklus Selanjutnya Jabodetabek 1

Nilai intensitas jejak semut antar simpul (τ_{ij}) pada awal perhitungan ditetapkan dengan angka awal yang kecil. Pada penelitian ini, Nilai *pheromone* menggunakan nilai awal sebesar 0,5. Berikut adalah tabel intensitas jejak semut awal:

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

$$\tau_{ij} = p \cdot \tau_{ij} (awal) + \Delta \tau_{ij} : \dots \dots (IV.4)$$

$$\tau_{AB} = 0,5 \cdot 0,5 + 0,070 = 0,320$$

Perhitungan tersebut dilakukan sampai pada kolom terakhir dengan perhitungan yang sama. Pencarian intensitas jejak semut lainnya dicari dengan cara yang sama. Berikut adalah tabel intensitas jejak semut yang telah diperbaharui untuk siklus selanjutnya:

Tabel 4.10 Intensitas Jejak Kaki Semut (τ_{ij}) Jabodetabek 1

| Dari/Ke | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| A | 0 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 |
| B | 0,320 | 0 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 |
| C | 0,320 | 0,320 | 0 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 |
| D | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 |
| E | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 |
| F | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,3198 |
| G | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 |
| H | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 |
| I | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0 | 0,320 | 0,320 | 0,320 |
| J | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0 | 0,320 | 0,320 |
| K | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0 | 0,320 |
| L | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0 |

Sumber: Hasil Perhitungan Intensitas Jejak Kaki Semut

4.2.2.6 Penentuan Jalur dengan Mencari Nilai Probabilitas Jabodetabek 1

Perhitungan probabilitas tujuannya untuk menentukan simpul yang akan menjadi tujuan perjalanan semut. Nilai probabilitas tertinggi dari suatu simpul tujuan selanjutnya. Probabilitas dihitung berdasarkan persamaan :

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{t=1}^n [\tau_{ij}^t]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \dots \dots \dots (IV.5)$$

$$P_{AA} = \frac{[0,320]^1 \cdot [0]^2}{\{[0]^1 [0]^2 + [0,320]^1 [0,24]^2 + \dots + [0,320]^1 [0,03]^2\}}$$

$$= 0$$

$$P_{AB} = \frac{[0,320]^1 \cdot [0,24]^2}{\{[0]^1 [0]^2 + [0,320]^1 [0,24]^2 + \dots + [0,320]^1 [0,03]^2\}}$$

$$= 0,0833$$

Perhitungan nilai probabilitas lainnya dihitung dengan cara yang sama. Berikut adalah tabel hasil perhitungan nilai probabilitas antar simpul:

Tabel 4.11 Nilai Probabilitas antar Simpul di Wilayah Jabodetabek 1

| Dari Ke | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---------|----------|--------|--------|--------|----------|---------|---------|----------|----------|--------|--------|--------|
| A | 0 | 0,0833 | 0,8602 | 0,041 | -0,00176 | 0,00203 | 0,00188 | 0,002023 | 0,002184 | 0,0016 | 0,002 | 0,002 |
| B | 0,059325 | 0 | 0,0654 | 0,8649 | 0,0012 | 0,0014 | 0,0013 | 0,0014 | 0,0015 | 0,0012 | 0,0014 | 0,0011 |
| C | 0,86142 | 0,0924 | 0 | 0,0302 | 0,00189 | 0,00219 | 0,00203 | 0,002028 | 0,002566 | 0,0018 | 0,002 | 0,002 |
| D | 0,02755 | 0,8197 | 0,0020 | 0 | 0,00136 | 0,00159 | 0,0014 | 0,0015 | 0,001587 | 0,0012 | 0,0015 | 0,001 |
| E | 0,000973 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0007 | 0 | 0,10924 | 0,12044 | 0,001334 | 0,023462 | 0,0042 | 0,0535 | 0,0077 |
| F | 0,002528 | 0,0025 | 0,0027 | 0,0029 | 0,41789 | 0 | 0,10963 | 0,006377 | 0,272615 | 0,0479 | 0,1276 | 0,007 |
| G | 0,002523 | 0,0025 | 0,0027 | 0,0027 | 0,49443 | 0,11765 | 0 | 0,005478 | 0,1177 | 0,1711 | 0,0791 | 0,01 |
| H | 0,00067 | 0,0007 | 0,0007 | 0,0007 | 0,00135 | 0,00169 | 0,00135 | 0 | 0,002172 | 0,0014 | 0,0017 | 0,002 |
| I | 0,004118 | 0,0041 | 0,0048 | 0,0045 | 0,04949 | 0,41178 | 0,16559 | 0,012372 | 0 | 0,0827 | 0,2556 | 0,011 |
| J | 0,006243 | 0,0062 | 0,0067 | 0,0067 | 0,01557 | 0,14618 | 0,48608 | 0,015565 | 0,167036 | 0 | 0,0973 | 0,046 |
| K | 0,005113 | 0,0051 | 0,0051 | 0,0055 | 0,13269 | 0,25812 | 0,13784 | 0,012897 | 0,342264 | 0,0645 | 0 | 0,031 |
| L | 0,024075 | 0,0241 | 0,0241 | 0,0257 | 0,11804 | 0,09037 | 0,11804 | 0,102826 | 0,090375 | 0,1912 | 0,1912 | 0 |

Sumber: Hasil Perhitungan Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.13 nilai probabilitas antara simpul di wilayah Jabodetabek 1 dengan simpul awal A, selanjutnya terpilih probabilitas tertinggi yaitu simpul C = 0,8602 dari simpul C terpilih probabilitas paling tinggi selanjutnya yaitu simpul B = 0,0924 dan seterusnya D = 0,8649, F = 0,00159, E = 0,41789, G = 0,12044, J = 0,1711, I = 0,167, K = 0,2556, L = 0,031, H = 0,00067, kembali lagi ke simpul awal dengan nilai probabilitas dari H ke A = 0,00203. Jadi simpul yang terbentuk adalah A-C-B-D-F-E-G-J-I-K- L-H-A. Jadi total jarak yang ditempuh berdasarkan metode ACO adalah sebesar 101.01 Km dan terpilih jalur terbaik dilalui semut ke 5.

4.3.3 Penentuan Rute Angkutan di wilayah Jabodetabek 2

4.3.3.1 Jarak Antar Daily Customer Jabodetabek 2

Dalam penentuan rute angkutan diperlukan data jarak antar simpul. Berikut adalah jarak antara simpul *daily customer* di wilayah Jabodetabek jalur 2:

Tabel 4.12 Jarak antar Simpul Daily Customer Wilayah Jabodetabek 2 dalam satuan Km

| Dari/Ke | A | M | N | O | P | Q |
|---------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|
| A | 0 | 43 | 31 | 37 | 37 | 61,54 |
| M | 43 | 0 | 8 | 7,3 | 6,1 | 22 |
| N | 31 | 8 | 0 | 3,7 | 3,2 | 35 |
| O | 37 | 7,3 | 3,7 | 0 | 3 | 19 |
| P | 37 | 6,1 | 3,2 | 3 | 0 | 19 |
| Q | 61,54 | 22 | 35 | 19 | 19 | 0 |

Sumber: PT Dianta Daya Embara

Keterangan : Jarak tersebut didapat berdasarkan dari tabel 4.6 yang sudah diberi simbol.

4.3.3.2 Penentuan Rute Kunjungan

Penentuan rute kunjungan setiap semut dapat ditempatkan pada titik A dan akan kembali lagi ke titik yang sama, karena titik A merupakan titik awal dan titik akhir dari pada rute ini. Berikut adalah tabel perjalanan semut untuk *daily pick up* DDE di wilayah Jabodetabek:

Tabel 4.13 Perjalanan Semut di wilayah Jabodetabek 1

| No | Perjalanan yang Terbentuk | Total Jarak |
|----|---------------------------|-------------|
| 1 | A-M-N-O-P-Q-A | 138 |
| 2 | A-P-N-M-O-Q-A | 136,04 |
| 3 | A-N-P-O-M-Q-A | 128 |
| 4 | A-Q-P-O-M-N-A | 138,24 |
| 5 | A-N-Q-M-P-O-A | 134 |
| 6 | A-P-O-N-Q-M-A | 143,7 |

Sumber: Hasil Pengelolahan Jarak

Keterangan : Banyaknya semut sama dengan jumlah titik pada masalah (m = n). Hal ini untuk menghindari jumlah semut yang berlebih sehingga akan menimbulkan ketidakefektifan dalam penyelesaian. Penempatan semut pada awal algoritma yaitu dengan menempatkan satu semut pada satu titik saja. Hal ini untuk menghindari penumpukan semut pada satu jalur yang sama yang akan menimbulkan stagnasi.

4.3.3.3 Perhitungan Visibilitas antar Simpul (η_{ij}) Jabodetabek 2

Visibilitas antar simpul (η_{ij}) digunakan dalam persamaan probabilitas simpul yang akan dikunjungi. Berikut adalah cara untuk menghitung nilai visibilitas simpul A menuju simpul B dengan jarak 43 km:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \dots\dots\dots(IV.2)$$

$$\eta_{AM} = \frac{1}{d_{AB}} = \frac{1}{43} = 0,02$$

Jadi, visibilitas dari simpul A menuju simpul M adalah sebesar 0,02, A menuju simpul N adalah sebesar 0,03, A menuju simpul O adalah sebesar 0,03, A

menuju simpul P adalah sebesar 0,03, A menuju simpul N adalah sebesar 0,02 dan seterusnya.

Nilai visibilitas simpul lainnya di dapatkan dengan cara yang sama. Berikut adalah tabel hasil perhitungan nilai visibilitas antar semua simpul:

Tabel 4.14 Visibilitas antar Simpul di wilayah Jabodetabek 2

| Dari/ Ke | A | M | N | O | P | Q |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| A | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| M | 0,02 | 0,00 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,05 |
| N | 0,03 | 0,13 | 0,00 | 0,27 | 0,31 | 0,03 |
| O | 0,03 | 0,14 | 0,27 | 0,00 | 0,33 | 0,05 |
| P | 0,03 | 0,16 | 0,31 | 0,33 | 0,00 | 0,05 |
| Q | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,00 |

Sumber: Hasil Perhitungan Nilai Visibilitas

4.3.3.4 Perhitungan Perubahan Harga Intensitas Jejak Kaki Semut ($\Delta \tau_{ij}^k$) Jabodetabek 2

Semut yang berjalan akan meninggalkan jejak *pheromone*. Adanya penguapan dan perbedaan banyak semut yang melewati jalur akan menyebabkan kemungkinan terjadinya perubahan harga intensitas semut antar simpul. Persamaan perubahan ini adalah:

$$\Delta \tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k} \dots \dots \dots (IV.3)$$

$$\Delta \tau_{AM}^k = \frac{1}{138} + \frac{1}{136,04} + \frac{1}{128} + \frac{1}{138,24} + \frac{1}{134} + \frac{1}{143,7} = 0,044$$

Jadi total perubahan harga intensitas jejak kaki semut mempunyai nilai yang sama di setiap simpulnya yaitu 0,044. Berikut adalah tabel perubahan intensitas jejak semut:

Tabel 4.15 Perubahan Intensitas Jejak Semut ($\Delta \tau_{ij}^k$) Jabodetabek 2

| Dari/ Ke | A | M | N | O | P | Q |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A | 0 | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0,044 |
| M | 0,044 | 0 | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0,044 |
| N | 0,044 | 0,044 | 0 | 0,044 | 0,044 | 0,044 |
| O | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0 | 0,044 | 0,044 |
| P | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0 | 0,044 |
| Q | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0 |

Sumber: Hasil Perhitungan Nilai Perubahan Intensitas Jejak Kaki Semut

4.3.3.5 Perhitungan Harga itensitas Jejak Semut antar Simpul untuk Siklus Selanjutnya Jabodetabek 2

Nilai itensitas jejak semut antar simpul ($\Delta \tau_{ij}$) pada awal perhitungan ditetapkan dengan angka awal yang kecil. Pada penelitian ini, Nilai *pheromone* menggunakan nilai awal sebesar 0,5. Berikut adalah tabel itensitas jejak semut awal:

Tabel 4.16 Itensitas Jejak Semut Awal ($\Delta \tau_{ij}$) Jabodetabek 2

| Dari/ Ke | A | M | N | O | P | Q |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| M | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| N | 0,5 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| O | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,5 |
| P | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0,5 |
| Q | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0 |

Sumber: Hasil Penetapan Nilai Intensitas Jejak Semut

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

$$\tau_{ij} = p \cdot \tau_{ij}(awal) + \Delta \tau_{ij} \dots \dots (IV.4)$$

$$\tau_{AM} = 0,5 \cdot 0,5 + 0,044 = 0,294$$

Perhitungan tersebut dilakukan sampai pada kolom terakhir dengan perhitungan yang sama. Pencarian intensitas jejak semut lainnya dicari dengan cara yang sama. Berikut adalah tabel itensitas jejak semut yang telah diperbaharui untuk siklus selanjutnya:

Tabel 4.17 Itensitas Jejak Kaki Semut (τ_{ij}) Jabodetabek 2

| Dari/ Ke | A | M | N | O | P | Q |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A | 0 | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0,294 |
| M | 0,294 | 0 | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0,294 |
| N | 0,294 | 0,294 | 0 | 0,294 | 0,294 | 0,294 |
| O | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0 | 0,294 | 0,294 |
| P | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0 | 0,294 |
| Q | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0 |

Sumber: Hasil Perhitungan Intensitas Jejak Kaki Semut

4.2.3.6 Penentuan Jalur dengan Mencari Nilai Probabilitas Jabodetabek 2

Perhitungan probabilitas tujuannya untuk menentukan simpul yang akan

menjadi tujuan perjalanan semut. Nilai probabilitas tertinggi dari suatu simpul tujuan selanjutnya. Probabilitas dihitung berdasarkan persamaan:

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [r_{ij}]^\beta}{\sum_{t=1}^n [\tau_{it}]^\alpha \cdot [r_{it}]^\beta} \dots \dots \dots (IV.5)$$

$$P_{AA} = \frac{[0,294]^1 \cdot [0]^2}{\{[0]^1 [0]^2 + [0,294]^1 [0,02]^2 + \dots + [0,294]^1 [0,02]^2\}}$$

$$= 0$$

$$P_{AM} = \frac{[0,294]^1 \cdot [0,03]^2}{\{[0]^1 [0]^2 + [0,294]^1 [0,02]^2 + \dots + [0,294]^1 [0,02]^2\}}$$

$$= 0,163572$$

Perhitungan nilai probabilitas lainnya dihitung dengan cara yang sama. Berikut adalah tabel hasil perhitungan nilai probabilitas antar simpul:

Tabel 4.18 Nilai Probabilitas antar Simpul di Wilayah Jabodetabek 2

| Dari/ Ke | A | M | N | O | P | Q |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A | 0 | 0,163 | 0,314 | 0,220 | 0,220 | 0,079 |
| M | 0,163 | 0 | 0,246 | 0,296 | 0,424 | 0,032 |
| N | 0,314 | 0,246 | 0 | 0,425 | 0,569 | 0,004 |
| O | 0,220 | 0,296 | 0,425 | 0 | 0,975 | 0,024 |
| P | 0,220 | 0,424 | 0,569 | 0,975 | 0 | 0,078 |
| Q | 0,079 | 0,032 | 0,004 | 0,024 | 0,078 | 0 |

Sumber: Hasil Perhitungan Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.13 nilai probabilitas antara simpul di wilayah Jabodetabek 1 dengan simpul awal A, selanjutnya terpilih probabilitas tertinggi yaitu simpul N = 0,314719 dari simpul N terpilih probabilitas paling tinggi selanjutnya yaitu simpul P = 0,569362 dan seterusnya O = 0,975676, M = 0,296305, Q = 0,032624, kembali lagi ke simpul awal dengan nilai probabilitas dari Q ke A = 0,07986. Jadi simpul yang terbentuk adalah A-N-P-O-M-Q-A. Jadi total jarak yang ditempuh berdasarkan metode ACO adalah sebesar 128 Km dan terpilih jalur terbaik dilalui semut ke 3.

4.4 Perhitungan Biaya Pengeluaran Perhari

Dalam menghitung biaya BBM yang di keluarkan dalam proses *daily pick up* barang ke *daily customer* di wilayah

Jabodetabek dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Biaya\ BBM = \frac{Jarak\ yang\ ditempuh}{Konsumsi\ BBM\ Perliter \times Harga\ BBM}$$

4.4.1 Perhitungan Biaya BBM, Biaya Tol dan Biaya Maintance Sebelum Menggunakan Metode ACO

Rute yang dipergunakan PT Dianta Daya Embara dalam kegiatan *daily pick up* barang ke *daily customer* di wilayah Jabodetabek menggunakan enam jalur *pick up* dengan total jarak yang ditempuh adalah 493,7 Km, dengan jarak Jabodetabek 1 sebesar 192 km dan Jabodetabek 2 sebesar 301 km. Berikut adalah biaya BBM yang dikeluarkan PT Dianta Daya Embara saat ini:

- Jabodetabek 1:

$$Biaya\ BBM\ Jalur\ 1 = \frac{55\ Km}{9\ Km/liter} \times Rp\ 7.500$$

$$= Rp. 45.833$$

$$Biaya\ BBM\ Jalur\ 2 = \frac{18,5\ Km}{9\ Km/liter} \times Rp\ 7.500$$

$$= Rp. 15.417$$

$$Biaya\ BBM\ Jalur\ 3 = \frac{119,2\ Km}{9\ \frac{Km}{liter}} \times Rp\ 7.500$$

$$= Rp. 99.333$$

- Jabodetabek 2:

$$Biaya\ BBM\ Jalur\ 4 = \frac{127\ Km}{9\ Km/liter} \times Rp\ 7.500$$

$$= Rp. 105.833$$

$$Biaya\ BBM\ Jalur\ 5 = \frac{94\ Km}{9\ Km/liter} \times Rp\ 7.500$$

$$= Rp. 78.333$$

$$Biaya\ BBM\ Jalur\ 6 = \frac{80\ Km}{9\ Km/liter} \times Rp\ 7.500$$

$$= Rp. 66.777$$

Jadi, total biaya dalam penggunaan BBM yang dikeluarkan PT Dianta Daya Embara dalam *daily pick up* barang ke *daily customer* dalam sehari sebesar Rp. 411.417,-/ hari. Dengan biaya Tol sebesar Rp. 104.000,-/ hari, dan biaya maintance Rp. 25000,-/ hari.

4.4.2 Perhitungan Biaya BBM Biaya Tol dan Biaya Maintance Setelah Menggunakan Metode ACO

Berikut adalah hasil perhitungan biaya BBM yang dikeluarkan oleh PT Dianta Daya Embara dalam proses *daily pick up* barang ke *daily customer* Jabodetabek:

Mobil Grand Max BV Jabodetabek 1 = 101,01 Km

Mobil Grand Max BV Jabodetabek 2 = 128 Km

$$\begin{aligned} \text{Biaya BBM Jabodetabek 1} &= \frac{101,01 \text{ Km}}{9 \text{ Km/liter}} \times \text{Rp } 7.500 \\ &= \text{Rp. } 84.175 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya BBM Jabodetabek 2} &= \frac{128 \text{ Km}}{9 \text{ Km/liter}} \times \text{Rp } 7.500 \\ &= \text{Rp. } 106.667 \end{aligned}$$

Jadi, biaya BBM yang dipergunakan dalam *daily pick up* barang *daily customer* di wilayah Jabodetabek dalam sehari sebesar Rp. 190.842,-/ hari. Dengan Biaya Tol sebesar Rp. 71.500,-/ hari dan biaya *maintance* Rp. 25.000,-/ hari.

4.4.3 Perbandingan Rute Sebelum dan Sesudah Menggunakan Metode ACO

Jarak sebelum menggunakan metode ACO sebesar 493,7 km dan setelah menggunakan ACO jarak yang ditempuh sebesar 229,01, biaya bahan bakar minyak sebelum menggunakan ACO sebesar Rp. 411.416 dan biaya bahan bakar minyak setelah menggunakan ACO sebesar Rp. 190.842 dan untuk biaya tol sebelum menggunakan ACO sebesar Rp. 104.000 dan untuk biaya tol setelah menggunakan ACO sebesar Rp. 71.500. Berikut adalah tabel perbandingan antara rute yang saat ini dipergunakan oleh PT Dianta Daya Embara dengan rute yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan metode Algoritma ACO:

Tabel 4.19 Perhitungan Jarak, BBM, dan Biaya Tol Sebelum Menggunakan Metode ACO

| Keterangan | | Jarak | BBM | Biaya Tol | |
|-------------|---------------|---------|-----------|-----------|----------|
| Sebelum ACO | Jabodetabek 1 | Jalur 1 | 55 | Rp45.833 | Rp17.000 |
| | | Jalur 2 | 18,5 | Rp15.417 | Rp17.000 |
| | | Jalur 3 | 119,2 | Rp99.333 | Rp17.000 |
| | | Jalur 4 | 127 | Rp105.833 | Rp17.000 |
| | Jabodetabek 2 | Jalur 5 | 94 | Rp78.333 | Rp19.000 |
| | | Jalur 6 | 80 | Rp66.667 | Rp17.000 |
| Total | | 493,7 | Rp411.417 | Rp104.000 | |

Sumber: Hasil Perhitungan Jarak, Biaya BBM, dan Biaya Tol

Tabel 4.20 Perhitungan Jarak, BBM, dan Biaya Tol Sesudah Menggunakan Metode ACO

| Keterangan | | Jarak | BBM | Biaya Tol |
|-------------|---------------|--------|-----------|-----------|
| Sesudah ACO | Jabodetabek 1 | 101,01 | Rp84.175 | Rp35.500 |
| | Jabodetabek 2 | 128 | Rp106.667 | Rp36.000 |
| Total | | 229,01 | Rp190.842 | Rp71.500 |

Sumber: Hasil Perhitungan Jarak, Biaya BBM, dan Biaya Tol

Dari kedua tabel diatas dapat diketahui jumlah total selisih hasil perhitungan jarak, BBM, dan juga biaya tol untuk penentuan rute *daily pick up* sebelum menggunakan metode ACO dan juga sesudah menggunakan metode ACO, sebagai berikut;

Tabel 4.21 Perhitungan Selisih Jarak, BBM, dan Biaya Tol Sebelum dan Sesudah Menggunakan Metode ACO

| Keterangan | | Jarak | BBM | Biaya Tol |
|---------------|---------------|--------|------------|------------|
| Sebelum ACO | Jabodetabek 1 | 493,7 | Rp 411.417 | Rp 104.000 |
| | Jabodetabek 2 | | | |
| Sesudah ACO | Jabodetabek 1 | 229,01 | Rp 190.842 | Rp 71.500 |
| | Jabodetabek 2 | | | |
| Total Selisih | | 264,69 | Rp 220.575 | Rp 32.500 |

Sumber: Hasil Perhitungan Jarak, Biaya BBM, dan Biaya Tol

Berdasarkan tabel diatas selisih untuk jarak yaitu 264,69 km biaya yang dikeluarkan perhari untuk biaya BBM sebesar Rp. 220.575 dan biaya tol yaitu sebesar Rp. 32.500

4.KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan berikut :

1. Hasil dari analisis yang dilakukan terhadap Rute kunjungan yang sebaiknya digunakan oleh PT Dianta Daya Embara adalah :
 - a. Jabodetabek 1:

PT Dianta Daya Embara – Mirota – Givi – Sandmaster – Galaxy Dunia Halal – Gedung TMT – Baruna Dirga Dharma – Tri Swardana – Pan Asia – Energy Logistic – Duta Firza – Transdata - PT Dianta Daya Embara.

b. Jabodetabek 2:

PT Dianta Daya Embara – Shopee –
Berca Niaga Medika – Fuji Electric –
Aroma – CKB Cakung – PT Dianta Daya
Embara.

5. REFERENSI

Berlianty, Arifin. 2010. *Teknik-Teknik Optimasi Heuristik*. Yogya: Graha Ilmu.

Gunawan dkk. *SEMANTIK: Optimasi Penentuan Rute Kendaraan Pada Sistem Distribusi Barang Dengan Ant Colony Optimization*. 2012: Jurnal. Semarang: Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Hendayani, Ratih. 2011. *Mari Berkenalan dengan Manajemen Logistik*. Bandung: ALFABETA

Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo. 2005. *Penyelesaian Masalah Optimasi dengan Teknik-Teknik Heuristik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Munir, Rinaldi. 2005. *Matematika Diskrit*. Bandung: Informatika.

Nasution. 2015 *Manajemen Transportasi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.

Novitha, Deisy Sari dkk. Studi Kasus: Kota Samarinda. *Algoritma Semut untuk Optimasi Penentuan Jalur Terpendek Fasilitas Umum*. Jurnal. Vol. 9 No. 4 Februari 2014. Universitas Mulawarman.

Prasamya, Satria. *Ant Colony Optimization: Penentuan Jalur Terpendek Pada Kota Kecil dan Kota Besar Menggunakan Teknologi Google Maps Mashups Dengan Mobile Sistem Andorid*. 2011: Skripsi. Surabaya: Fakultas Teknologi Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.