

## Pemilihan Rute Optimal Penjemputan Penumpang *Travel* Menggunakan *Ant Colony Optimization* Pada *Multiple Travelling Salesman Problem (M-TSP)*

Yosua Christopher Sitanggang<sup>1</sup>, Candra Dewi<sup>2</sup>, Randy Cahya Wihandika<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.  
Email: <sup>1</sup>yosuacs.ys@gmail.com, <sup>2</sup>dewi\_candra@ub.ac.id, <sup>3</sup>rendicahya@ub.ac.id

### Abstrak

*Multiple salesman problem (M-TSP)* adalah suatu permasalahan lanjutan dari TSP yaitu mencari biaya minimal dalam suatu perjalanan pada beberapa lokasi, dengan syarat setiap lokasi hanya dapat dikunjungi sebanyak satu kali. Ada banyak permasalahan yang termasuk kedalam permasalahan M-TSP, salah satunya yaitu rute penjemputan penumpang *travel*. Pemilihan jalur yang tepat dalam proses penjemputan penumpang tentunya akan mempengaruhi efektivitas dan biaya yang diperoleh dalam kegiatan tersebut. *Ant colony optimization (ACO)* adalah algoritme yang mengadopsi kecerdasan dari sekelompok semut dalam pencarian makanan yang mampu menyelesaikan permasalahan M-TSP. Pada penelitian ini ada dua parameter yang digunakan dalam mencari solusi terbaik yaitu jarak dan waktu. Dalam proses penyetaraan nilai parameter jarak dan waktu, diterapkan normalisasi *min-max* pada bagian data. Hasil terbaik yang diperoleh berada pada saat parameter *NcMax* atau iterasi sebanyak 300, nilai  $\alpha$  sebesar 0,5, nilai  $\beta$  sebesar 0,5, nilai  $\tau_0$  sebesar 0,5, nilai  $\rho$  sebesar 0,5 dan jumlah penumpang dalam satu mobil sebanyak 5 dengan *cost* sebesar 148,829.

**Kata kunci:** *multiple travelling salesman problem, rute penjemputan, ant colony optimization, normalisasi min-max*

### Abstract

*Multiple salesman problem (M-TSP)* is an advanced problem from TSP that is looking for minimal cost from tour in some location which can only be visited once. There are many problems that are included in the case of M-TSP, one of them is the passenger pickup route. Choosing the right path in the process of picking up passengers will certainly affect the effectiveness and cost in those activities. *Ant colony optimization (ACO)* is an algorithm that adopts the intelligence of a group of ants in a food search and able to solving the M-TSP problem. In this study there are two parameters used in finding the best solution that is distance and time. In equalize the value of distance and time parameters, applied *min-max* normalization in data. The best results are obtained when the parameter *NcMax* or iteration is 300, the value of  $\alpha$  is 0.5, the value of  $\beta$  is 0.5, the value of  $\tau_0$  is 0.5, the value of  $\rho$  is 0.5 and the number of passengers in one car as much as 5 with cost 148.829.

**Keywords:** *multiple travelling salesman problem, pickup route, ant colony optimization, min-max normalization*

## 1. PENDAHULUAN

Transportasi adalah salah satu faktor penting yang menunjang kehidupan manusia. Beberapa jenis transportasi umum yang digunakan untuk mempermudah berbagai aktivitas dalam perkotaan diantaranya taksi, kereta api, mobil *travel*, ataupun pesawat terbang (Rasyid, 2015). Salah satu kelebihan jasa angkutan *travel* yaitu memiliki sistem layanan berupa penjemputan dan pengantaran

penumpang dari tempat asal sampai tempat tujuan (Samudra dan Mukhlash, 2013) sehingga penumpang *travel* tidak perlu pergi ke tempat seperti stasiun pada kereta api atau terminal pada bus.

Pemilihan rute penjemputan yang tepat dari pangkal mobil *travel* menuju alamat penumpang merupakan salah satu jenis hambatan yang dapat mempengaruhi kualitas pelayanan kepada penumpang. Pemilihan rute penjemputan tersebut, sering kali tidak dilakukan secara

optimal, sehingga mengurangi efisiensi waktu dan biaya yang digunakan, penumpang menunggu lama, bahkan tidak dapat sampai di tempat tujuan dengan tepat waktu (Samudra dan Mukhlash, 2013). Oleh karena itu diperlukan solusi penyelesaian masalah pada kasus ini dengan metode tertentu.

Permasalahan dalam pemilihan rute optimal kegiatan penjemputan penumpang ini dapat digolongkan sebagai jenis permasalahan pada *Multiple Travelling Salesman Problem* (M-TSP). M-TSP merupakan salah satu jenis permasalahan dalam pencarian jalur seperti TSP, akan tetapi kasusnya lebih rumit karena terdiri dari beberapa salesman untuk mengunjungi semua lokasi (Liu et al, 2009). Umumnya permasalahan M-TSP hanya menggunakan parameter jarak dalam pencarian biaya minimal, namun pada penelitian ini akan ditambah parameter lain yaitu estimasi waktu tempuh antara lokasi penumpang travel.

Pencarian solusi atau biaya optimal tidak hanya menggunakan parameter jarak sebagai acuan, namun juga menggunakan parameter waktu. Parameter jarak dan waktu memiliki pengaruh yang sama dalam hasil yang diperoleh, maka diperlukan suatu cara untuk menyeimbangkan nilai antara jarak dan waktu (Gajera et al, 2016). Oleh karena itu dalam mendapat nilai antara parameter waktu dan jarak yang setara, pada data akan terlebih dahulu dilakukan normalisasi *min-max*.

*Ant Colony Optimization* (ACO) merupakan salah satu metode berdasarkan kecerdasan berkelompok (*swarm intelligence*) yaitu perilaku koloni semut untuk mendapatkan solusi terbaik (Leksono, 2009). Algoritme *ant colony* banyak dilakukan pada berbagai permasalahan optimasi, salah satunya pada permasalahan M-TSP.

Penelitian yang dilakukan oleh Gunawan et al, (2012) menyimpulkan bahwa metode *Ant Colony Optimization* (ACO) pada permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yaitu permasalahan yang mirip dengan *multiple travelling salesman problem* (M-TSP) mendapat hasil akhir paling akurat antara *Brute Force Search* ataupun *Nearest Neighbor Insertion* (NNI). Penelitian lainnya yang terkait yang dilakukan oleh Liu et al, (2009) pada beberapa hasil pengujian dalam pencarian solusi terbaik, metode *Ant Colony Optimization* (ACO) mampu menghasilkan solusi yang akurat jika dipakai pada permasalahan *Multi Travelling Salesman Problem* (M-TSP).

Untuk itu, dalam penulisan ini dibahas bagaimana penerapan dari Algoritme *Ant Colony Optimization* (ACO) pada pemilihan rute optimal penjemputan penumpang *travel* yang termasuk pada permasalahan *Multi Travelling Salesman Problem* (M-TSP). Penerapan algoritme *ant colony optimization* diharapkan mampu menyelesaikan suatu permasalahan M-TSP seperti penjemputan penumpang *travel*, sehingga mempermudah pihak *travel* dalam meningkatkan pelayanan kepada penumpang *travel*.

## 2 ANGKUTAN TRAVEL

Angkutan *travel* adalah salah satu jenis transportasi yang umumnya digunakan pada perjalanan antar kota. *Travel* memiliki kelebihan yaitu adanya kegiatan penjemputan penumpang, frekuensi keberangkatan yang lebih sering, dan waktu tempuh yang lebih singkat dibanding angkutan umum lain (Warman et al, 2014). Seiring perkembangan waktu, jasa *travel* akan semakin meningkat pula. Hal ini dikarenakan transportasi berperan penting dalam mendukung pembangunan dibidang ekonomi dan bidang lainnya (Rasyid, 2015).

## 3. MULTIPLE TRAVELLING SALESMAN PROBLEM (M-TSP)

*Travelling Salesman Problem* (TSP) yaitu suatu permasalahan dalam mencari jarak suatu kunjungan terhadap beberapa lokasi yang berbeda-beda dengan syarat suatu lokasi kota hanya dapat dikunjungi sebanyak satu kali (Leksono, A., 2009). TSP banyak diaplikasikan pada persoalan seperti rute pengisian ATM, rute angkutan umum, rute destinasi tempat wisata dan lain sebagainya.

M-TSP merupakan salah satu jenis permasalahan dimana mengadopsi permasalahan yang sama seperti TSP, hanya saja lebih rumit (Susilo et al, 2011) dimana ada banyak salesman yang melakukan perjalanan atau kunjungan pada beberapa lokasi yang lebih banyak pula. Pada permasalahan M-TSP memiliki suatu pangkal dimana setiap salesman akan melakukan kunjungan yang dimulai dari pangkalan atau tempat asal dan kembali lagi ke pangkal atau tempat asal tersebut (Liu et al, 2009).

## 4. NORMALISASI MIN-MAX

Normalisasi adalah suatu cara untuk melakukan penyeimbangan antara beberapa parameter dimana parameter-parameter tersebut

memiliki prioritas yang sama dalam penyelesaian suatu masalah (Gajera et al, 2016). Ada banyak jenis normalisasi diantaranya normalisasi *min-max*, *Z-score*, *sigmoid*, dan lainnya (Chamidah, et al, 2012).

Normalisasi *min-max* yaitu normalisasi yang dilakukan dengan cara memetakan nilai dari suatu *range* data ke *range* baru yang lain (Chamidah et al, 2012). Adapun cara perhitungan normalisasi *min-max* menurut (Fatkhayah, E., 2012) yaitu dapat dilihat pada Persamaan (1).

$$N' = (N - Min) / (Max - Min) * (New\_Max - New\_Min) + New\_Min \quad (1)$$

Keterangan :

$N'$  = nilai pemetaan  
 $N$  = nilai asli  
 $Min$  = nilai batas terendah  
 $Max$  = nilai batas tertinggi  
 $New\_Max$  = nilai batas terbesar yang akan dipetakan  
 $New\_Min$  = nilai batas terkecil yang akan dipetakan

## 5. ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO)

*Ant colony Optimization* (ACO) merupakan salah satu metode penyelesaian masalah optimasi berdasarkan prinsip komunikasi koloni semut dalam mencari makanan (Gunawan et al, 2012). Pada ACO, prinsip dasarnya yaitu setiap semut akan meninggalkan suatu zat khusus yang disebut dengan feromon. Feromon tersebutlah yang akan menjadi acuan pada semut lain dalam melakukan pencarian. Apabila semakin pendek jalur kunjungan, maka semakin sedikit penguapan yang terjadi dan semakin tinggi pula jejak feromon dalam jalur tersebut. Semut cenderung bergerak mengikuti jalur yang memiliki jejak feromon yang tinggi (Liu et al, 2009).

## 6. JALUR KUNJUNGAN SEMUT

Pada algoritme *Ant Colont Optimization* (ACO), awalnya semut akan berada pada lokasi yang berbeda-beda yang kemudian bergerak ke lokasi berikutnya berdasarkan nilai probabilitas tertinggi. Untuk menghitung nilai probabilitas tersebut, dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2).

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum [\tau_{ik}(t)]^\alpha [\eta_{ik}(t)]^\beta}, & \text{jika } j \in \text{dihijau} \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (2)$$

Keterangan :

$P_{ij,k}(t)$  = Probabilitas semut  $k$  mengunjungi kota  $i$  ke  $j$  pada iterasi  $t$   
 $\eta_{ij}$  = invers dari jarak antar kota  
 $\alpha$  = nilai alfa atau pengendali jejak feromon  
 $\beta$  = nilai beta atau pengendali visibilitas  
 $\tau_{ij}$  = jejak feromon semut dari kota  $i$  ke  $j$

## 7. MATRIKS PERUBAHAN JEJAK FEROMON

Matriks perubahan jejak feromon adalah nilai jejak semut yang akan berubah pada setiap iterasi. Apabila nilai solusi yang dicari telah didapatkan, maka berikutnya melakukan pengecekan apabila sudah atau belum memenuhi hasil dari iterasi maksimal ( $NC_{max}$ ). Jika sudah memenuhi maka nilai *cost* yang didapat dari solusi jalur kunjungan semut akan menjadi solusi pencarian, jika belum memenuhi iterasi maksimal maka dapat menghitung matriks perubahan jejak feromon setiap semut dengan menggunakan persamaan (3) dan juga matriks perubahan feromon global dari semua semut dan didapat dengan menggunakan Persamaan (4).

$$\Delta \tau_{ij}^k = Q / Cost \quad (3)$$

$$\Delta \tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k \quad (4)$$

Keterangan :

$\Delta \tau_{ij}^k$  = perubahan jejak feromon semut kota  $i$  ke  $j$  pada semut  $k$   
 $\Delta \tau_{ij}$  = perubahan jejak feromon semut kota  $i$  ke  $j$  pada semua semut (global)  
 $Q$  = tetapan siklus semut  
 $Cost_k$  = nilai *cost* semut  $k$   
 $m$  = jumlah semut

## 8. PEMBARUAN JEJAK FEROMON

Proses pembaruan jejak feromon dilakukan untuk mendapatkan jejak feromon baru yang kemudian akan digunakan untuk iterasi selanjutnya. Proses pembaruan ini dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (5).

$$\tau_{ij}(t+1) = \rho \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta \tau_{ij} \quad (5)$$

Keterangan :

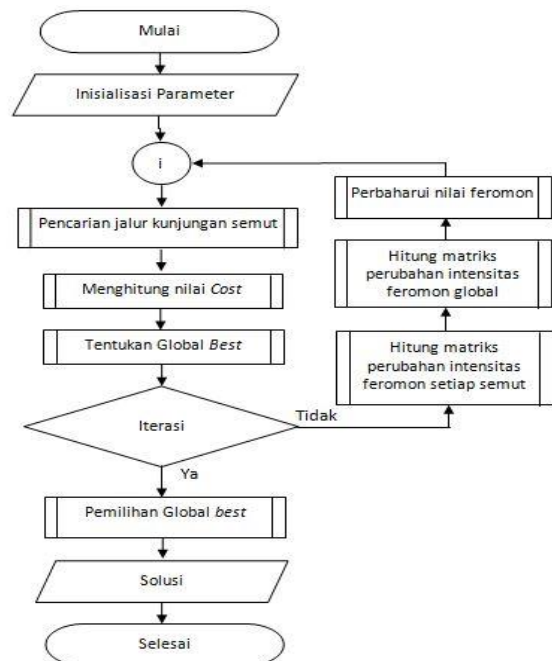
- $\tau_{ij}(t+1)$  = nilai jejak feromon pada iterasi berikutnya (baru)
- $\tau_{ij}(t)$  = nilai jejak feromon pada iterasi sebelumnya (lama)
- $\rho$  = tetapan penguapan jejak feromon
- $\Delta(\tau_{ij})$  = perubahan jejak feromon semut kota i ke j pada semua semut (global)

## 9. METODE

Pada bab ini dijelaskan bagaimana proses pemilihan rute penjemputan optimal menggunakan ACO. Adapun alur pada penyelesaian masalah dengan ACO adalah sebagai berikut dan *Flowchart* dapat dilihat pada Gambar 1.

1. Inisialisasi parameter yang dipakai dalam ACO yaitu nilai Q atau tetapan siklus semut, nilai Alfa ( $\alpha > 0$ ), nilai Beta ( $\beta > 0$ ), nilai rho ( $0 < \rho \leq 1$ ) atau tetapan penguapan jejak feromon, jumlah atau total semut, dan jumlah iterasi (NCmax). Menentukan matriks jarak dan matriks waktu menggunakan normalisasi *min-max*. Menentukan matriks feromon awal, dan matriks visibilitas yaitu *invers* dari jarak.
2. Inisialisasi lokasi awal pada setiap semut. Lokasi awal semut akan disusun pada setiap lokasi yang akan dikunjungi.
3. Pencarian jalur kunjungan semut akan ditentukan berdasarkan nilai probabilitas tertinggi yang didapat dengan menggunakan persamaan (2). Setelah mengetahui jalur kunjungan berdasarkan probabilitas tertinggi, jalur tersebut akan disimpan ke dalam memori.
4. Hitung nilai *cost* dari jalur pada memori yang dilewati oleh semut.
5. Tentukan *global best* yang didapat dari nilai *cost* terendah. *Cost* terendah adalah nilai biaya yang paling kecil dari semua semut yang melakukan kunjungan.
6. Cek kondisi berhenti atau iterasi yang ditentukan.
7. Hitung matriks perubahan intensitas feromon setiap semut dengan menggunakan persamaan (3).

8. Hitung matriks perubahan intensitas feromon global dengan menggunakan persamaan (4).
9. Pembaruan nilai feromon berdasarkan nilai matriks perubahan intensitas feromon dengan menggunakan persamaan (5).
10. Ulangi langkah ke-4 sampai ke-7 apabila kondisi iterasi belum dipenuhi.
11. Tentukan hasil *global best* terbaik dari seluruh iterasi.



Gambar 1. Flowchart proses ACO

## 10. PENGUJIAN DAN ANALISIS

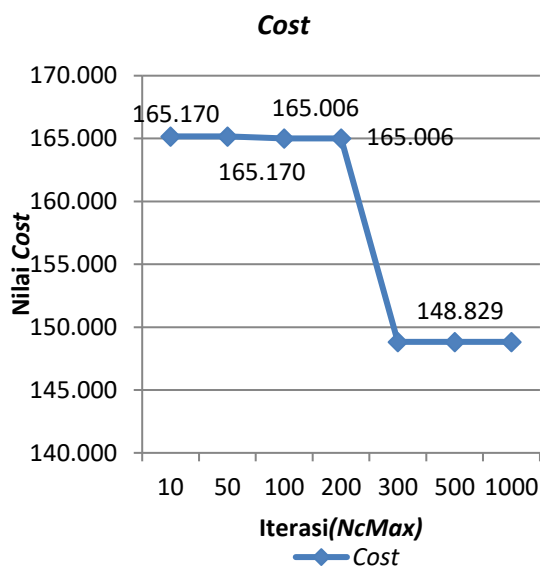
Pada penelitian ini, data yang digunakan berasal dari perusahaan *travel* Kurnia Agung Selaras. Data yang diambil berupa data lokasi alamat penjemputan penumpang sebanyak 30 data yang digunakan sebagai data latih dan 10 lokasi alamat penumpang lainnya yang digunakan sebagai data uji. Data alamat penumpang tersebut akan diubah kedalam matriks jarak dan estimasi waktu yang didapat dari Google Maps. Ada beberapa pengujian yang dilakukan pada penelitian yaitu pengujian dalam metode ACO yang terdiri atas 5 parameter dalam ACO yaitu pengujian iterasi (*NcMax*),  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\tau_0$ , dan  $\rho$ , serta pengujian tambahan berupa penggunaan data uji dan pengujian jumlah penumpang pada mobil. Pada proses pencarian nilai yang paling optimal pada setiap parameter ACO, maka digunakan nilai awal yang terdiri atas  $\alpha = 0,5$ ,  $\beta = 0,5$ ,  $\tau_0 = 0,5$ ,  $\rho = 0,5$ ,  $Q = 1$ , jumlah semut = 30, *NcMax* = 100 dan 5



penumpang dalam satu mobil.

### 10.1 Pengujian Nilai $NcMax$ atau Iterasi

$NcMax$  adalah nilai iterasi maksimum yang digunakan pada proses ACO, yang berarti akan dilakukan perulangan dalam metode ACO sebanyak jumlah  $NcMax$  atau iterasi yang telah ditentukan. Pada setiap perulangan iterasi akan dihasilkan nilai *cost* yang berbeda. Pengujian  $NcMax$  atau iterasi dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh jumlah iterasi terhadap nilai *cost* yang diperoleh. Nilai  $NcMax$  yang dipakai yaitu 10, 50, 100, 200, 300, 500, 1000. Hasil pengujian iterasi dapat dilihat pada Gambar 2.



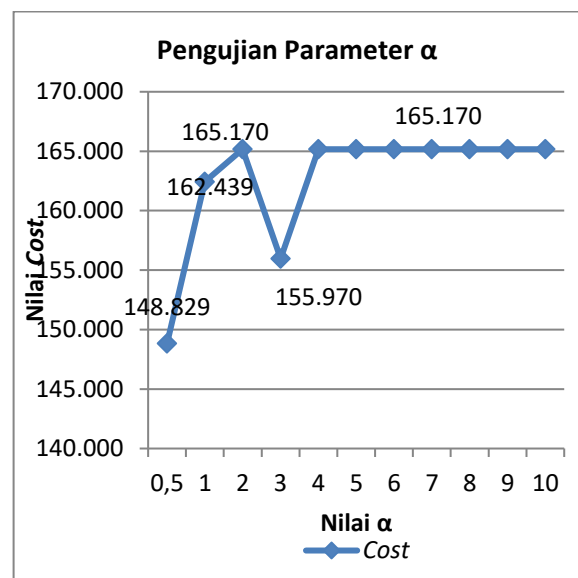
Gambar 2. Grafik Parameter  $NcMax$

Setelah mendapatkan hasil dari beberapa  $NcMax$  yang diuji, pada nilai  $NcMax = 10, 50, 100, 200, 300, 500, 1000$  mendapatkan nilai *cost* yang cenderung mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena semakin banyak jumlah iterasi, maka semakin banyak eksplorasi yang dilakukan semut dalam mencari jalur pencarian solusi terbaik yang mengakibatkan semakin banyak jumlah solusi diperoleh dan kemungkinan solusi dengan *cost* terkecil semakin banyak. Pada pengujian sebanyak 300 iterasi hingga 1000 mendapatkan hasil *cost* yang terbaik yaitu 148,829 hasil tersebut sama karena *cost* yang didapat sudah konvergen. Karena ketiga nya memiliki nilai *cost* yang sama, maka yang diambil adalah yang terkecil dari ketiganya, yaitu dengan biaya komputasi terkecil. Jadi nilai  $NcMax$  300 adalah nilai yang paling optimal karena menghasilkan nilai *cost* dan biaya

komputasi paling kecil.

### 10.2 Pengujian Nilai Pengendali Jejak Feromon ( $\alpha$ )

Nilai alfa ( $\alpha$ ) adalah nilai pengendali jejak feromon ( $\tau_0$ ) pada semut. Nilai  $\alpha$  dipakai pada saat pencarian jalur kunjungan semut. Pengujian nilai  $\alpha$  akan dilakukan untuk menganalisis bagaimana pengaruh nilai  $\alpha$  terhadap hasil *cost* yang diperoleh pada metode ACO. Nilai  $\alpha$  harus lebih besar dari 0, oleh karena itu nilai  $\alpha$  yang dipakai dalam pengujian yaitu 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Hasil pengujian untuk nilai  $\alpha$  dapat dilihat pada Gambar 3.



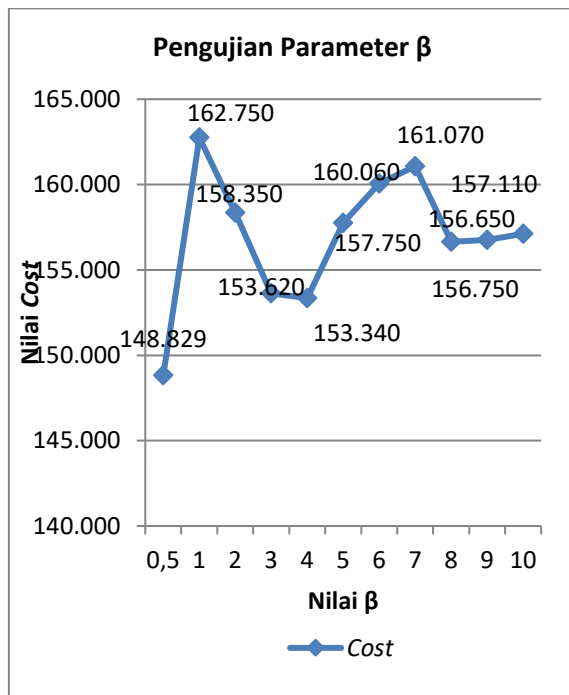
Gambar 3. Grafik Parameter  $\alpha$  terhadap Hasil *Cost*

Setelah mendapatkan hasil dari beberapa parameter  $\alpha$  yang diuji, pada nilai  $\alpha$  sebesar 0,5 mendapatkan nilai *cost* terkecil yaitu 148,829. Hasil *cost* yang didapat cenderung mengalami kenaikan, karena nilai  $\alpha$  sebagai pengendali dapat mempengaruhi nilai jejak feromon yang selanjutnya akan dipakai dalam menemukan probabilitas kunjungan jalur yang akan dilalui oleh semut. Maka nilai parameter  $\alpha$  sebesar 0,5 adalah nilai yang paling optimal karena menghasilkan nilai *cost* paling kecil.

### 10.3 Pengujian Nilai Pengendali Visibilitas ( $\beta$ )

Nilai beta ( $\beta$ ) adalah nilai pengendali visibilitas pada semut. Nilai  $\beta$  dipakai pada saat pencarian jalur kunjungan semut. Pengujian nilai  $\beta$  akan dilakukan untuk menganalisis bagaimana pengaruh nilai  $\beta$  terhadap hasil *cost* yang diperoleh pada metode ACO. Nilai  $\beta$  harus lebih besar dari 0, oleh karena itu nilai  $\beta$  yang dipakai dalam pengujian yaitu 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,

10. Hasil pengujian untuk nilai  $\alpha$  dapat dilihat pada Gambar 4.

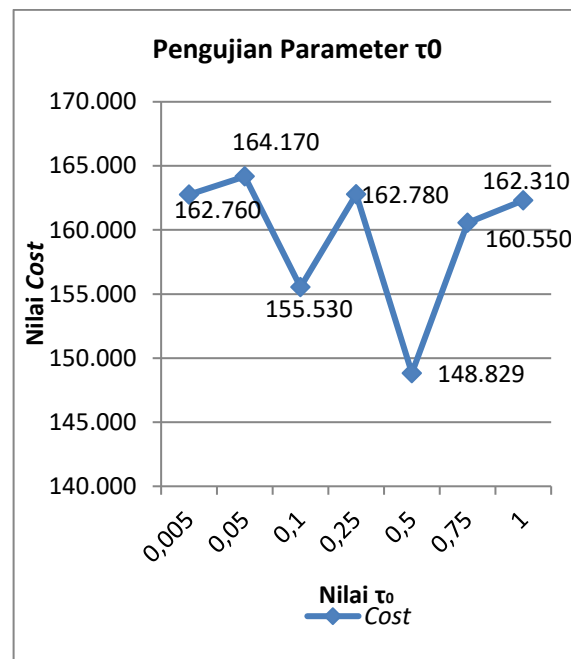


**Gambar 4.** Grafik Parameter  $\beta$  terhadap Hasil *Cost*

Setelah mendapatkan hasil dari beberapa parameter  $\beta$  yang diuji, pada nilai  $\beta$  sebesar 0,5 mendapatkan nilai *cost* terkecil yaitu 148,829. Hasil *cost* yang didapat tidak stabil atau mengalami kenaikan dan penurunan, karena nilai  $\beta$  sebagai pengendali dapat mempengaruhi nilai visibilitas pada semut yang selanjutnya akan dipakai dalam menemukan probabilitas kunjungan jalur yang akan dilalui oleh semut. Maka nilai parameter  $\beta$  sebesar 0,5 adalah nilai yang paling optimal karena menghasilkan nilai *cost* paling kecil.

#### 10.4 Pengujian Nilai Feromon ( $\tau_0$ )

Feromon ( $\tau_0$ ) adalah jejak yang ditinggalkan oleh semut yang berupa bahan kimia yang berfungsi untuk memberi petunjuk kepada semut lain apabila suatu jalur telah dilewati oleh semut sebelumnya. Pengujian nilai  $\tau_0$  akan dilakukan untuk menganalisis bagaimana pengaruh nilai  $\tau_0$  terhadap hasil *cost* yang diperoleh pada metode ACO. Nilai feromon ( $\tau_0$ ) yang dipakai dalam pengujian yaitu 0,005, 0,05, 0,1, 0,25, 0,5, 0,75, 1. Hasil pengujian nilai  $\tau_0$  dapat dilihat pada Gambar 5.

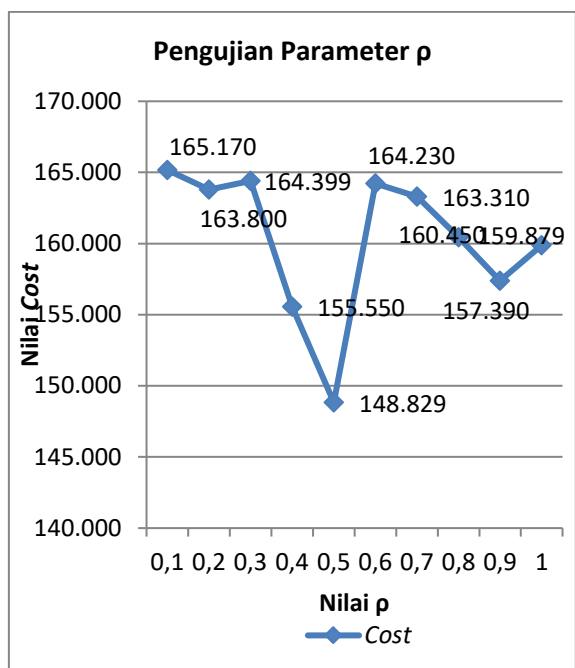


**Gambar 5.** Grafik Parameter  $\tau_0$  terhadap Hasil *Cost*

Setelah mendapatkan hasil dari beberapa parameter  $\tau_0$  yang diuji, pada nilai  $\tau_0$  sebesar 0,5 mendapatkan nilai *cost* terkecil yaitu 148,829. Hasil *cost* yang didapat mengalami kenaikan dan penurunan, karena pada nilai feromon ( $\tau_0$ ) awal akan mempengaruhi menemukan probabilitas kunjungan jalur yang akan dilalui oleh semut. Maka nilai parameter  $\tau_0$  sebesar 0,5 adalah nilai yang paling optimal karena menghasilkan nilai *cost* paling kecil.

#### 10.5 Pengujian Nilai Tetapan Penguapan Jejak Semut ( $\rho$ )

Rho ( $\rho$ ) adalah nilai tetapan penguapan jejak semut. Pengujian nilai  $\rho$  akan dilakukan untuk menganalisis bagaimana pengaruh nilai  $\rho$  terhadap hasil *cost* yang diperoleh pada metode ACO. Nilai  $\rho$  yang dipakai dalam pengujian yaitu 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1. Hasil pengujian nilai  $\rho$  dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Parameter  $\tau_0$  terhadap Hasil Cost

Setelah mendapatkan hasil dari beberapa parameter  $p$  yang diuji, pada nilai  $p$  sebesar 0,5 mendapatkan nilai *cost* terkecil yaitu 148,829. Hasil *cost* yang didapat cenderung mengalami penurunan namun meningkat pada saat  $p$  sebesar 0,6 dan 1, karena nilai  $p$  sebagai tetapan penguapan jejak semut berpengaruh pada proses memperbarui nilai jejak feromon baru yang selanjutnya akan digunakan untuk proses perhitungan pada iterasi selanjutnya. Maka nilai parameter  $p$  sebesar 0,5 adalah nilai yang paling optimal karena menghasilkan nilai *cost* paling kecil.

### 10.6 Penggunaan Data Uji

Data uji yang dipakai terdiri atas 10 alamat penumpang baru yang berbeda dengan data latih sebelumnya dan parameter optimal yang digunakan yaitu parameter optimal yang didapat berdasarkan pengujian yang sebelumnya pada data latih. Parameter optimal yang dipakai dalam penggunaan data uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penggunaan Data Uji

NcMax	$\alpha$	$\beta$	$\tau_0$	$p$	Cost
300	0,5	0,5	0,5	0,5	44,730

Pemakaian data uji pada 10 alamat penumpang dengan parameter optimal nilai *NcMax* sebesar 300,  $\alpha$  sebesar 0,5,  $\beta$  sebesar 0,5,  $\tau_0$  sebesar 0,5, dan  $p$  sebesar 0,5 pada algoritme ACO mampu menyelesaikan permasalahan dengan nilai *cost* sebesar 44,730.

### 10.7 Pengujian Jumlah Penumpang mobil

Pengujian jumlah penumpang pada mobil *travel*, dilakukan pada 2, 3, 4, dan 5 penumpang dalam satu mobil, dan jumlah mobil yang dipakai yaitu pada 2 dan 3 mobil. Pengujian ini dilakukan agar mengetahui bagaimana kombinasi penumpang dan mobil yang optimal. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

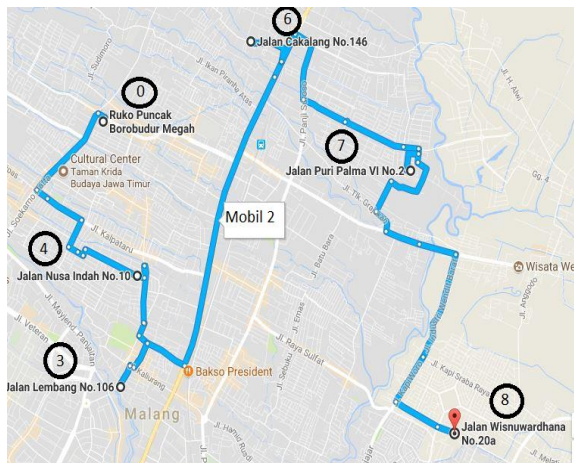
Tabel 2. Pengujian Penumpang pada Mobil

Jumlah Penumpang pada Mobil	Mobil 1	Mobil 2	Mobil 3	Cost
[ 5 5 ]	9 – 10 – 5 – 2 – 1	4 – 3 – 6 – 7 – 8	-	44,730
[ 3 3 4 ]	6 – 7 – 8	4 – 3 – 1	10 – 9 – 5 – 2	45,180
[ 3 4 3 ]	9 – 10 – 5	4 – 3 – 1 – 2	6 – 7 – 8	44,95
[ 4 3 3 ]	10 – 9 – 5 – 2	4 – 3 – 1	6 – 7 – 8	45,180
[ 4 4 2 ]	10 – 9 – 5 – 2	4 – 3 – 1 – 8	6 – 7	46,589
[ 4 2 4 ]	5 – 2 – 1 – 3	9 – 10	4 – 6 – 7 – 8	47,379

Dari hasil tabel pengujian penumpang pada mobil, dapat disimpulkan bahwa jumlah penumpang sebanyak 5 atau jumlah maksimal dalam satu mobil, merupakan hasil yang paling optimal dengan nilai *cost* terkecil yaitu 44,730. Hal tersebut terjadi karena semakin sedikit mobil, maka semakin sedikit pula biaya yang digunakan saat mobil bergerak dari pangkal *travel*. Rute penjemputan *travel* dengan 5 penumpang pada mobil 1 dan mobil 2 dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Rute Mobil 1



**Gambar 8.** Rute Mobil 2

## 11. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penerapan algoritme *ant colony optimization* mampu menyelesaikan kasus *multiple salesman problem* (M-TSP) khususnya pada permasalahan pemilihan rute optimal penjemputan penumpang *travel*.
2. Parameter terbaik yang diperoleh dalam pengujian yang dilakukan yaitu jumlah  $N_{cMax}$  atau iterasi sebanyak 300, nilai  $\alpha$  sebesar 0,5, nilai  $\beta$  sebesar 0,5, nilai  $\tau_0$  sebesar 0,5 dan nilai  $\rho$  sebesar 0,5 dengan nilai cost sebesar 148,829.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chamidah, N., et al, 2012. Pengaruh Normalisasi Data pada Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagasi Gradient Descent Adaptive Gain (BPGDAG) untuk Klasifikasi. *JURNAL ITSMART Vol 1. No 1. Juni 2012 ISSN : 2301-7201*, Surakarta.
- Fatkhayah, E., 2012. Rancangan Proses Training untuk Mendukung Penentuan Kualitas Minuman Kemasan. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III*, Yogyakarta, 3 November 2012.
- Gajera, V., et al, 2016. An Effective Multi-Objective Task Scheduling Algorithm using Min-Max Normalization in Cloud Computing. *2nd International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCATccT), IIIE Journal*, Dhanbad, India.
- Gunawan, Maryati I., Wibowo K., 2012. Optimasi Penentuan Rute Kendaraan pada Sistem Distribusi Barang dengan *Ant Colony Optimization*. *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2012 (Semantik 2012)*, Semarang, 23 Juni 2012.
- Leksono, A., 2009. Algoritme *Ant Colont Optimization* (ACO) untuk Menyelesaikan Travelling Salesman(TSP). *Skripsi*. Mipa, Matematika, Universitas Diponegoro, 16 Juni 2009.
- Liu, W., et al, 2009. An Ant Colony Optimization Algorithm for the Multiple Traveling Salesmen Problem. *IEEE Journal, Department of Logistics Engineering, University of Science and Technology Beijing, China*.
- Rasyid, R. B. F. A., 2015. Kualitas Pelayanan Transportasi Publik. *Jurnal Kebijakan dan Manajemen Publik*, Volume 3, Nomor 2, Mei-Agustus 2015.
- Samudra, L., Mukhlash, I., 2013. Penentuan Rute Optimal Pada Kegiatan Penjemputan Penumpang Travel Menggunakan Ant Colony System. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, Vol.2, No.1, (2013) 1-6.
- Susilo, B., Efendi, R.,Maulinda, S., 2011. Implementasi dan Analisa Kinerja Algoritma *Ant System* dalam Penyelesaian *Multiple Travelling Salesman Problem* (MTSP). *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2011 (SNATI 2011)*. Yogyakarta, 17-18 Juni 2011.
- Warman, A., Firdaus, I., Yusnita, I., 2014. Karakteristik Penumpang Travel Jakarta-Bandung. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, Vol. 01 No. 01, Maret 2014.