

Implementasi Metode *Ant Colony Optimization* dan *Simple Additive Weighting* pada Layanan Telkom *Trouble Ticket Online (T3-Online)*

Ahmad Yulia Rizqy Fahmi¹, Eko Darwiyanto, S.T., M.T.², Ir. Sri Widowati, M.T.³.

Prodi S1 Teknik Informatika, Fakultas Informatika, Universitas Telkom rizqyfahmi@gmail.com¹,

ekodarwiyanto@telkomuniversity.ac.id², sriwidowati@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Telkom *Trouble Ticket Online (T3-Online)* merupakan aplikasi yang mengelola keluhan pelanggan. Namun proses pemilihan lokasi perbaikan dilakukan oleh teknisi lapangan secara *First In First Out (FIFO)* sesuai dengan urutan antrian pengaduan yang terdapat pada tiket. Untuk menangani permasalahan tersebut diperlukan implementasi *Travelling Salesman Problem (TSP)*. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan TSP adalah *Ant Colony Optimization (ACO)*. Selain itu untuk membantu pihak DCS menilai kapabilitas dari setiap kantor operasional Telkom dalam menangani semua tiket maka akan dilakukan implementasi metode perankingan berdasarkan jarak, durasi dan jumlah teknisi yang tersedia. Salah satu metode perankingan yang dapat digunakan adalah *Simple Additive Weighting (SAW)*. Oleh karena itu pada tugas akhir ini dilakukan implementasi ACO dan SAW pada layanan Telkom *Trouble Ticket Online (T3-Online)* untuk menghasilkan total jarak dan durasi perjalanan yang lebih optimal serta memberikan rekomendasi kantor operasional Telkom terbaik kepada pihak DCS.

Kata kunci: Divisi *Consumer Service (DCS)*, Telkom *Trouble Ticket Online (T3-Online)*, *Ant Colony Optimization (ACO)*, *Simple Additive Weighting (SAW)*.

Abstract

Telkom Trouble Ticket Online (T3-Online) is an application that manages customer complaints. However, the process of selecting location of repairs carried out by a field technician in *First In First Out (FIFO)* like queue in the order of complaints contained in the ticket. To deal with these problems required implementation of the *Travelling Salesman Problem (TSP)*. One method that can be used to solve TSP is *Ant Colony Optimization (ACO)*. In addition to helping the DCS assess the capability of each operational office Telkom in handle all the tickets will be the implementation of ranking method based on distance, duration and number of technicians available. One method of ranking that can be used is *Simple Additive Weighting (SAW)*. Therefore, at this final project implementation ACO and SAW in Telkom *Trouble Ticket Online services (T3-Online)* to produce a total trip distance and duration of a more optimal and provide recommendations Telkom best operational offices to the DCS.

Keywords: the Division of Consumer Services (DCS), Telkom *Trouble Ticket Online (T3-Online)*, *Ant Colony Optimization (ACO)*, *Simple Additive Weighting (SAW)*.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Divisi Consumer Service (DCS) merupakan divisi yang mengelola segala keluhan pelanggan dan berfungsi sebagai Customer Care Service. Untuk meningkatkan kualitas penanganan keluhan pelanggan saat ini DCS menggunakan sebuah Trouble Ticket System yaitu dengan mengoperasikan Telkom Trouble Ticket Online (T3-Online). T3-Online memungkinkan DCS dan teknisi lapangan saling berkoordinasi dalam upaya menanggapi pengaduan, melakukan troubleshooting, eksekusi penyelesaian gangguan dan pembuatan laporan. Dengan menggunakan T3-Online, DCS dapat memantau kinerja teknisi dalam menangani keluhan pelanggan. Namun trouble ticket yang dihasilkan T3-Online harus eksekusi oleh teknisi secara First In First Out (FIFO) sesuai dengan urutan antrian pengaduan yang terdapat pada tiket sehingga dinilai tidak optimal. Selain itu, semua tiket akan diteruskan ke teknisi setelah DCS mengirimkan semua tiket tersebut ke kantor operasional Telkom sesuai dengan hasil analisis dan pemetaan yang dilakukan oleh Assurance Center. Sebelum proses pengiriman, DCS harus menilai kapabilitas dari setiap kantor operasional Telkom dalam menangani semua tiket berdasarkan jarak, durasi, dan jumlah teknisi yang tersedia di setiap kantor operasional Telkom.

Untuk membuat jarak dan durasi perjalanan lebih optimal maka perlu dilakukan implementasi Travelling Salesman Problem (TSP) sebagai model penyelesaian masalah. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan TSP adalah Ant Colony Optimization (ACO). ACO merupakan salah satu teknik pencarian multi agent untuk permasalahan optimasi yang terinspirasi dari tingkah laku semut dalam suatu koloni. Suatu perilaku semut ketika mereka mencari makan, dimana mereka dapat menemukan jalur terpendek antara sumber makanan dan sarang mereka [1]. Selain itu untuk menghasilkan rekomendasi kantor operasional Telkom terbaik kepada pihak DCS dilakukan implementasi metode perankingan berdasarkan jarak, durasi dan jumlah teknisi yang tersedia. Salah satu metode perankingan yang dapat digunakan adalah Simple Additive Weighting (SAW). SAW adalah salah satu teknik perankingan pada Multi Attribute Decision Making (MADM) yang melakukan penjumlahan terbobot dari rating kinerja pada setiap alternatif di semua atribut. SAW membutuhkan proses normalisasi matriks keputusan ke suatu skala yang dapat diperbandingkan dengan semua rating alternatif yang ada. Kemudian dilanjutkan dengan penjumlahan terbobot yang menghasilkan suatu nilai yang digunakan sebagai dasar perankingan. Semakin besar nilai yang dihasilkan pada suatu alternatif maka semakin tinggi ranking alternatif tersebut [2].

Oleh karena itu pada tugas akhir ini dilakukan implementasi ACO dan SAW pada layanan Telkom Trouble Ticket Online (T3-Online). Dengan metode ACO maka dapat dihasilkan jarak dan durasi perjalanan yang lebih optimal. Sedangkan metode SAW mampu menghasilkan rekomendasi kantor operasional Telkom terbaik kepada pihak DCS berdasarkan jarak dan durasi perjalanan, serta jumlah teknisi yang tersedia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas, maka rumusan masalah pada pembuatan tugas akhir ini antara lain

- Bagaimana melakukan optimasi total jarak dan durasi perjalanan antara kantor operasional Telkom dan semua lokasi perbaikan menggunakan metode ACO?
- Bagaimana menghasilkan rekomendasi kantor operasional Telkom terbaik kepada DCS berdasarkan total jarak, durasi dan jumlah teknisi menggunakan metode SAW?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Melakukan optimasi total jarak dan durasi perjalanan antara kantor operasional Telkom dan semua lokasi perbaikan menggunakan metode ACO.
- Mengimplementasikan metode SAW untuk menghasilkan rekomendasi kantor operasional Telkom terbaik kepada DCS berdasarkan total jarak, durasi dan jumlah teknisi.

1.4 Batasan Masalah

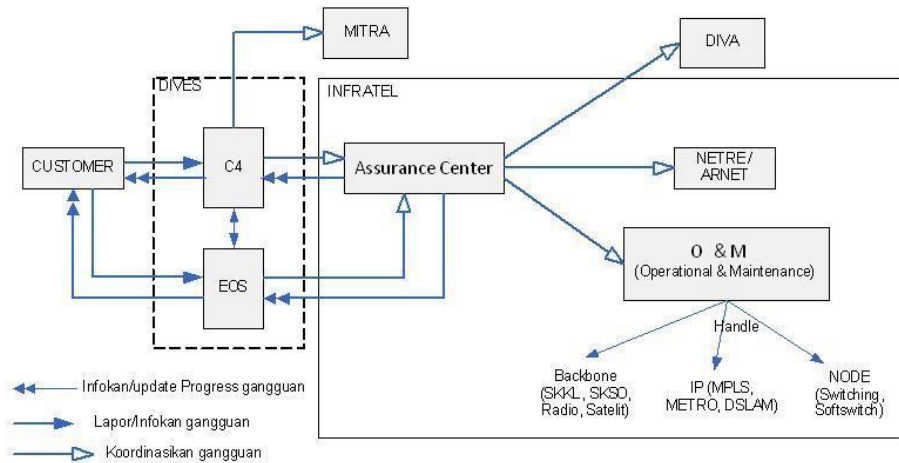
Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

- Melakukan optimasi total jarak dan durasi perjalanan menggunakan metode ACO.
- Rekomendasi yang dihasilkan SAW bukan merupakan keputusan final yang harus dilakukan DCS
- Sistem yang dihasilkan pada tugas akhir ini bukan merupakan sistem T3-Online baru melainkan sistem yang hanya memproses tiket yang dihasilkan T3-Online.
- Data yang digunakan merupakan history T3-Online wilayah Jawa Barat Tengah.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Telkom Trouble Ticket Online (T3-Online)

T3-Online merupakan aplikasi berbasis *web* yang digunakan DCS untuk mengelola data-data gangguan dan kerusakan seperti jaringan *internet* dan telepon pelanggan. serta memberikan informasi kepada penggunaanya dengan cepat dan mudah. Dengan kata lain, T3-Online memberi fleksibilitas kepada operator jaringan. T3-Online hanya dapat diakses oleh karyawan Telkom yang memiliki *username* dan *password* untuk dapat *login* ke dalamnya. Kemudian menu-menu yang terdapat dalam T3-Online sudah dikelompokkan berdasarkan divisi yang ada di Telkom.



Gambar 1.1 Alur kerja T3-Online

2.2 Simple Additive Weighting (SAW)

Metode *Simple Additive Weighting (SAW)* sering juga dikenal istilah metode penjumlahan terbobot. Konsep dasar metode SAW adalah mencari penjumlahan terbobot dari *rating* kinerja pada setiap alternatif di semua atribut [1]

Metode SAW membutuhkan proses normalisasi matriks keputusan (X) ke suatu skala yang dapat diperbandingkan dengan semua rating alternatif yang ada. Metode ini merupakan metode yang paling terkenal dan paling banyak digunakan dalam menghadapi situasi *Multiple Attribute Decision Making (MADM)*. MADM itu sendiri merupakan suatu metode yang digunakan untuk mencari alternatif optimal dari sejumlah alternatif dengan kriteria tertentu [3].

Algoritma *Simple Additive Weighting (SAW)* diberikan sebagai berikut:

1. Membuat matriks keputusan X berukuran m x n, dimana m = data dan n = kriteria.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (1)$$

2. Memberikan nilai bobot preferensi (W).

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\} \dots \dots \dots (2)$$

3. Normalisasi Matriks X.

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_k x_{ik}} \rightarrow \begin{bmatrix} \frac{x_{11}}{\max_k x_{1k}} & \dots & \frac{x_{1n}}{\max_k x_{1k}} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{x_{m1}}{\max_k x_{mk}} & \dots & \frac{x_{mn}}{\max_k x_{mk}} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (3)$$

$$\{ \frac{x_{ij}}{\min_k x_{ik}} \rightarrow \begin{bmatrix} \frac{x_{11}}{\min_k x_{1k}} & \dots & \frac{x_{1n}}{\min_k x_{1k}} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{x_{m1}}{\min_k x_{mk}} & \dots & \frac{x_{mn}}{\min_k x_{mk}} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

- R_{ij} = Normalisasi matriks
- $\max_k x_{ik}$ = nilai maksimum dari setiap baris dan kolom
- $\min_k x_{ik}$ = nilai minimum dari setiap baris dan kolom
- x_{ij} = baris dan kolom dari matriks

4. Menghitung nilai prefensi.

$$V_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} w_j \dots \dots \dots (4)$$

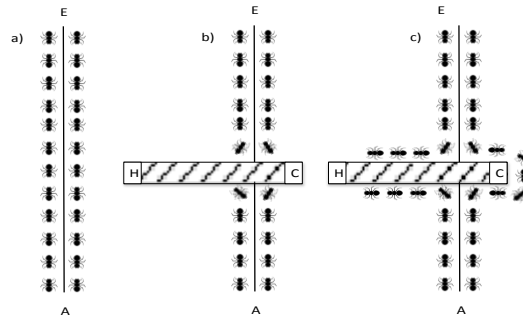
Dimana :

- V_i = Nilai akhir dari alternative
- w_j = Bobot yang telah ditentukan
- R_{ij} = Normalisasi matriks

Nilai V_i yang lebih besar mengindikasikan bahwa alternative A_i lebih terpilih [5].

2.3 Ant Colony Optimization (ACO)

ACO termasuk teknik pencarian *multi agent* untuk menyelesaikan permasalahan optimasi, khususnya kombinatorial. Algoritma *Ant Colony* pertama kali diperkenalkan oleh Marco Dorigo pada tahun 1991 sebagai thesis Phd-nya yang kemudian dipublikasikan dengan nama *Ant System (AS)*. Algoritma ini terinspirasi oleh tingkah laku koloni semu, hewan yang menemukan jalan terpendek, dari sarang menuju sumber makanan, ketika bekerjasama dengan semut-semut lainnya dalam suatu koloni.



Gambar 1.2
Proses semut menemukan jalur terpendek [7]

Pada awalnya terdapat jalan (Tanpa penghalang) antara sarang semut (A) dan sumber makanan (E) yang dapat dilewati oleh semut-semut (gambar a). Pada suatu saat, terdapat benda yang menghalangi jalan tersebut. Sehingga semut-semut yang berada di posisi B (semut yang berjalan dari A ke E) atau dari posisi D (Semut yang berjalan dari E ke A) harus memutuskan untuk memilih jalan ke kiri atau ke kanan (gambar b). Pilihan ini akan dipengaruhi oleh intensitas jejak *pheromone* yang ditinggalkan semut sebelumnya. Pada saat pertama kali jalan terputus, semut yang berada di posisi B maupun D memiliki kemungkinan yang sama untuk memilih jalan ke kiri maupun ke kanan karena belum ada jejak *pheromone* yang ditinggalkan semut-semut lain. Karena jalur BCD lebih pendek dibandingkan BHD, semut pertama di posisi B yang memilih jalur BCD akan mencapai titik D lebih dahulu dibandingkan semut di posisi B yang memilih jalur BHD (gambar c). Dengan demikian, jejak *pheromone* pada jalur BCD akan lebih banyak dibandingkan pada jalur BHD. Sehingga semut-semut berikutnya yang berada di posisi B akan memilih jalur BCD yang terdapat lebih banyak jejak *pheromone* [8].

2.3.1 Ant System (AS)

Perilaku koloni semut telah menginspirasi munculnya sebuah metodologi baru yang di dalamnya terdapat sekumpulan semut buatan, yang dinamai dengan ants, yang saling bekerja sama dalam mencari solusi terhadap suatu masalah optimisasi kombinatorial dengan cara bertukar informasi melalui *pheromone* yang diletakkan pada ruas-ruas sebuah *graf*. Semut – semut buatan (untuk selanjutnya ditulis sebagai ants) yang digunakan dalam sistem ini mempunyai perbedaan besar dengan hewan semut yang asli, antara lain ants akan memiliki *memori*, mereka tidak sepenuhnya buta, dan mereka akan berada pada lingkungan dimana waktunya adalah diskrit.

2.3.1.1 Aturan Transisi Status

Aturan transisi status ini diambil jika semut harus mengeksplorasi simpul yang belum pernah dikunjungi sama sekali. Kemungkinan ini merupakan probabilitas dari semut m pada titik i yang memilih untuk menuju ke titik j .

$$P_{ij}^m = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_k [\tau_{ik}]^\alpha [\eta_{ik}]^\beta} \quad (2.1)$$

Dimana τ_{ij} adalah jumlah *pheromone* yang terdapat antara titik i dan titik j , $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ adalah *visibility* (*invers* dari jarak d_{ij}) dimana $d_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$

α adalah sebuah parameter yang mengontrol bobot (*weight*) relatif dari *pheromone* dan β adalah parameter penganda jarak ($\alpha \geq 0$ dan $\beta > 0$). Pada persamaan (2.1) kita mengalikan *pheromone* pada kota (i, j) dengan nilai *visibility* yang sebanding η_{ij} . Dengan cara ini kita memilih *edge* yang lebih pendek dan memiliki jumlah *pheromone* yang lebih besar [8].

2.3.1.2 Update Pheromone Trail

Setelah semua semut menyelesaikan *tour*-nya masing-masing maka *pheromone* di-update. Dalam Ant System, jumlah *pheromone* (τ_{ij}) akan berubah sesuai dengan persamaan 2.2 dibawah ini :

$$\tau_{ij}(t+1) = \tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k \quad (2.2)$$

Dimana :

$$\Delta \tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{d_{ij}} & \text{jika semut ke } k \text{ menggunakan busur } (i, j) \\ 0 & \text{untuk lainnya} \end{cases} \quad (2.3)$$

Dimana Q adalah suatu konstanta dan d_{ij} panjang *tour* yang dihasilkan oleh semut ke- k serta ρ suatu koefisien yang bernilai kurang dari 1 untuk mencegah akumulasi jejak *pheromone* yang tak terbatas.

Agar memenuhi batasan bahwa seekor semut harus mengunjungi seluruh n titik, kita memerlukan struktur data yang disebut *tabulist* untuk setiap semut. *Tabulist* digunakan untuk menyimpan titik-titik yang telah dikunjungi pada waktu t dan untuk melarang semut mengunjungi kembali ke titik-titik tersebut. Ketika sebuah *tour* selesai, *tabulist* digunakan untuk menghitung solusi yang ditemukan semut pada *tour* tersebut. *Tabulist* kemudian dikosongkan dan semut kembali bebas memilih titik tujuannya pada *tour* berikutnya. *Tabulist* untuk semut ke- k ($Tabulist^k$) adalah elemen ke- i dari *tabulist* yaitu titik ke- i yang dikunjungi semut k pada suatu *tour*. Meskipun AS berhadapan dengan menemukan solusi-solusi yang optimal ataupun bagus untuk TSP, waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil tersebut membuatnya menjadi tidak mungkin lagi untuk diterapkan pada masalah yang lebih besar [8].

2.4 Travelling Salesman Problem (TSP)

Persoalan TSP merupakan persoalan optimisasi kombinatorial (Kombinasi permasalahan). Banyak permasalahan yang dapat direpresentasikan dalam bentuk TSP. persoalan ini sendiri menggunakan representasi graf untuk memodelkan persoalan yang diwakili sehingga lebih memudahkan penyelesaiannya. Diantara permasalahan yang dapat direpresentasikan dengan TSP adalah pencarian rute bus sekolah untuk mengantarkan siswa, pengambilan tagihan telepon, efisiensi pengiriman surat atau barang, perancangan saluran pipa dan lain-lain. Persoalan yang muncul adalah bagaimana cara mengunjungi *node* (simpul) pada graf dari titik awal ke setiap titik-titik lainnya dengan bobot minimum (biaya paling murah) dan kembali lagi ke *node* asal. Bobot atau biaya ini sendiri dapat mewakili berbagai hal, seperti berapa biaya minimum, jarak minimum, bahan bakar minimum, waktu minimum, dan lain-lain [10].

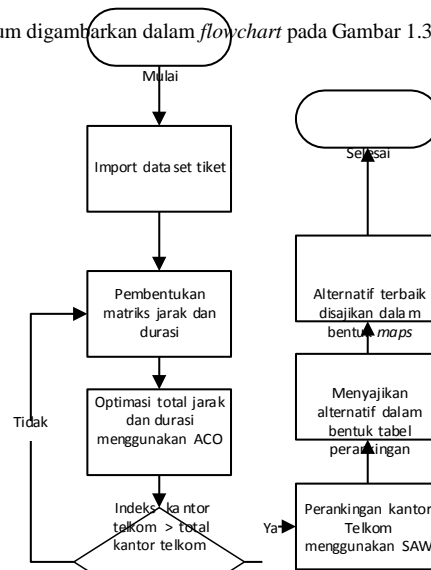
3. Perancangan dan Implementasi

3.1 Perancangan Sistem

Implementasi metode *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Simple Additive Weighting* (SAW) pada layanan Telkom *Trouble Ticket Online* (T3-Online) menghasilkan sebuah sistem yang menerapkan *Travelling Salesman Problem* (TSP) dalam melakukan optimasi total jarak dan durasi perjalanan antara setiap kantor operasional Telkom dan semua lokasi perbaikan menggunakan ACO. Sedangkan SAW digunakan untuk memberikan rekomendasi kantor operasional Telkom terbaik kepada pihak DCS berdasarkan total jarak dan durasi perjalanan yang dihasilkan ACO serta jumlah teknisi yang tersedia pada kantor operasional Telkom. Secara umum tahapan-tahapan yang dilakukan pada sistem ini adalah sebagai berikut:

- a. *Import* dataset tiket. Dataset yang digunakan adalah history data tiket pada Aplikasi T3-Online.
- b. Pembentukan matrik jarak dan durasi.
- c. Optimasi total jarak dan durasi perjalanan antara kantor operasional Telkom dan semua lokasi perbaikan menggunakan ACO.
- d. Cek kondisi berhenti:
 1. Jika indeks kantor operasional > total kantor operasional maka iterasi dihentikan
 2. Jika indeks kantor operasional ≤ total kantor operasional maka kembali ke langkah b
- e. Melakukan perankingan kantor operasional Telkom berdasarkan total jarak dan durasi perjalanan antara kantor operasional Telkom yang dihasilkan ACO serta total teknisi yang tersedia menggunakan SAW.
- f. Menyajikan alternatif dalam bentuk tabel perankingan yang dihasilkan SAW.
- g. Alternatif terbaik disajikan dalam bentuk *maps*.

Tahapan dalam sistem ini secara umum digambarkan dalam *flowchart* pada Gambar 1.3

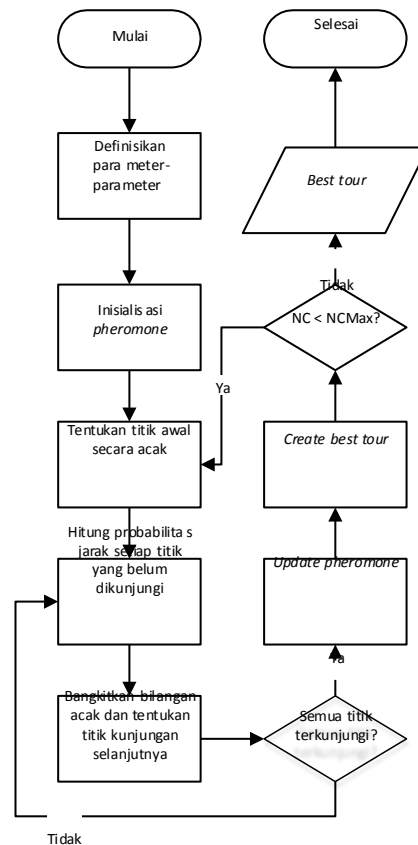


Gambar 1.3
Flowchart rancangan sistem

Gambar 1.3 menunjukkan alur proses yang akan dilakukan pada sistem ini. Dimulai dengan *import* dataset tiket, kemudian pembentukan matriks jarak dan durasi, dilanjutkan dengan melakukan optimasi total jarak dan durasi menggunakan ACO, lalu cek kondisi berhenti, kemudian melakukan perankingan kantor Telkom menggunakan SAW, menyajikan alternatif dalam bentuk tabel perankingan, kemudian alternatif terbaik ditampilkan dalam bentuk *maps*.

3.1.1 Optimasi Menggunakan Ant Colony Optimization

Setelah proses *import* dataset tiket, selanjutnya digunakan *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk proses optimasi total jarak dan durasi perjalanan antara kantor operasional Telkom dan semua lokasi perbaikan. Alur dalam algoritma ini secara umum dapat digambarkan dengan *flowchart* pada Gambar 1.4.

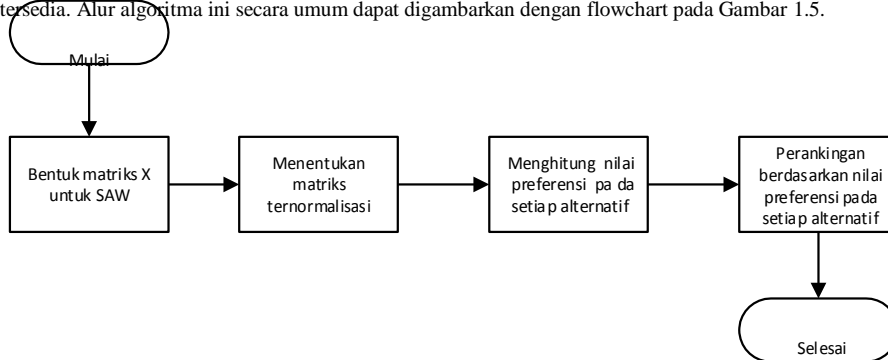


Gambar 1.4
Flowchart tahapan Ant Colony Optimization (ACO)

Gambar 1.4 menunjukkan alur proses optimasi total jarak dan durasi menggunakan ACO. Dimulai dari mendefinisikan parameter-parameter, inisialisasi *pheromone*, menentukan titik awal lokasi perbaikan secara acak, hitung probabilitas jarak setiap lokasi perbaikan yang belum dikunjungi, bangkitkan bilangan acak dan tentukan lokasi perbaikan selanjutnya, *update pheromone*, *create best tour*, periksa kondisi berhenti iterasi, menghasilkan *best tour*.

3.1.2 Perankingan Menggunakan Simple Additive Weighting

Setelah proses optimasi total jarak dan durasi perjalanan antara kantor operasional Telkom dan semua lokasi perbaikan, selanjutnya digunakan Simple Additive Weighting (SAW) untuk menilai kapabilitas setiap kantor operasional Telkom. Hal ini dilakukan untuk memberikan rekomendasi kantor operasional Telkom terbaik kepada pihak DCS berdasarkan total jarak dan durasi yang dihasilkan ACO serta total teknisi yang tersedia. Alur algoritma ini secara umum dapat digambarkan dengan flowchart pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5
Flowchart Simple Additive Weighting (SAW)

Gambar 1.5 menunjukkan alur proses perankingan alternatif menggunakan SAW. Dimulai dari membuat matriks X untuk SAW, menentukan matriks ternormalisasi, menghitung nilai preferensi pada setiap alternatif, dan perankingan berdasarkan nilai preferensi pada setiap alternatif.

4. Pengujian dan Analisis

4.1. Tujuan Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian untuk mengetahui hasil optimasi total jarak dan durasi perjalanan menggunakan metode ACO berdasarkan alternatif terbaik yang dihasilkan metode SAW dan ditampilkan dalam bentuk *maps*.

4.2 Skenario Pengujian

Skenerio pengujian dari penelitian ini adalah :

- Data yang akan diuji adalah 5 data yang memiliki jumlah tiket dan lokasi yang berbeda-beda.
- Kelima data tersebut diambil dari *history* T3-*Online*.
- Kelima data tersebut akan di uji satu persatu dengan cara di-*import* pada sistem yang telah dibuat.
- Data yang telah di-*import* akan dioptimasi menggunakan ACO.
- Optimasi jarak dan durasi yang dihasilkan ACO kemudian di-ranking menggunakan metode SAW.
- Optimasi jarak dan durasi yang dihasilkan ACO akan dibandingkan dengan FIFO berdasarkan alternatif terbaik yang dihasilkan SAW menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Presentase penurunan} = ((\text{Nilai Awal}-\text{Nilai Akhir})/(\text{Nilai Awal}) \times 100\% [12]$$

- Alternatif terbaik yang dihasilkan oleh SAW ditampilkan dalam bentuk *maps*.

4.3 Proses Pengujian

Pengujian dibagi menjadi beberapa tahap yaitu import dataset tiket, pembentukan matriks jarak dan durasi, melakukan optimasi total jarak dan durasi menggunakan ACO, melakukan perankingan kantor Telkom menggunakan SAW.

4.3.1 Import data

Proses *import* data dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan data-data dari dataset menjadi data yang siap untuk diolah. Data yang digunakan dalam pengujian ini adalah 5 data *history* T3-*Online* dengan rincian sebagai berikut:

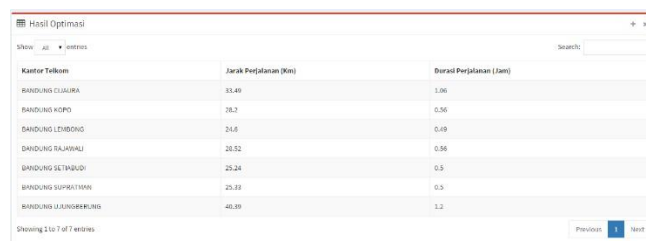
- Data pertama
 - Tanggal : 01-05-2013
 - Wilayah : Jawa Barat Tengah (Bandung)
 - Jumlah pengaduan : 12
- Data kedua
 - Tanggal : 13-03-2015
 - Wilayah : Jawa Barat Tengah (Bandung)
 - Jumlah pengaduan : 10
- Data ketiga
 - Tanggal : 13-05-2013
 - Wilayah : Jawa Barat Tengah (Bandung)
 - Jumlah pengaduan : 15
- Data keempat
 - Tanggal : 29-04-2013
 - Wilayah : Jawa Barat Tengah (Bandung)
 - Jumlah pengaduan : 7
- Data kelima
 - Tanggal : 31-03-2015
 - Wilayah : Jawa Barat Tengah (Bandung)
 - Jumlah pengaduan : 11

4.3.2 Pembentukan matriks jarak dan durasi

Matriks jarak dan durasi merepresentasikan jarak dan durasi antara setiap kantor operasional Telkom dan semua lokasi pengaduan. Proses pembuatan matriks ini dihitung menggunakan persamaan 3.1 dan persamaan 3.2. Kemudian hasil pembuatan matriks jarak dan durasi akan dioptimasi menggunakan metode ACO.

4.3.3 Optimasi total jarak dan durasi menggunakan ACO

Setelah pembuatan matriks jarak dan durasi, proses selanjutnya adalah melakukan optimasi total jarak dan durasi perjalanan menggunakan ACO. Proses ini dilakukan sebanyak jumlah kantor operasional pada wilayah pengaduan tiket. Berikut adalah hasil optimasi jarak dan durasi menggunakan ACO.



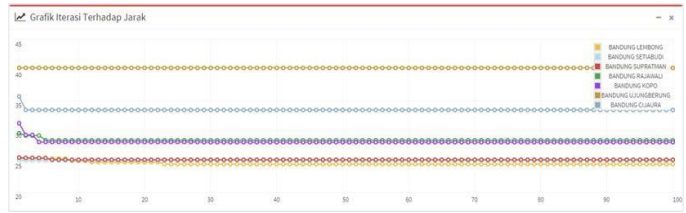
| Kantor Telkom | Jarak Perjalanan (Km) | Durasi Perjalanan (Jam) |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| BANDUNG CIJAJURA | 33.49 | 1.06 |
| BANDUNG KOPPO | 38.3 | 0.56 |
| BANDUNG LEDIBOND | 24.6 | 0.49 |
| BANDUNG RAJARALI | 28.52 | 0.56 |
| BANDUNG SETARJUDI | 25.24 | 0.5 |
| BANDUNG SOPHISTIKAN | 25.83 | 0.5 |
| BANDUNG ULUNGGARJUNG | 40.89 | 1.2 |

Gambar 4.1 Hasil optimasi jarak dan durasi tiket tanggal 01-05-2013 menggunakan ACO

Gambar 4.1 menunjukkan hasil optimasi jarak dan durasi perjalanan tiket tanggal 01-05-2013 menggunakan ACO. Terdapat informasi berupa jarak dan durasi perjalanan pada setiap kantor operasional Telkom

4.3.4 Analisis perubahan jarak dan durasi setiap iterasi ACO

Perubahan jarak dan durasi pada setiap iterasi ACO dianalisis untuk mengetahui jumlah iterasi yang dilakukan untuk menemukan solusi optimasi terbaik

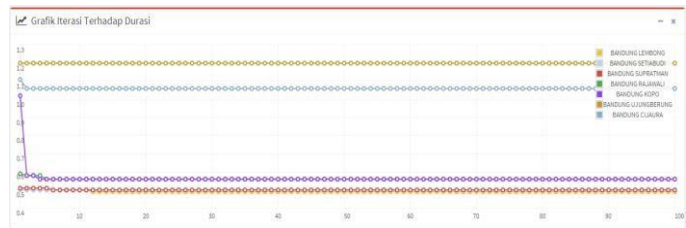


Gambar 4.2 Grafik iterasi terhadap jarak tiket tanggal 01-05-2013

Gambar 4.2 adalah grafik iterasi terhadap jarak tiket tanggal 01-05-2013 dimana grafik tersebut dapat direpresentasikan pada Tabel 4.1:

Tabel 4.1 Iterasi terhadap jarak tiket tanggal 01-05-2013

| No | Nama | Iterasi |
|----|---------------------|---------|
| 1 | BANDUNG CIJAJURA | 2 |
| 2 | BANDUNG KOPO | 32 |
| 3 | BANDUNG LEMBONG | 26 |
| 4 | BANDUNG RAJAWALI | 8 |
| 5 | BANDUNG SETIABUDI | 1 |
| 6 | BANDUNG SUPRATMAN | 8 |
| 7 | BANDUNG UJUNGBERUNG | 8 |



Gambar 4.3 Grafik iterasi terhadap durasi tiket tanggal 01-05-2013

Gambar 4.3 adalah grafik iterasi terhadap durasi tiket tanggal 01-05-2013 dimana grafik tersebut dapat direpresentasikan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Iterasi terhadap durasi tiket tanggal 01-05-2013

| No | Nama | Iterasi |
|----|---------------------|---------|
| 1 | BANDUNG CIJAJURA | 2 |
| 2 | BANDUNG KOPO | 8 |
| 3 | BANDUNG LEMBONG | 26 |
| 4 | BANDUNG RAJAWALI | 8 |
| 5 | BANDUNG SETIABUDI | 1 |
| 6 | BANDUNG SUPRATMAN | 8 |
| 7 | BANDUNG UJUNGBERUNG | 8 |

4.3.5 Membuat rekomendasi menggunakan SAW

Setelah proses optimasi jarak dan durasi perjalanan menggunakan ACO, langkah selanjutnya adalah membuat rekomendasi menggunakan SAW.

| Ranking | Kantor Telkom | Jarak Perjalanan (Km) | Durasi Perjalanan (Jam) | Sisa Teknisi (Orang) | SAW |
|---------|---------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|--------|
| 1 | BANDUNG LEMBONG | 24.6 | 0.49 | 20.0 | 13.0 |
| 2 | BANDUNG SETIABUDI | 25.24 | 0.5 | 20.0 | 11.819 |
| 3 | BANDUNG SUPRATMAN | 25.33 | 0.5 | 20.0 | 12.805 |
| 4 | BANDUNG RAJAWALI | 28.52 | 0.58 | 20.0 | 11.95 |
| 5 | BANDUNG KOPO | 29.2 | 0.58 | 18.0 | 10.989 |
| 6 | BANDUNG UJUNGBERUNG | 49.39 | 1.2 | 18.0 | 8.07 |
| 7 | BANDUNG CIJAJURA | 31.40 | 1.06 | 19.0 | 7.267 |

Gambar 4.4 Hasil perankingan tiket tanggal 01-05-2013

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa kantor Telkom Bandung Lembong dengan total jarak perjalanan 24,60 Km, durasi perjalanan 0,49 jam, dan sisa teknis 20 orang memiliki nilai SAW tertinggi sehingga kantor Telkom Bandung Lembong menjadi alternatif terbaik untuk menangani tiket tanggal 01-05-2013.

4.3.6 Jarak dan durasi yang dihasilkan FIFO

Adapun jarak dan durasi yang dihasilkan oleh metode FIFO antara lain sebagai berikut:

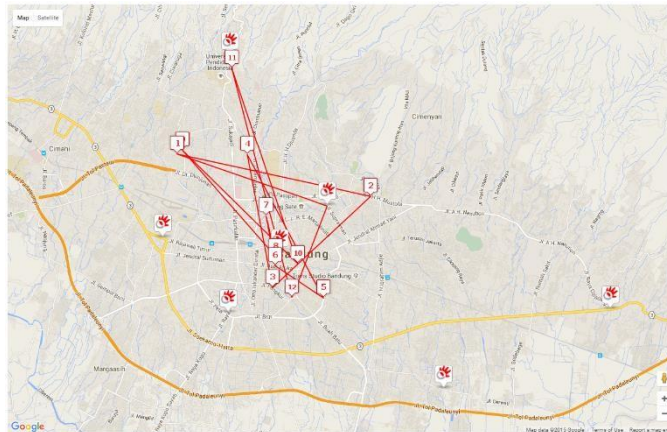
| Kantor Telkom | Jarak Perjalanan (Km) | Durasi Perjalanan (Jam) |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| BANDUNG CIAMURA | 72,72 | 2,25 |
| BANDUNG KOPO | 62,22 | 2,04 |
| BANDUNG LEMBONG | 60,54 | 2,0 |
| BANDUNG RAJAWALI | 61,91 | 2,03 |
| BANDUNG SETIABLUDI | 66,57 | 2,13 |
| BANDUNG SUPRATMAN | 62,96 | 2,05 |
| BANDUNG USUNBERBURUNG | 61,43 | 2,42 |

Gambar 4.5 Hasil pengujian FIFO tiket tanggal 01-05-2013

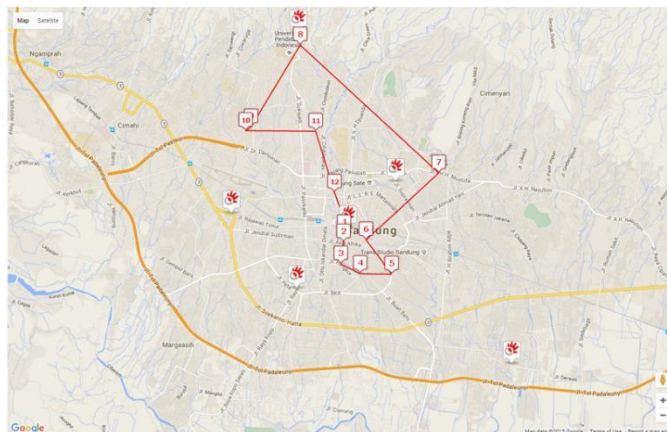
Gambar 4.5 menunjukkan total jarak dan durasi perjalanan menggunakan metode FIFO untuk tiket pada tanggal 01-05-2013

4.3.7 Jarak dan durasi yang dihasilkan FIFO

Analisis perbandingan rute perbaikan dilakukan untuk membandingkan rute yang dihasilkan metode ACO dan FIFO berdasarkan alternatif terbaik yang dihasilkan metode SAW.



Gambar 4.6 Representasi maps metode FIFO tiket tanggal 01-05-2013



Gambar 4.7 Representasi maps metode ACO dan SAW pada tiket tanggal 01-05-2013

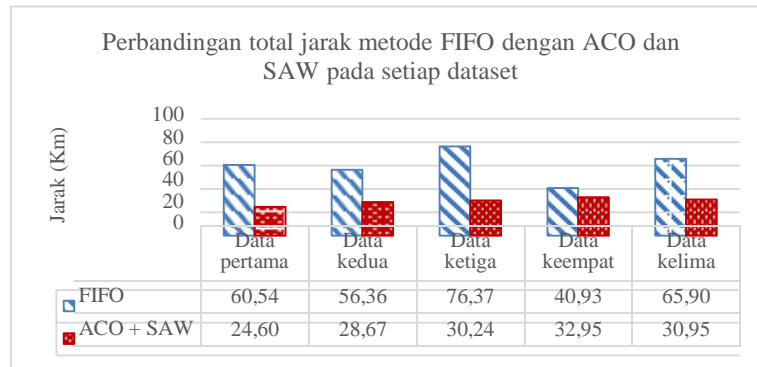
4.3.8 Analisis perbandingan jarak dan durasi

Analisis perbandingan jarak dan durasi dilakukan untuk membandingkan jarak dan durasi yang dihasilkan metode ACO dan FIFO berdasarkan alternatif terbaik yang dihasilkan metode SAW.

Tabel 4.3 Alternatif terbaik yang dihasilkan metode SAW

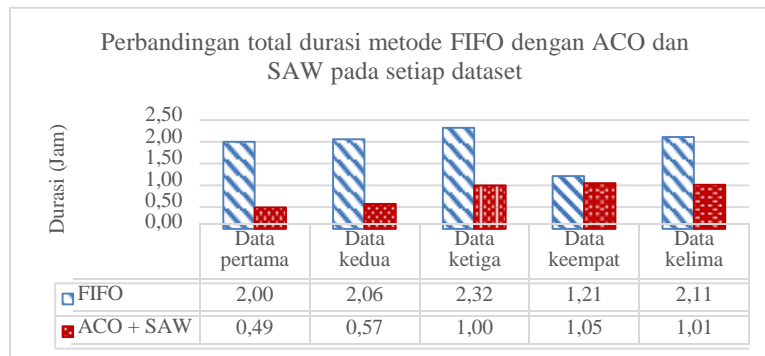
| Dataset | Alternatif Terbaik |
|--------------|--------------------------|
| Data pertama | Telkom Bandung Lembong |
| Data kedua | Telkom Bandung Supratman |
| Data ketiga | Telkom Bandung Supratman |
| Data keempat | Telkom Bandung Lembong |
| Data kelima | Telkom Bandung Lembong |

Tabel 4.3 menunjukkan daftar alternatif terbaik yang dihasilkan metode SAW pada setiap dataset.



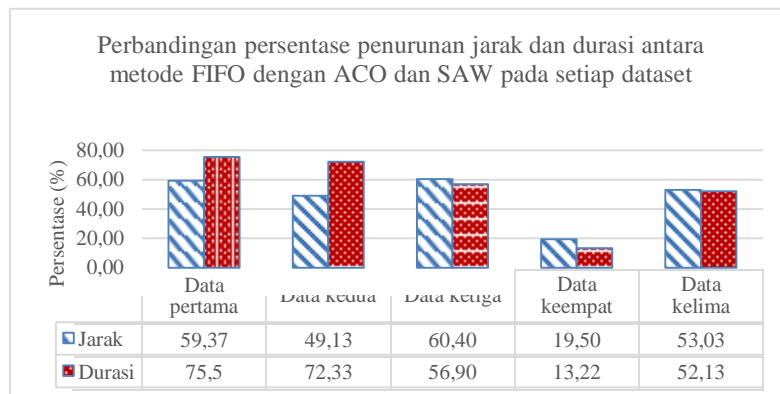
Gambar 4.8 Perbandingan total jarak metode FIFO dengan ACO dan SAW pada setiap dataset

Gambar 4.8 menunjukkan perbandingan total jarak yang dihasilkan metode FIFO dan ACO pada setiap dataset berdasarkan alternatif terbaik yang dihasilkan metode SAW.



Gambar 4.9 Perbandingan total durasi metode FIFO dengan ACO dan SAW pada setiap dataset

Gambar 4.37 menunjukkan perbandingan total durasi yang dihasilkan metode FIFO dan ACO pada setiap dataset berdasarkan alternatif terbaik yang dihasilkan metode SAW.



Gambar 4.10 Perbandingan persentase penurunan jarak dan durasi menggunakan metode FIFO dengan ACO dan SAW pada setiap dataset

Gambar 4.38 menunjukkan perbandingan persentase penurunan jarak dan durasi yang dihasilkan metode FIFO dan ACO pada setiap dataset berdasarkan alternatif terbaik yang dihasilkan metode SAW.

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada pembuatan tugas akhir ini, yaitu :

- a. Alternatif terbaik yang dihasilkan metode SAW menunjukkan bahwa jarak dan durasi yang dihasilkan metode ACO mengalami presentase penurunan dari metode FIFO, dengan rata-rata sebagai berikut:
 1. Jarak = 48,29%
 2. Durasi = 54,02%
- b. Alternatif terbaik yang dihasilkan metode SAW menunjukkan bahwa *path* yang dihasilkan metode ACO memiliki bentuk yang lebih optimal dari metode FIFO dilihat dari jarak dan durasi yang dihasilkan.

5.2. Saran

Berikut merupakan saran yang dapat disampaikan dalam pembuatan tugas akhir ini yaitu :

- a. Penelitian ini dapat dikembangkan baik menggunakan metode SI maupun menggunakan pengembangan metode ACO lain, seperti *MIN-MAX Ant System* atau yang terbaru.
- b. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menerapkan metode MDAM lain seperti *Elimination Et Choix Traduisant la realite* (ELECTRE) dan *Technique for Order Preference By Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS).

6. Daftar Pustaka

- [1] M. Dorigo, T. Stutzle and M. Victorio, Distributed Optimization by Ant Colony, Proceedings of Firs European Conference On Artificial Life, Cambridge: Massacusetts, 1991.
- [2] P. C. Fishburn, Additive Utilities With Finite Sets : Application in the Management Sciences, vol. 14, Naval Research Logistics Quarterly, 1967, pp. 1-13.
- [3] PT Telekomunikasi Indonesia, Panduan Pegawai, Jakarta: PT Telekomunikasi Indonesia.
- [4] M. Dorigo, A. Colomi and V. Maniezzo, The Ant System : Optiomization by a Colony of Cooperating Agents, IEEE Transactions on Systems, 1996.
- [5] Suyanto, Algoritma Optimasi, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [6] W. Rudolphi, Multi Criteria Decision Analysis As A Framework For Integrated Land Use Management In Canadian National Park, Simon Fraser University, 2000.
- [7] Z. H. J., Fuzzy Set Theory and it's Applications, Boston: Kluwer, 1991.
- [8] S. Kusumadewi, S. Hartati, A. Harjoko and R. Wardoyo, Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM), Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [9] S. Fauz, "Elib Unikom," 2010. [Online]. Available: http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/367/jbptunikompp-gdl-sofwanfauz-22654-2-unikom_s-2.pdf.
- [10] R. "Elib Unikom," 2009. [Online]. Available: <http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/367/jbptunikompp-gdl-riskahardi-18304-3-babii.pdf>.
- [11] H. Pratiwi, "APLIKASI ANT COLONY SYSTEM UNTUK TRAVELING SALESMAN PROBLEM," IT Telkom, Bandung, 2009.
- [12] E. M. S. Muntini, L. Prasetyo and H. Faisal, FISIKA JILID 1 UNTUK SMK TEKNOLOGI, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [13] R. Hitung, "Rumus Hitung," 10 Desember 2012. [Online]. Available: <http://rumushitung.com/2012/12/10/cara-menghitung-persentase/>. [Accessed 2015 Oktober 9].