

Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Metode Algoritma “*Ant Colony Optimization*” Pada GUI Matlab (Studi Kasus: PT Distriversa Buana Mas cabang Purwokerto)

Via Risqiyanti¹, Hasbi Yasin², Rukun Santoso³

^{1,2,3}Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro
Hasbiyasin17@gmail.com

ABSTRACT

For company, shortest distribution route is an important thing to be developed in order to obtain effectiveness in the distribution of products to consumers. One way of development is to find the shortest route with Ant Colony Optimization algorithm. This algorithm is inspired by the behavior of ant colonies that can find the shortest path from the nest to the food source. One example of a distribution company is PT Distriversa Buana Mas, also known as DBM. DBM is a physical distribution company covering the entire Indonesian archipelago specialized in the distribution of pharmaceuticals and consumer goods such as personal care, cosmetic and food products. DBM uses land transportation in 18 branches spread across Indonesia. One branch of DBM is in the Purwokerto region that distributes products to 29 stores in the Purbalingga region. This research is done with the help of GUI as a computation tool. Based on test results, the GUI system that has been built able to simplify and speed up the selection process of finding the shortest route for distribute product of DBM in the Purbalingga region.

Keywords: Travelling Salesman Problem, Distriversa Buana Mas, Algorithm, Ant Colony Optimization, GUI

1. PENDAHULUAN

Permasalahan *Travelling Salesman Problem* atau sering disingkat TSP adalah masalah pencarian sebuah siklus tur yang mengunjungi semua kota tepat satu kali dalam himpunan kota yang diberikan dan kembali ke kota asal. Hingga saat ini, banyak peneliti telah mencoba mencari pendekatan untuk menyelesaikan permasalahan TSP. Salah satunya adalah menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization*.

Menurut Purnomo (2014), *Ant Colony Optimization* merupakan suatu algoritma yang terinspirasi dari kehidupan alami semut menyangkut kebiasaan semut dalam mencari makanan. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut mampu menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui. Semakin banyak semut yang melalui suatu jalur, maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya. Hal ini menyebabkan jalur yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama akan semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali. Dan sebaliknya, jalur yang dilalui semut dalam jumlah banyak, semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan seluruh semut akan melalui jalur tersebut. Mengingat prinsip algoritma yang didasarkan pada perilaku koloni semut dalam menemukan jarak perjalanan paling pendek tersebut, *ant colony* sangat tepat digunakan untuk penyelesaian masalah optimasi, salah satunya adalah menentukan jalur terpendek.

Penelitian mengenai algoritma ACO, terutama dalam aplikasinya untuk permasalahan TSP, telah dilakukan oleh Marco Dorigo (Belgia) dan Luca Maria

(Switzerland) pada tahun 1997. Berdasarkan *paper* yang ditulis mereka, *Ant Colony Optimization* (ACO) memiliki performa yang jauh lebih baik dibanding algoritma lain. Salah satu data di *paper* tersebut menunjukkan pada kasus TSP dengan 75 kota, ACO hanya membutuhkan simulasi tur sebanyak 3.480 kali untuk menemukan jalur tur terbaik, sedangkan *genetic algorithm* membutuhkan 80.000 kali simulasi tur untuk menemukan jalur tur terbaik, dan algoritma lain seperti *evolutionary programming* (EP) dan *simulated annealing* (SA) bahkan membutuhkan jumlah simulasi tur yang lebih banyak lagi.

Aplikasi pada teori graf banyak digunakan dalam bidang pendistribusian. Dalam dunia usaha, distribusi merupakan proses yang sangat berpengaruh pada keberlangsungan suatu usaha. Maka perlu dilakukan pencarian rute paling efisien untuk meminimalkan biaya distribusi. Salah satu metode untuk mencari rute terpendek dalam pendistribusian adalah *Travelling Salesman Problem* (TSP).

Salah satu perusahaan yang memiliki masalah distribusi dalam hal ini adalah PT Distriversa Buana Mas cabang Purwokerto. Pendistribusian obat-obatan dan barang konsumsi akan dikirim ke 29 toko yang berada di wilayah Purbalingga dan kembali lagi ke kota awal untuk memulai kembali aktivitas pendistribusian sesuai dengan pesanan yang diterimanya. Penelitian ini dilakukan dengan bantuan GUI Matlab sebagai alat komputasi untuk pengambilan keputusannya. Selanjutnya dilakukan analisis untuk memilih rute pendistribusian terpendek yang menghasilkan solusi alternatif yang optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PT Distriversa Buana Mas (DBM)

PT Distriversa Buana Mas, yang juga dikenal dengan DBM, adalah perusahaan distribusi fisik yang mencakup seluruh Indonesia. DBM mengkhususkan diri dalam distribusi obat-obatan dan barang konsumsi seperti produk perawatan pribadi, kosmetik dan makanan. Dengan menggunakan teknik terbaru dalam bidang logistik, pergudangan dan penyimpanan, DBM dapat memberikan pelayanan terbaik dengan harga bersaing. Staf DBM secara teratur menjalani pelatihan untuk terus memperbarui keterampilan mereka. Pada tahun 1991 PT Distriversa Buana Mas didirikan di Jakarta. Hingga tahun 2019, PT Distriversa Buana Mas telah memiliki 18 cabang.

2.2. Graf

2.2.1. Definisi Graf

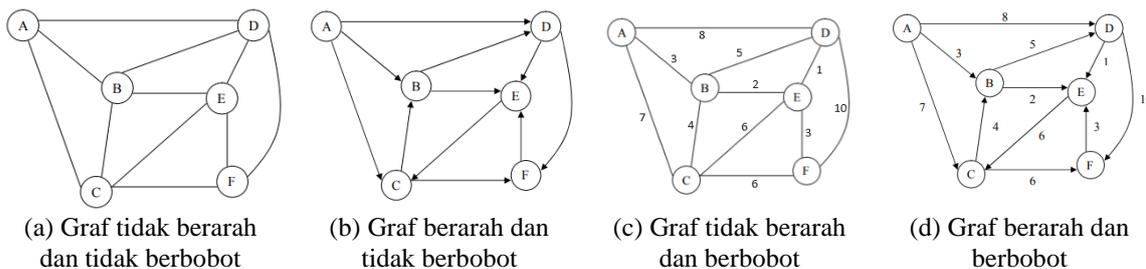
Graf adalah sekumpulan simpul yang dihubungkan satu sama lain melalui sisi/busur (Hilda, 2011). Suatu Graf G terdiri dari dua himpunan, yaitu himpunan V dan himpunan E .

- a. Verteks (simpul) : V = himpunan simpul yang terbatas dan tidak kosong
- b. Edge (sisi/busur) : E = himpunan busur yang menghubungkan sepasang simpul.

Simpul-simpul pada graf dapat merupakan obyek sembarang seperti kota, atom-atom suatu zat, komponen alat elektronik, jenis kendaraan dan sebagainya. Busur dapat menunjukkan hubungan (relasi) sembarang seperti rute penerbangan, jalan raya, sambungan telepon, ikatan kimia, dan lain-lain. Notasi graf: $G(V,E)$ artinya graf G memiliki V simpul dan E busur.

2.2.2. Jenis-Jenis Graf

Menurut arah dan bobotnya, graf dapat dikelompokkan menjadi empat jenis, yaitu:



- (a) Graf tidak berarah dan tidak berbobot: merupakan graf yang setiap sisinya tidak mempunyai arah dan tidak mempunyai bobot apapun.
- (b) Graf berarah dan tidak berbobot : merupakan graf yang setiap sisinya mempunyai arah tetapi tidak mempunyai bobot apapun.
- (c) Graf tidak berarah dan berbobot (*undirected graph*) : merupakan graf yang setiap sisinya tidak mempunyai arah anak panah tetapi memiliki bobot pada setiap sisinya. Urutan pasangan simpul yang terhubung oleh sisi tidak diperhatikan. Sehingga jarak dari titik a menuju titik b memiliki hasil yang sama dengan titik b menuju titik a ($d(a,b) = d(b,a)$).
- (d) Graf berarah dan berbobot : merupakan graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah disebut sebagai graf berarah. Secara umum sisi berarah disebut dengan busur (*arc*). Pada graf berarah (a,b) dan (b,a) menyatakan dua buah busur yang berbeda, dalam arti kata bahwa jarak antara titik a menuju titik b berbeda dengan jarak dari titik b menuju titik a. Jadi untuk busur (a,b) simpul a dinamakan simpul asal dan simpul b dinamakan simpul terminal atau simpul tujuan.

2.3. Optimisasi

Menurut Purnomo (2014), Optimisasi merupakan suatu upaya sistematis untuk memilih elemen terbaik dari suatu kumpulan elemen yang ada. Optimisasi ini bisa dinyatakan sebagai suatu usaha sistematis untuk mencari nilai minimum atau maksimum dari suatu fungsi. Dengan kata lain, optimisasi merupakan proses mencari nilai terbaik berdasarkan fungsi tujuan dengan daerah asal yang telah didefinisikan.

2.4. Travelling Salesman Problem (TSP)

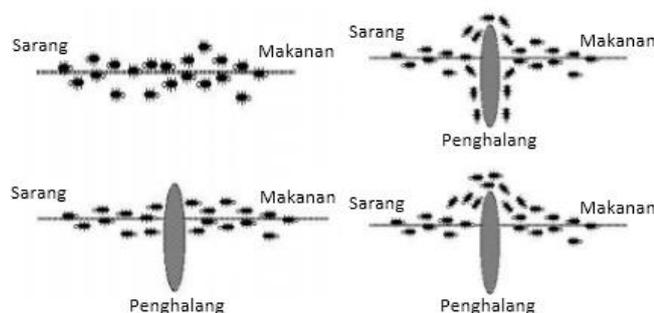
Permasalahan tentang *Travelling Salesman Problem* dikemukakan pada tahun 1800 oleh Matematikawan Irlandia William-Rowan Hamilton dan matematikawan Inggris Thomas Penyngton. Menurut Suyanto (2010) *Travelling Salesman Problem* dapat didefinisikan sebagai pencarian urutan semua lokasi yang harus dikunjungi, mulai dari kota tertentu dan kembali lagi ke kota tersebut. Secara formal TSP merupakan sebuah graf tidak langsung, dengan tiap titik simpul graf memiliki nilai dan akan dicari sirkuit *Hamilton* dengan nilai total minimum. Sirkuit *Hamilton* ialah sirkuit yang melalui tiap titik di dalam graf tepat satu kali, kecuali titik asal (sekaligus titik akhir) yang dilalui dua kali.

2.5. Ant Colony Optimization (ACO)

Algoritma *Ant Colony* pertama kali diusulkan oleh Marco Dorigo pada tahun 1991 sebagai thesis PhD-nya, dan pertama kali ditulis secara terperinci pada tahun 1996 dengan nama *Ant System* (AS). Algoritma ini terinspirasi oleh perilaku koloni semut yang dapat menemukan jalan terpendek dari sarang menuju sumber makanan.

Dalam dunia nyata, semut mampu mengindera lingkungannya yang kompleks untuk mencari makanan dan kemudian kembali ke sarangnya dengan meninggalkan zat feromon pada jalur-jalur yang mereka lalui. Feromon adalah zat kimia yang berasal dari kelenjar endokrin dan hanya dapat mempengaruhi dan dikenali individu lain yang sejenis (satu spesies). Proses peninggalan feromon ini disebut *stigmergy*, yaitu sebuah proses

memodifikasi lingkungan yang tidak hanya bertujuan untuk mengingat jalan pulang ke sarang, tetapi juga menjadi kecenderungan semut untuk mengikuti jalur yang telah dilewati oleh semut lainnya ditemukan jalur terpendek atau jalur optimal.



Gambar 1. Ilustrasi koloni semut memilih lintasan terpendek

Seiring waktu, jejak feromon akan menguap dan akan mengurangi kekuatan daya tariknya. Hal ini terjadi apabila waktu yang ditempuh selama proses pencarian makanan dari sarang menuju sumber pada jalur pertama lebih lama dibanding pada jalur kedua, maka penguapan feromon pada jalur pertama lebih cepat daripada jalur kedua. Sehingga para semut akan memilih jalur kedua karena memiliki feromon yang lebih kuat dan bisa diidentifikasi sebagai jalur terpendek.

Menurut Naseer *et al.* (2018), ada banyak kegunaan dari metode Ant Colony Optimization selain digunakan untuk memecahkan permasalahan *Travelling Salesman Problem*. Metode *Ant Colony Optimization* dapat diaplikasikan untuk pemilihan klasifikasi, pembuatan produksi serta pemilihan subset terbaik dalam pemilihan klasifikasi. Sebagai salah satu contoh dalam penggunaan metode *Ant Colony Optimization* untuk klasifikasi adalah pemilihan klasifikasi pada surat kabar. Metode *Ant Colony Optimization* dapat menentukan suatu artikel masuk di jenis berita seperti apa. Apakah masuk di olahraga, keuangan, fashion, atau teknologi. Menurut Brenzina (2011) dalam menentukan klasifikasi tersebut, biasanya *Ant Colony Optimization* dibantu dengan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN)

2.6. Local Search

Local search dimulai dari sebuah kondisi kandidat dan secara iteratif bergerak ke solusi tetangganya. Hal ini dimungkinkan apabila relasi dengan tetangganya didefinisikan dalam lingkup pencarian. Biasanya, setiap kandidat solusi memiliki lebih dari satu solusi tetangga, pilihan solusi mana yang akan diambil hanya berdasarkan informasi tentang solusi yang diperoleh oleh tetangganya sehingga dinamakan dengan *local search*. Secara teori, *local search* dibagi menjadi beberapa tahap yakni:

1. Pencarian distance
2. Pencarian nilai feromon
3. Penentuan jalur

2.6.1. Distance

Dalam perjalanannya *salesman (ant)* akan menemui jalur bercabang, sehingga diperlukan sebuah rancangan matematis untuk merumuskan peluang untuk mendapatkan jalur paling optimal. Untuk itu diperhatikan beberapa faktor seperti jarak jalur dan besar nilai feromon.

Panjang jalur dapat dihitung dengan membandingkan koordinat sumbu x dan y pada suatu lintasan. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

dengan :

d adalah panjang jalur

x_1 adalah koordinat sumbu x pertama

x_2 adalah koordinat sumbu x kedua

y_1 adalah koordinat sumbu y pertama

y_2 adalah koordinat sumbu y kedua

Pada studi kasus pencarian rute pendistribusian terpendek menggunakan transportasi darat, data jarak antar tempat pendistribusian dapat diperoleh dengan bantuan Google Maps.

2.6.2. Pheromone Update

Menurut Santosa (2011), faktor penting lainnya dari algoritma *Ant Colony Optimization* adalah kadar feromon (*Pheromone*). Feromon berfungsi sebagai energi yang mempengaruhi pemilihan jalur bercabang. Jumlah energy feromon berubah-ubah seiring banyaknya perjalanan atau pencarian yang terjadi. Maka dari itu diperlukan penjumlahan nilai feromon (*pheromone update*) agar *salesman (ant)* mendapatkan nilai feromon yang benar pada tiap-tiap jalur meski kadar tersebut berubah-ubah. Jumlah feromon yang terdapat pada ruas ij setelah dilewati semut k diberikan dengan rumus:

$$\tau_{i,j} \leftarrow \tau_{i,j} + \Delta\tau^k \quad (2)$$

dengan meningkatnya nilai feromon pada ruas $i-j$, maka kemungkinan ruas ini akan dipilih lagi pada iterasi berikutnya semakin besar. Setelah seluruh simpul dilewati maka akan terjadi penguapan feromon dengan aturan sebagai berikut:

$$\tau_{i,j} \leftarrow (1 - p)\tau_{i,j} \quad (3)$$

dengan p adalah parameter tingkat penguapan pada ruas yang telah dilalui oleh semut k . Penurunan jumlah feromon memungkinkan semut untuk mengeksplorasi lintasan yang berbeda selama proses pencarian. Sehingga akan menghilangkan kemungkinan memilih lintasan yang kurang bagus. Jumlah feromon yang ditambahkan pada ruas $i-j$ oleh semut diberikan sebagai berikut:

$$\Delta\tau_{i,j}^{(k)} = \frac{Q}{L_k} \quad (4)$$

dengan Q adalah konstanta dan L_k adalah total jarak yang dilalui semut k setelah kembali ke tempat asal. Nilai Q biasanya ditentukan oleh user. Semakin tinggi nilai Q semakin banyak feromon yang ditambahkan ke lintasan terbaik.

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L_k} \\ 0 \end{cases} \quad (5)$$

dengan keterangan $\Delta\tau_{ij}^k(t) = \frac{Q}{L_k}$ jika (i,j) merupakan lintasan yang terbaik, dan 0 untuk yang lainnya.

2.6.3. Pemilihan Jalur dan Iterasi

Setelah didapatkan nilai jarak dan nilai feromon, maka *salesman (ant)* dapat menentukan jalur yang memiliki peluang (probabilitas) sebagai jalur paling optimal, pemilihan tersebut dipengaruhi oleh nilai peluang masing-masing jalur. Jalur yang dipilih adalah jalur dengan nilai peluang tertinggi, selain itu pemilihan jalur juga dipengaruhi oleh nilai koefisien α dan β .

Secara matematis perhitungan nilai probabilitas untuk pemilihan jalur dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{(i,j)} = \frac{\tau_{(i,j)}^\alpha \cdot h_{(i,j)}^\beta}{\sum \tau_{(i,u)}^\alpha \cdot h_{(i,u)}^\beta} \quad (6)$$

Dengan α menunjukkan derajat kepentingan feromon, β derajat kepentingan *visibility*. Nilai *visibility* adalah kebalikan dari jarak ruas $i-j$ ($1/\text{jarak ruas } i-j$). dan $u \in M_k$ adalah pilihan yang dipunyai semut k pada saat ia berada di titik i .

2.7. *Matrix Laboratory* (MATLAB)

Menurut Irawan (2012), Matlab adalah paket perangkat lunak yang memungkinkan melakukan perhitungan matematika dan komputasi, menganalisis data, mengembangkan algoritma, melakukan simulasi dan pemodelan, dan menghasilkan tampilan grafis dan antarmuka pengguna grafis. Matlab dikembangkan sebagai bahasa pemrograman sekaligus alat visualisasi yang menawarkan banyak kemampuan untuk menyelesaikan berbagai kasus yang berhubungan langsung dengan disiplin keilmuan matematika. Pada akhirnya bahasa pemrograman akan semakin memberikan kemudahan bagi pemakainya dengan penambahan fungsi-fungsi yang mudah digunakan.

2.8. *Graphical User Interface* (GUI)

Matlab dapat digunakan untuk membuat *Graphical User Interface* (GUI) yang merupakan tampilan grafis dalam jendela figur yang berisi menu-menu, tombol, teks, grafik, dan lainnya, sehingga pengguna dapat menambah komponen dan melakukan hal-hal secara interaktif dengan *mouse* dan *keyboard*. Ada dua langkah utama dalam membuat GUI yaitu merancang desainnya dan menulis fungsi *callback* yang melakukan operasi yang diinginkan saat pengguna memilih fitur yang berbeda.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang bersumber dari PT Distriversa Buana Mas yang merupakan suatu perusahaan yang bergerak dalam bidang pendistribusian barang. Data yang digunakan adalah koordinat 29 toko tujuan distribusi, jarak antar tempat pendistribusian dalam satuan kilometer, serta data lamanya waktu tempuh yang dilalui oleh transportasi darat menuju tempat pendistribusian dalam satuan menit.

3.2. Langkah Analisis

Pengolahan data pada penelitian ini adalah pencarian rute distribusi terbaik dengan metode *Ant Colony Optimization*. *Software* yang digunakan adalah Matlab versi R2015b (8.6.0.267246). Berikut langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis data dalam penelitian ini:

- Menyiapkan data koordinat tempat pendistribusian.
- Menyiapkan data urutan tempat pendistribusian yang dilakukan PT Distriversa Buana Mas. Data diperoleh pada tanggal 27 Oktober 2018.
- Menyiapkan data jarak antar tempat pendistribusian. Data diambil berdasarkan panjang jarak yang ditempuh menggunakan transportasi darat dalam satuan kilometer dan data diambil pada tanggal 31 Oktober 2018 pukul 08.00 melalui Google Maps.
- Menyiapkan data waktu tempuh antar tempat pendistribusian. Data diambil berdasarkan lamanya waktu yang ditempuh menggunakan transportasi darat dalam satuan menit dan data diambil pada tanggal 2 Januari 2019 pukul 08.00 melalui Google Maps.

- e. Membuat matriks jarak antar tempat pendistribusian.
- f. Membuat matriks waktu tempuh antar tempat pendistribusian.
- g. Membuat rancangan *Ant Colony Optimization* GUI Matlab.
- h. Menginput parameter (banyak iterasi, banyak semut, parameter pengendali feromon, parameter pengendali visibilitas, dan konstanta).
- i. Menginput data pada GUI Matlab. Data pada sel C2:D31 merupakan data koordinat 30 tempat pendistribusian. Pada sel G2:AJ31 merupakan data matriks jarak 30 tempat pendistribusian. Pada sel AM2:BP31 merupakan data matriks waktu tempuh antar 30 tempat pendistribusian.
- j. Menginisialisasi tempat pendistribusian.
- k. Membangkitkan nilai random semut.
- l. Mencari titik probabilitas terdekat bilangan random semut.
- m. Membuat rute baru dengan pendekatan *Problem Dependent Heuristic*, sehingga diperoleh:
 1. Rute terbaik pendistribusian.
 2. Jarak tempuh minimum dari tempat-tempat yang telah ditentukan.
 3. Waktu tempuh tercepat untuk proses pendistribusian PT Distriversa Buana Mas di wilayah Purbalingga.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pendistribusian barang PT Distriversa Buana Mas di wilayah Purbalingga. Data koordinat letak tempat (toko) pendistribusian, jarak antar tempat/toko pendistribusian, dan data waktu yang ditempuh antar tempat/toko pendistribusian. Dalam penelitian ini akan dilakukan penyeleksian rute dari 29 tempat pendistribusian sehingga memperoleh rute pendistribusian terpendek yang bisa ditempuh oleh salesman PT Distriversa Buana Mas pada pendistribusian di wilayah Purbalingga.

4.2. Proses Pembuatan GUI Metode *Ant Colony Optimization*

Komputasi pemrograman GUI Matlab dilakukan sebagai alat bantu dalam rangka melakukan pencarian jalur terpendek menggunakan metode *Ant Colony Optimization*. Tahap pertama membuat GUI yaitu merancang konsep. Konsep yang digunakan dalam pembuatan GUI *Ant Colony Optimization* ini menggunakan empat *layer* yang terdiri dari tampilan awal, rute awal pendistribusian, rute pendistribusian terpendek dan rute pendistribusian tercepat. GUI ini dirancang dengan menggunakan 7 komponen yang disediakan yaitu *push button*, *edit text*, *static text*, *table*, *axes*, *listbox* dan *panel*.

4.3. Tutorial Penggunaan GUI Metode *Ant Colony Optimization*

Software yang digunakan pada penelitian ini adalah Matlab versi R2015b (8.6.0.267246) dan dibuat program GUI. Berikut ini merupakan tutorial penggunaan GUI yang dirancang untuk pencarian jalur terpendek menggunakan metode *Ant Colony Optimization*. Pada layar terdapat tampilan jalur rute pendistribusian terpendek, jarak pendistribusian terpendek, dan lamanya waktu pendistribusian berdasarkan jarak terpendek. Selanjutnya klik tombol “Proses *Ant Colony*” untuk memulai menganalisis menggunakan metode *Ant Colony Optimization*. Tahapan analisis yang terdapat pada layar GUI Matlab pencarian rute terpendek pendistribusian:

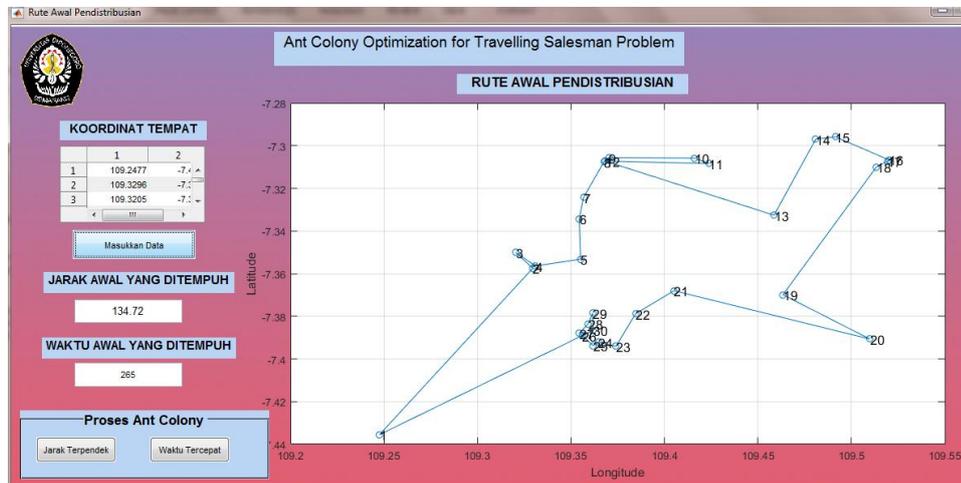
Tabel 1. Analisis Pada Layar *Antcolony2a* (*Pencarian Rute Terpendek*)

No	Tahapan	Komponen GUI yang digunakan	Fungsi dan analisis yang terjadi
1.	Menampilkan grafik iterasi	<i>Axes</i> “Grafik Jarak Terpendek”	Menampilkan grafik panjangnya jarak yang dilalui oleh semut, dan diulang berdasarkan banyaknya iterasi yang dilakukan. Pada Penelitian ini banyaknya semut yang digunakan sebanyak 1500 dan melakukan iterasi sejumlah 30 kali.
2.	Mencari rute terpendek menggunakan metode <i>Ant Colony Optimization</i>	<i>Push Button</i> “Proses Ant Colony”	Dengan cara mencari invers dari setiap matriks jarak. Lalu menghitung probabilitas tiap tempat untuk dikunjungi. Setelah menghitung nilai probabilitas kumulatif, digunakan nilai random untuk menentukan tempat selanjutnya yang akan dikunjungi. Dilakukan pengulangan proses tersebut sebanyak jumlah semut yang digunakan. Untuk rute yang dilalui semut akan diperoleh penambahan feromon. Sedangkan rute yang tidak dilalui semut akan mengalami pengurangan feromon. Feromon terbesar pada suatu tempat akan menghasilkan rute terpendek yang dapat dilalui oleh salesman
3.	Menampilkan Rute Terpendek Pendistribusian	<i>Axes</i> “Rute Terpendek Pendistribusian”	Menampilkan rute terpendek hasil analisis <i>Ant Colony Optimization</i> . Garis berwarna biru menunjukkan rute awal pendistribusian, dan garis hijau merupakan rute hasil analisis pencarian rute terpendek pendistribusian.
4.	Menghitung jarak tempuh terpendek	<i>Edit text</i> “Jarak Tempuh Terpendek”	Memunculkan hasil panjang jarak rute terpendek pendistribusian yang dapat dilalui PT Distri-versa Buana Mas. Panjang jarak terpendek didapatkan dari penjumlahan jarak tiap tempat pendistribusian dengan urutan berdasarkan hasil optimisasi <i>Ant Colony Optimization</i> .
5.	Menghitung waktu tempuh pendistribusian	<i>Edit text</i> “Waktu Tempuh”	Memunculkan hasil perhitungan waktu tercepat pendistribusian yang dapat dilalui PT Distri-versa Buana Mas. Hasil waktu tercepat didapatkan dari penjumlahan waktu tempuh tiap tempat pendistribusian dengan urutan berdasarkan hasil optimisasi <i>Ant Colony Optimization</i> .

Setelah dilakukan proses *ant colony optimization*, layar pencarian rute terbaik akan menampilkan hasil rute pendistribusian terpendek dan waktu tercepat yang dapat dijadikan solusi dalam pendistribusian di wilayah Purbalingga.

4.4. Rute Awal Pendistribusian

Pada output layar dua GUI Matlab Ant Colony Optimization, dapat diperoleh informasi terkait proses pendistribusian PT Distriversa Buana Mas di wilayah Purbalingga, PT Distriversa Buana Mas melakukan distribusi dengan urutan tempat yang dilalui, total jarak yang ditempuh serta lama waktu pendistribusian dapat dilihat pada Gambar 2. sebagai berikut:



Gambar 2. Ilustrasi koloni semut memilih lintasan terpendek

a. Total Jarak Rute Awal Pendistribusian

Total jarak yang diperlukan PT Distriversa Buana Mas pada pendistribusian di wilayah Purbalingga dengan transportasi darat adalah 134,72 kilometer.

b. Total Waktu Tempuh Awal Pendistribusian

Total lamanya waktu yang diperlukan PT Distriversa Buana Mas pada pendistribusian di wilayah Purbalingga dengan transportasi darat adalah 263 menit.

c. Rute Awal Pendistribusian

Dari data yang bersumber dari salesman di PT Distriversa Buana Mas cabang Purwokerto, diperoleh urutan pendistribusian pada PT Distriversa Buana Mas di wilayah Purbalingga adalah sebagai berikut :

1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – 22 – 23 – 24 – 25 – 26 – 27 – 28 – 29 – 30 – 1

dengan keterangan urutan dan nama toko pendistribusian dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2. Urutan Tempat Pendistribusian

KODE TOKO	NAMA TOKO	URUTAN PENDISTRIBUSIAN
1	PT DISTRIVERSA BUANA MAS	1
2	APOTEK TOBONG	2
3	ROMANTIKA	3
4	KOPERASI SANGGALURI	4
5	SEMAR, TK	5
6	APOTEK WASILAH FARMA	6
7	APOTEK SALSABILA	7
8	ASIH BABY SHOP	8
KODE TOKO	NAMA TOKO	URUTAN PENDISTRIBUSIAN

9	APOTEK MITRA SEHAT	9
10	SYIFA TOSERBA	10
11	KASIH MEDIKA KLINIK	11
12	YATI SNACK,TK	12
13	KOPERASI GUYUB	13
14	ARI MART, TK	14
15	AVICENA	15
16	UTAMA SARI, TK	16
17	APOTEK SARI MEDIKA	17
18	GENGGA, TK	18
19	TUKHIM,MM	19
20	BANGKIT, TK	20
21	HANI	21
22	MANIS	22
23	APOTEK SEHATI	23
24	APOTEK MUTIARA FARMA	24
25	APOTEK FARMA KITA	25
26	APOTEK PUJI FARMA	26
27	APOTEK KASIH	27
28	APOTEK ASY SYIFA	28
29	RSUD GOETENG	29
30	APOTEK MANDIRI	30

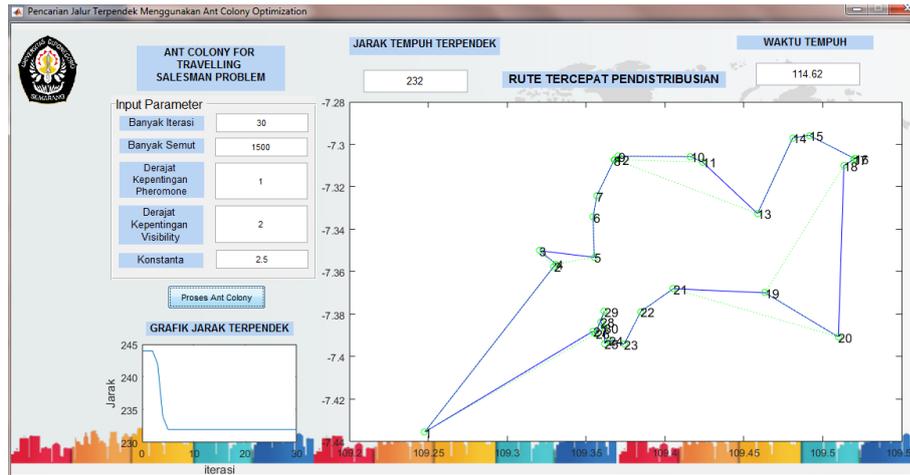
4.5. Aplikasi Ant Colony Optimization Untuk Rute Pendistribusian

Dari hasil pengolahan data pendistribusian di PT Distri-versa Buana Mas dengan metode *Ant Colony Optimization* pada GUI Matlab pada layar *Antcolony2a* (Pencarian Rute Terpendek) dan layar *Antcolony2b* (Pencarian Jalur Tercepat), diperoleh:

a. Rute Terpendek Pendistribusian

Pada awal proses iterasi, rata-rata jarak yang diperoleh oleh semut adalah 125,7042 kilometer. Lalu seiring berjalannya iterasi, rata-rata jarak yang dilalui semut semakin kecil dan mencapai nilai minimum yaitu 114,62 kilometer.

Dari proses *Ant Colony Optimization* didapat total jarak terdekat yang dapat dilakukan PT Distri-versa Buana Mas pada pendistribusian di wilayah Purbalingga dengan transportasi darat adalah 114,62 kilometer, dengan waktu tempuh selama 232 menit. Berikut merupakan rute pendistribusian terpendek yang dapat dilakukan dengan urutan tempat pendistribusian 1-2-4-3-5-6-7-8-12-9-10-11-13-14-15-16-17-18-20-19-21-22-23-24-25-30-28-29-26-27-1. Output rute terpendek yang diperoleh pada GUI Matlab *Ant Colony Optimization* yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 3. sebagai berikut:

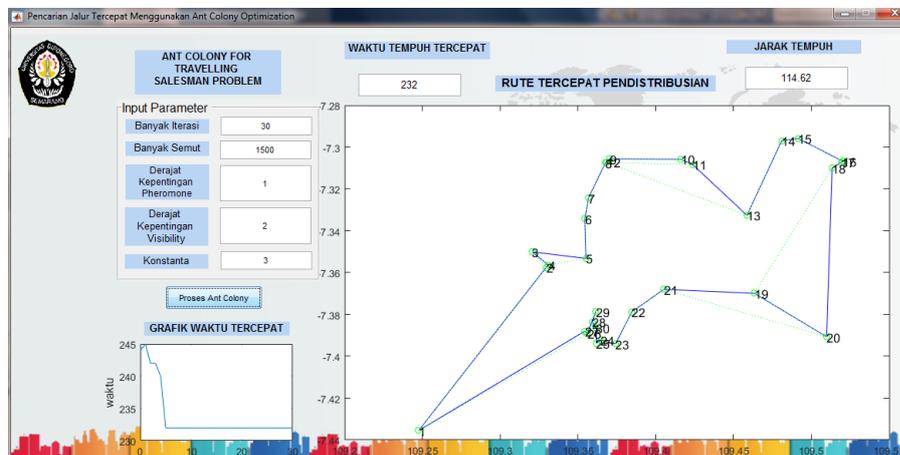


Gambar 3. Tampilan Hasil Analisis Rute Terpendek Pendistribusian

b. Rute Tercepat Pendistribusian

Pada awal proses iterasi, rata-rata waktu tempuh yang diperoleh oleh semut adalah 250 menit. Lalu seiring berjalannya iterasi, rata-rata waktu tempuh yang dilalui semut semakin kecil dan mencapai nilai minimum yaitu 232 menit.

Total waktu tercepat yang dapat dilakukan PT Distriversa Buana Mas pada pendistribusian di wilayah Purbalingga dengan transportasi darat adalah 232 menit jarak tempuh 114,62 kilometer. Berikut merupakan rute pendistribusian tercepat yang dapat dilakukan dengan urutan tempat pendistribusian 1-2-4-3-5-6-7-8-12-9-10-11-13-14-15-16-17-18-20-19-21-22-23-24-25-30-28-29-26-27-1. Output rute terbaik yang diperoleh pada GUI Matlab *Ant Colony Optimization* yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 4. sebagai berikut:



Gambar 4. Tampilan Hasil Analisis Rute Tercepat Pendistribusian

5. PENUTUP
5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya:

- a. Dalam analisis yang dilakukan dengan mencari jalur terpendek dan jalur tercepat diperoleh hasil yang sama, yaitu jarak tempuh terpendek sebesar 114,62 kilometer dengan waktu tercepat selama 232 menit.

- b. Urutan tempat pendistribusian PT Distriversa Buana Mas di wilayah Purbalingga agar memperoleh jalur terpendek dan tercepat adalah 1 - 2 - 4 - 3 - 5 - 6 - 7 - 8 - 12 - 9 - 10 - 11 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 - 20 - 19 - 21 - 22 - 23 - 24 - 25 - 30 - 28 - 29 - 26 - 27 - 1, dengan keterangan nama toko sebagai berikut:
 PT Distriversa Buana Mas – Apotek Tobong – Koperasi Sanggaluri – Romantika – Semar, Tk – Apotek Wasilah Farma – Apotek Salsabila – Asih Baby Shop – Yati Snack – Apotek Mitra Sehat – Syifa Toserba – Kasih Medika Klinik – Koperasi Guyub – Ari Mart – Avicena – Utama Sari – Apotek Sari Merdeka – Gengga, Tk – Bangkit, Tk – Tukhim, MM – Hani – Manis – Apotek Sehati – Apotek Mutiara Farma – Apotek Farma Kita – Apotek Mandiri – Apotek Asy Syifa – RSUD Goeteng – Apotek Puji Farma – Apotek Kasih – PT Distriversa Buana Mas.

5.2. Saran

Jalur terpendek yang telah diperoleh dalam penelitian ini semoga bisa digunakan sebagai rujukan dalam pemilihan jalur pendistribusian yang akan dilakukan PT Distriversa Buana Mas di wilayah Purbalingga. Sehingga dapat meminimalkan jarak tempuh pendistribusian, serta meminimalkan waktu yang digunakan ketika proses pendistribusian berlangsung.

Pengembangan lebih lanjut yang dapat dilakukan dari penelitian ini adalah dengan menggunakan metode optimisasi yang berbeda selain metode *Ant Colony Optimization*, ataupun dengan membandingkan beberapa metode optimisasi yang lain sehingga diperoleh metode terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, R. 2015. *Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Ant Colony System*, Faktor Exacta Vol 8 : Hal. 290-304.
- Brezina, I Jr., dan Cickova, Z. 2011. *Solving The Travelling Salesman Problem using the Ant Colony Optimization. Management Information System*. Vol. 6 : Hal.10-14.
- Daikin, R. 1996. *The Traveling Salesman Problem. Orangeburg*. Vol 8 : Hal 1-4.
- Dorigo, M., Caro, G.D., dan Gambardella, L. M. 1999. *Ant Algorithms for Discrete Optimization*. Artificial Life. No. 5(2) : Hal. 137-172.
- Dorigo, M., dan Gambardella, L. M. 1997. *Ant Colonies for The Traveling Salesman Problem*. Université Libre de Bruxelles, Belgium.
- Dorigo, M., Maniezzo, V., dan Colomi, A. 1996. *The Ant System: Optimization By A colony of Cooperating Agents*. IEEE Transactions on System.
- Hatta, H. R., Arifin, A. Z. dan Yuniarti, A. 2013. *Metode Hibridasi Ant Colony Optimization dan Information Gain untuk Seleksi Fitur Pada Dokumen Teks Arab*. SCAN. Vol VIII. No 2 : Hal. 1-4.
- Hilda, D. 2011. *Materi Teori Graph*. <http://dhaahilda.blogspot.com/2011/12/materi-teori-graph.html> . Diakses : 2 November 2018.
- Irawan, F. 2012. *Buku pintar Pemograman Matlab*. Yogyakarta:MediaKom
- Johnson D.S. dan McGeoch L.A. 1995. *The Traveling Salesman Problem: A Case Study in Local Optimization*. Amherst College, Amherst.
- Naseer, A., Shahzad, W., dan Ellahi, A. 2018. *A Hybrid Approach for Feature Subset Selection using Ant Colony Optimization and Multi-Classifer Ensemble*. IJACSA. Vol 9. No 1: Hal. 306-313.

- Nurlaelasari, E. 2018. *Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization Menentukan Nilai Minimal dalam Memilih Obyek Wisata Berbasis Android*. SIMETRIS Vol. 9. No.1: Hal. 287-298.
- Purnomo, H. D. 2014. *Cara Mudah Belajar Metode Metaheuristik Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Penerbit Gava Media.
- Santosa, B. 2011. *Pengantar Metaheuristik Implementasi dengan Matlab*. Surabaya: ITS Teknologi Sains.
- Saputra, G. E. dan Munggaran, L. C. 2015. *Rancang Bangun Penjadwalan Kursus Lembaga Pengembangan Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization*, UG Jurnal Vol 11. No.09: Hal, 39-49.
- Suyanto. 2010. *Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilitik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tyas, Y. S., dan Prijodiprodjo, W. 2013. *Aplikasi Pencarian Rute Terbaik dengan Metode Ant Colony Optimization (ACO)*.IJCCS Vol.7, No.1 : Hal. 55-64.
- Wardy, I. S. 2007.*Penggunaan Graph Dalam Algoritma Semut Untuk Melakukan Optimisasi*.Program studi Teknik Informatika,ITB.Bandung.