

Aplikasi Metode *Simulated Annealing* Dan Metode *Ant System* Dalam Menyelesaikan *Travelling Salesman Problem* (Tsp) Pada Pt. Jet & Tony (J&T) Di Kabupaten Bandung

Jaenal mutakin^{1, a)}, Wulan Nurul Kamilah^{2, b)}, Dini Andiani^{3, c)}, Siti Dwi Rahayu Septiani^{4, d)}

^{1,2,3} Program Studi Matematika FMIPA Universitas Bale Bandung

^{a)} mutakinjaenal360@gmail.com

^{b)} wulannurulkamilah@gmail.com

^{c)} diniandiani364@gmail.com

^{d)} haruna.ayu@gmail.com

Abstrak. Dalam *Travelling Salesman Problem* (TSP) atau lebih dikenal dengan permasalahan dalam menentukan rute terpendek ada beberapa metode atau algoritma yang dapat menyelesaikannya. Salah satu metode atau algoritma tersebut adalah *Simulated Annealing* (SA) dan *Ant System* (AS). *Simulated Annealing* (SA) terinspirasi dari ilmu fisika yakni pendinginan yang bertujuan untuk memperoleh energi paling rendah dan biasanya digunakan pada logam. Sedangkan, *Ant System* (AS) terinspirasi dari kerja semut untuk mencari makanan. Hasil penelitian untuk menyelesaikan *Travelling Salesman Problem* (TSP) dari kedua metode atau algoritma tersebut dapat menentukan rute paling optimal untuk di lalui dan keduanya memiliki nilai rute optimal yang sama.

Kata kunci: *Travelling Salesman Problem* (TSP), *Simulated Annealing* (SA), *Ant System* (AS).

PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya industri bisnis saat ini beberapa perusahaan berorientasi pada permintaan pelanggan, seperti halnya pada bidang industri pelayanan jasa, khususnya pelayanan jasa kurir. Jenis pelayanan ini yang memiliki sejumlah pelanggan dari masyarakat umum maupun *corporate*, dimana industri bisnis tersebut mampu memudahkan produsen dan konsumen berinteraksi dan meminimalisir waktu.

Perusahaan ini menangani pengiriman paket baik wilayah lokal maupun internasional. Tak hanya mencakup paket kecil dan dokumen tapi merambah pada penanganan transportasi, logistik, serta distribusi. Kecepatan dan kehandalan layanan yang konsisten dan bertanggung jawab dalam membuat kredibilitas J&T semakin tinggi di mata pelanggan maupun mitra kerja. Di kabupaten Bandung sendiri terdapat PT. J&T yang mempunyai gudang yaitu di kota Bandung dan tersebar di

beberapa wilayah yakni di daerah Pacet, Kertasari, Ciparay, Banjaran, Majalaya, Baleendah dan Soreang.

Di samping itu, PT. J&T ini juga memiliki permasalahan-permasalahan tersendiri. Salah satunya adalah lamanya pengiriman barang ke customer, permasalahan ini biasanya terjadi di daerah berupa pegunungan, dataran tinggi dan dataran rendah salah satunya di Kabupaten Bandung. Lamanya pengiriman paket ini biasanya dipengaruhi oleh pencarian rute terpendek untuk pengiriman barang tersebut. Permasalahan tersebut dikenal dengan istilah *Travelling Salesman Problem* (TSP).

Travelling Salesman Problem (TSP) merupakan suatu masalah yang mudah dideskripsikan namun sulit untuk diselesaikan, yaitu masalah bagaimana menentukan jarak terpendek dalam melakukan perjalanan melewati titik-titik tertentu dimana satu titik boleh dilalui satu kali dan perjalanan harus kembali ke titik pertama. Dalam hal ini titik tersebut merupakan satu kota dalam wilayah tersebut. TSP dapat dibedakan menjadi 2 yaitu asimetris dan simetris berdasarkan pada besaran jarak bolak balik antara 2 kota. Misalnya jarak kota A ke kota B sama dengan jarak kota B ke kota A, maka persoalan ini tergolong simetris namun apabila jaraknya tidak sama maka diklasifikasikan sebagai asimetris. Contoh asimetris misalnya jika jalan yang menghubungkan kota dibuat 1 arah, sehingga tidak memungkinkan untuk balik dapat dikatakan jarak balik bisa dikatakan tak hingga.

TSP merupakan permasalahan yang dihadapi oleh *salesman* dalam perjalanannya. Contohnya adalah jika salesman berangkat dari satu kota ke kota kemudian berkunjung ke semua kota tepat satu kali dan kembali ke kota asal. Tujuan dari permasalahan TSP yaitu mencari lintasan dengan bobot yang kecil. Dalam graf, TSP diketahui suatu graf berbobot dimana setiap titik merepresentasikan kota, setiap sisi merepresentasikan jalan yang menghubungkan setiap kota, dan bobot merepresentasikan jarak yang di butuhkan untuk menempuh perjalanan dari satu kota ke kota lainnya. Graf yang digunakan adalah graf lengkap berbobot dan graf simetris. TSP didefinisikan sebagai permasalahan untuk mencari sirkuit dengan bobot paling kecil atau dengan kata lain pencarian rute terpendek.

Metode penyelesaian masalah pencarian jalur terpendek dapat menggunakan dua buah metode, yaitu metode konvensional dan metode heuristik (Mutakhiroh et al., 2007)[5]. Metode konvensional merupakan algoritma yang bergerak atau digunakan dengan cara matematis atau penghitungan biasanya. Sedangkan, metode heuristik merupakan algoritma yang digunakan dengan menggunakan kecerdasan buatan atau program computer.

Dalam pengimplementasi metode konvensional sangat mudah dipahami dibandingkan metode heuristik, tetapi dibandingkan dengan hasil penelitian yang lebih bervariasi dan waktu yang singkat dalam penelitian metode heuristik lebih unggul dibandingkan metode konvensional. Dalam penelitian ini penulis memilih metode heuristik karena ingin memiliki hasil penelitian yang bervariasi supaya dapat menerima hasil yang paling baik serta dengan menggunakan metode ini juga dapat mempersingkat waktu penelitian. Dalam penelitian ini penulis mengambil dua metode sekaligus supaya dapat menentukan metode mana yang paling cocok untuk rute terpendek metode tersebut yakni metode *Simulated Annaeling* dan metode *Ant System*.

Algoritma SA secara teori mempunyai fitur yang menguatkan bahwa model matematika yang rumit tidak diperlukan serta kendala dalam masalah dapat dengan mudah dipecahkan. SA telah diterapkan pada sejumlah masalah optimasi *power system* dengan keberhasilan yang mengesankan (Hardiansyah et al., 2013)[2]. Perhitungan optimasi menggunakan algoritma SA merupakan penggabungan optimasi untuk penyelesaian TSP. Algoritma SA digunakan untuk mengubah pola rute dalam penyelesaian TSP agar terstruktur. Untuk melakukan proses pengecekan rute menggunakan algoritma SA, menentukan solusi awal rute yang dipresentasikan sebagai kondisi awal sebelum penghitungan algoritma SA. Rute awal yang dimiliki lalu diukur berdasarkan keadaan kapasitas, jarak tempuh yang akan digunakan sehingga dapat dievaluasi dan menghasilkan modifikasi rute terbaik.

Metode *ant system* terinspirasi dari perilaku semut untuk menentukan rute dari sarang menuju tempat makanan. Dalam perjalanan tersebut semut memiliki mekanisme untuk mencari rute paling optimal dalam perjalanan menuju ke tempat makan. Pada awalnya semut berkeliling secara acak, hingga menemukan makanan. Setelah menemukan makanan semut kembali ke koloninya sambil memberikan tanda dengan menggunakan jejak feromonnya. Feromon adalah jejak untuk mengidentifikasi sesamanya. Semut lain menemukan jalur tersebut tidak akan melakukan lagi berjalan secara acak lagi, melainkan akan mengikuti jejak tersebut dan jika pada akhirnya menemukan makanan kembali semut tersebut akan menguatkan kembali feromonnya. Seperti itulah system dari kerja metode *ant system* tersebut.

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka penulis mengambil judul “Aplikasi Metode *Simulated Annealing* & Metode *Ant System* dalam menyelesaikan *Travelling Salesman Problem* (TSP) pada PT. JET & TONY (J&T) di Kabupaten Bandung”.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat 10 (sepuluh) titik penjemputan barang beserta titik pusatnya. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder dan bersumber dari PT. J&T Indonesia Kabupaten Bandung. Dan dilanjutkan dengan pengambilan jarak dengan menggunakan bantuan dari APK *Google Maps*.

Tabel 2.1 Nama-nama Kantor Cabang PT. J&T Kabupaten Bandung

No.	Kecamatan	Nama kantor cabang	Alamat
1.	Astanaanyar	Kantor J&T Express Agen Jabar	Jl. Soekarno Hatta No.408, Karasak, Kec. Astanaanyar, Kota Bandung, Jawa Barat 40243
2.	Pacet	J&T DP Pacet	Jl. Cagak No. 3 Rt. 02/Rw.03, Maruyung, Pacet, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40385
3.	Kertasari	J&T Express DP Kertasari	Jl. Raya Cibeureum No. 13, Cibeureum, Kertasari, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40386

4.	Banjaran	J&T Cargo Banjaran	Jl. Raya Soreang-Banjaran Kp Sampay No.04/03, Kamasan, Kec. Banjaran, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40377
5.	Baleendah	J&T Express CP Siliwangi	Jl. Siliwangi No. 99, Baleendah, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40375
6.	Arjasari	J&T Express Wargaluyu	Jl. Wargaluyu No. 78, Rt.01 Rw.02, Wargaluyu, Kec. Arjasari, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40379
7.	Ciparay	J&T Express Ciparay	Jl. Raya Laswi No. 767, Manggunghaji, Kec. Majalaya, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40381
8.	Majalaya	J&T Express Majalaya	Jl. Babakan No.52, Majasetra, Majalaya, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40392
9.	Paseh	J&T Express Tangsi Mekar	Jl. Raya Cicalengka-Majalaya No. RT 05/07, Tangsi Mekar, Kec. Paseh, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40383
10	Pangalengan	J&T Express Pangalengan	Kp. Citalaksana, Rt. 02/Rw.09, Margamulya, Kec. Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40378

Jenis data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode kuantitatif yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode kuantitatif deskriptif. Metode kuantitatif deskriptif dalam penelitian ini digunakan karena penelitian ini mengeksplorasi berbagai macam rute pengiriman barang dan dilukiskan secara sistematis membentuk suatu rute paling optimum dilalui oleh *salesman*.

ANALISIS PENELITIAN

1. Analisis Metode *Simulated Annealing* (SA)

Langkah-langkah dari proses simulasi yang akan dijalankan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi parameter yang dibutuhkan yaitu:
2. Tentukan parameter awal yaitu dua kali panjang suatu jalur yang telah dipilih secara acak.
3. Jalankan iterasi dengan menukarkan *neighbourhood* (tetangga) berikutnya dari solusi yang dipakai sekarang untuk mendapatkan solusi terbaru.

Sebelumnya tentukan operator yang diperlukan dan sesuai dengan permasalahan untuk menjalankan mekanisme transisi. Operator ini digunakan hanya sebagai mekanisme pertukaran titik pada *state* yang dihasilkan dalam proses iterasi. Dan berikut adalah operator yang bisa digunakan:

1. Kota-kota disimpan pada baris L sebagai jalur.

2. Bangkitkan dua bilangan random yang berbeda pada masing-masing iterasi antara 1 sampai NC dimana NC adalah jumlah kota yang akan dikunjungi yaitu N_a dan N_b dengan $N_a < N_b$.
3. Pisahkan barisan menjadi tiga bagian:
 - Depan = $L(1)$ sampai $L(N_a - 1)$
 - Tengah = $L(N_a)$ sampai $L(N_b)$
 - Belakang = $L(N_b + 1)$ sampai $L(NC)$
4. Bangkitkan bilangan random r ,
 Jika $r < 0.5$, maka:
 - Depan baru = "Depan"
 - Tengah baru = "Tengah" dengan urutan yang dibalik
 - Belakang baru = "Belakang"
 - L baru = [DepanBaruTengahBaruBelakangBaru]
 Jika $r \geq 0.5$ maka lakukan:
 - Pilih jalur sementara = [Depan Belakang], misalkan memiliki M elemen.
 - Bangkitkan bilangan random N dan 1 sampai M sehingga diperoleh:
 - Depan baru = Jalur sementara (1 sampai N)
 - Tengah baru = Tengah
 - Belakang baru = Sementara ($N + 1$ sampai M)
 - L baru = [DepanBaruTengahBaruBelakangBaru]
5. Hentikan iterasi sesuai dengan kriteria penghentian iterasi yang diinginkan. Jika kriteria penghentian iterasi adalah dengan cara membatasi jumlah iterasi maka jumlah iterasi yang diinginkan untuk menghentikan proses simulasi adalah lebih kecil atau sama dengan $\frac{(n-1)!}{2}$.

2. Analisis Metode Ant System (AS)

Dalam algoritma semut, diperlukan beberapa variabel dan langkah-langkah untuk menentukan jalur terpendek, yaitu:

Langkah 1:

Inisialisasi harga parameter-parameter Algoritma adalah:

1. Inisialisasi awal feromon (τ_0)
2. Intensitas jejak feromon antar kota dan perubahannya (τ_{ij})
3. Banyaknya kota (n) termasuk koordinat (x, y) atau jarak antar kota (d_{ij})
4. Tetapan pengendali intensitas jejak semut (α), nilai $\alpha \geq 0$
5. Tetapan pengendali visibilitas (β), nilai $\beta \geq 0$
6. Visibilitas antar kota (η_{ij}) = $\frac{1}{d_{ij}}$
7. Banyak semut (k)
8. Tetapan penguapan jejak feromon (p), dimana $0 < p \leq 1$

Langkah 2:

Pengisian kota pertama ke dalam daftar semut. Hasil inisialisasi kota pertama setiap semut dalam langkah 1 harus diisikan sebagai elemen pertama daftar semut (DS). Hasil dari langkah ini adalah terisinya elemen pertama daftar semut setiap semut dengan indeks kota tertentu, yang berarti bahwa setiap DS (1) bisa berisi indeks kota antara 1 sampai n sebagaimana hasil inisialisasi pada langkah 1.

Langkah 3:

Penyusunan rute kunjungan setiap semut ke setiap kota. Semut yang sudah terdistribusi ke sejumlah atau setiap kota, akan mulai melakukan perjalanan dari kota pertama masing-masing sebagai kota asal dan salah satu kota-kota lainnya sebagai kota tujuan. Kemudian dari kota kedua masing-masing, semut akan melanjutkan perjalanan dengan memilih salah satu dari kota-kota yang tidak terdapat pada daftar semut sebagai kota tujuan selanjutnya. Perjalanan semut berlangsung terus menerus sampai semua kota satu persatu dikunjungi atau telah menempati daftar semut.

Langkah 4:

Perhitungan panjang rute tertutup (*length closed tour*) atau L_k setiap semut dilakukan setelah satu siklus diselesaikan oleh semua semut. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan daftar semut masing-masing. Setelah L_k setiap semut dihitung, akan didapat minimal panjang rute tertutup setiap siklus. Kemudian akan dihitung perbaikan jejak feromon atau perubahan harga feromon antar kota.

Persamaan perubahan ini adalah:

$$\Delta\tau_{ij.k}(t) = \frac{1}{L_k(t)}, \text{ jika } (i, j) \in T_k(t) \quad (3.3)$$

Keterangan:

$\Delta\tau_{ij.k}(t)$ = jumlah feromon yang ditambahkan oleh k

$L_k(t)$ = panjang dari rute keseluruhan

$T_k(t)$ = rute keseluruhan

Langkah 5:

Perhitungan jejak feromon antar kota untuk siklus selanjutnya. Nilai jejak feromon pada semua lintasan antar kota ada kemungkinan berubah sebab adanya perbedaan jumlah semut dan penguapan feromon. Selanjutnya nilai feromon dihitung dengan persamaan:

$$\tau_{ij(bar)} \leftarrow (1 - p)\tau_{ij} + \Delta\tau_{ij.k}(t) \quad (3.4)$$

Keterangan:

$\tau_{ij(bar)}$ = Konsentrasi feromon yang baru

τ_{ij} = inisialisasi feromon antar kota I dan kota j

p = parameter laju penguapan feromon ($0 < p \leq 1$)

$\Delta\tau_{ij.k}(t)$ = jumlah feromon yang ditambahkan oleh semut k

Langkah 6:

Pengosongan daftar semut, dan ulangi Langkah 2 jika diperlukan. Pengosongan daftar semut dilakukan untuk melakukan pengisian urutan kota yang baru pada siklus selanjutnya, jika jumlah maksimum belum tercapai.

PEMBAHASAN

Dalam bagian pembahasan adalah bagian penelitian yang membahas bagaimana proses penelitian sampai mendapatkan hasil.

Simulated Annealing (SA)

1. Pembahasan dengan manual

Inisialisasi parameter awal

$$\begin{aligned} \text{Rasio penurunan } (g) &= 0,9 \\ \text{Jalur awal} &= 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10 \\ \text{Panjang jalur awal } (E_{awal}) &= 26 + 15 + 37 + 12 + 9 + 18 + 4 + 4 + 55 \\ &= 180 \\ \text{Parameter awal} &= 2 \times E_{awal} \\ &= 2 \times 180 \\ &= 360 \\ \text{Jumlah iterasi} &= 5 \end{aligned}$$

Iterasi 1

1. Bangkitkan bilangan random misal $r = 0,15$
2. Tentukan posisi jalur

Bangkitkan 2 bilangan random $N_a = 2$ dan $N_b = 4$

Maka

$$\begin{aligned} \text{Depan} &= 1 \\ \text{Tengah} &= 2 \ 3 \ 4 \\ \text{Belakang} &= 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10 \\ \text{Karena } r &< 0,5 \text{ maka} \\ \text{Jalur baru} &= 1 \ 4 \ 3 \ 2 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10 \end{aligned}$$

3. Panjang jalur baru (E_1) = $16 + 37 + 15 + 16 + 9 + 18 + 4 + 4 + 55$
 $= 174$
4. Karena $E_1 < E_{awal}$ maka rute baru diterima yakni 1 4 3 2 5 6 7 8 9 10
5. Parameter baru (T_1) = $0,9 \times 174 = 156,6$

Iterasi 5

1. Bangkitkan bilangan random misal $r = 0,94$
2. Tentukan posisi jalur

Bangkitkan 2 bilangan random $N_a = 3$ dan $N_b = 6$

Maka

Depan = 1 2

Tengah = 3 4 5 6

Belakang = 7 8 9 10

Karena $r < 0,5$ maka

Jalur baru = 1 2 6 4 5 3 7 8 9 10

3. Panjang jalur baru (E_1) = $26 + 21 + 4 + 12 + 31 + 24 + 4 + 4 + 55$
= 181

4. Karena $E_1 \geq E_{awal}$ maka gunakan uji algoritma metropolis

$$p = e^{\frac{-\Delta E}{T}}$$

$$= e^{\frac{-(181-180)}{171,9}}$$

$$= 0,9942$$

5. Oleh karena $r < p$ maka rute baru diterima yakni 1 2 6 4 5 3 7 8 9 10

6. Parameter baru (T_1) = $0,9 \times 181 = 162,9$

Berikut ini merupakan tabel hasil operasi manual dari beberapa iterasi yang dilakukan:

Tabel 4.2 Hasil jarak dari iterasi yang dilakukan secara manual

Iterasi	Rute	Total jarak
1	1 4 3 2 5 6 7 8 9 10	174
2	1 2 6 7 8 3 4 5 9 10	226
3	1 2 3 4 8 5 6 7 9 10	208
4	1 2 3 9 4 5 6 7 8 10	191
5	1 2 6 4 5 3 7 8 9 10	181

Dari hasil penyelesaian secara manual jarak terpendek dari perhitungan tersebut terletak pada iterasi ke 1 yakni 174. Hasil tersebut belum cukup akurat karena iterasi yang dilakukan secara manual masih sedikit, karena untuk mencapai keakuratan maka dibutuhkan bantuan program untuk menghasilkan jarak yang paling optimal.

2. Pembahasan menggunakan software MATLAB

Matlab adalah sebuah software penghitungan dan penganalisisan dalam bentuk pemrograman, software ini banyak digunakan dalam semua penerapan ilmu matematikabaik untuk bidang pendidikan maupun peneltian. Dalam penelitian ini menggunakan software matlab untuk mempermudah penentuan jalur menggunakan algoritma SA, berikut tatacara menyelesaikan TSP menggunakan algoritma SA menggunakan software matlab.

Input: T0, c, itmax

Output: rute terbaik, jarak terbaik

Tahap awal inisialisasi

Bangkitkan x_0

$F_{best} = f(x_0)$

$T = T_0$

$It = 1$

Tahapan kedua program

While kriteria penghentian belum dicapai **do**

If $it < it_{max}$

 Bangkitkan Δx berdistribusi Gaussian

If $(f(x_0 + \Delta x) < f(x_0))$ **then**

$F_{best} = f(x_0 + \Delta x)$

$x_0 = x_0 + \Delta x$

Else

$\Delta f = f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)$

 Bangkitkan bilangan random r

If $r < \exp(-\Delta f/kt)$ **then**

$x_0 = x_0 + \Delta x$

end

end

$it = it + 1$

end

$T = T \cdot c$

end

Dengan menggunakan langkah-langkah berikut maka diperoleh hasil dari software matlab sebagai berikut:

```
best_tour =
    5     7     8     9     2     3    10     4     6     1

Best obj = 119
Time taken = 3.890625
```

Gambar 4.1 Output Matlab Simulated Annealing

Dari hasil output software matlab diperoleh rute terbaiknya adalah adalah kec. Astanaanyar → kec. Baleendah → kec. Ciparay → kec. Majalaya → kec. Paseh → kec. Pacet → kec. Kertasari → kec. Pangalengan → kec. Banjaran → kec. Arjasari → kec. Astanaanyar dengan jarak tempuh yakni 119 km, serta waktu dalam memproses program untuk mendapatkan hasil output adalah 3,890625 detik

Ant system(AS)

1. Pembahasan dengan manual

Berikut beberapa parameter yang digunakan dalam penghitungan algoritma *ant system*:

$$\text{Alfa}(\alpha) = 1$$

$$\text{Beta}(\beta) = 1$$

$$\text{Rho}(\rho) = 0,1$$

$$\text{Banyak semut}(k) = 10$$

Untuk menentukan feromon awal menggunakan persamaan $\tau_{ij} = \tau_0 = \frac{k}{c_{greedy}}$ dengan $k =$

10. Dengan menggunakan jarak antar kecamatan maka dapat diketahui nilai visibilitasnya dengan persamaan $(\eta_{ij}) = \frac{1}{d_{ij}}$:

Tabel 4.3 Visibilitas antar Kecamatan

Kec ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0.04	0.02	0.06	0.10	0.08	0.05	0.04	0.03	0.03
2	0.04	0	0.07	0.05	0.06	0.05	0.11	0.09	0.07	0.03
3	0.02	0.07	0	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.05
4	0.06	0.05	0.03	0	0.08	0.25	0.05	0.04	0.03	0.04
5	0.10	0.06	0.03	0.08	0	0.11	0.13	0.07	0.06	0.03
6	0.08	0.05	0.03	0.25	0.11	0	0.06	0.04	0.04	0.03
7	0.05	0.11	0.04	0.05	0.13	0.06	0	0.25	0.13	0.02
8	0.04	0.09	0.04	0.04	0.07	0.04	0.25	0	0.25	0.02
9	0.03	0.07	0.03	0.03	0.06	0.04	0.13	0.22	0	0.02
10	0.03	0.03	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0

Setelah menghitung masing masing probabilitas diperoleh tabel probabilitas berikut ini:

1. Mengunjungi kota ke-2

Tabel 4.4 Kunjungan kota ke-2 pada algoritma AS

Semut	Kec. awal (i)	Probabilitas										Kec tujuan (j)	Memori
		Kec. 1	Kec. 2	Kec. 3	Kec. 4	Kec. 5	Kec. 6	Kec. 7	Kec. 8	Kec. 9	Kec. 10		
S1	[1]	0.00	0.08	0.05	0.13	0.20	0.16	0.11	0.07	0.07	0.05	5	[1 5]
S2	[2]	0.08	0.00	0.14	0.09	0.13	0.10	0.23	0.18	0.14	0.06	7	[2 7]
S3	[3]	0.07	0.20	0.00	0.08	0.10	0.08	0.13	0.12	0.10	0.15	10	[3 10]
S4	[4]	0.10	0.07	0.04	0.00	0.13	0.38	0.07	0.06	0.05	0.06	3	[4 3]

S5	[5]	0.15	0.10	0.05	0.13	0.00	0.17	0.19	0.11	0.09	0.04	10	[5 10]
S6	[6]	0.12	0.07	0.04	0.38	0.17	0.00	0.08	0.07	0.06	0.05	3	[6 3]
S7	[7]	0.06	0.14	0.05	0.06	0.15	0.07	0.00	0.31	0.15	0.03	8	[7 8]
S8	[8]	0.04	0.11	0.05	0.05	0.09	0.05	0.31	0.00	0.31	0.02	10	[8 10]
S9	[9]	0.05	0.10	0.05	0.05	0.09	0.06	0.19	0.33	0.00	0.03	10	[9 10]
S10	[10]	0.08	0.09	0.15	0.12	0.08	0.10	0.06	0.06	0.06	0.00	3	[10 3]

2. Mengunjungi kota ke-5

Tabel 4.5 Kunjungan kota ke-5 pada algoritma AS

Semut	Kec. awal (i)	Probabilitas										Kec tujuan (j)	Memori
		Kec. 1	Kec. 2	Kec. 3	Kec. 4	Kec. 5	Kec. 6	Kec. 7	Kec. 8	Kec. 9	Kec. 10		
S1	[1]	0.00	0.18	0.08	0.08	0.00	0.09	0.00	0.00	0.51	0.04	9	[1 5 7 8 9]
S2	[2]	0.20	0.00	0.20	0.20	0.36	0.23	0.00	0.00	0.00	0.11	5	[2 7 8 9 5]
S3	[3]	0.23	0.15	0.00	0.00	0.34	0.00	0.17	0.13	0.11	0.00	5	[3 10 4 6 5]
S4	[4]	0.00	0.14	0.00	0.00	0.12	0.08	0.25	0.44	0.00	0.04	10	[4 3 1 9 10]
S5	[5]	0.00	0.41	0.00	0.16	0.00	0.17	0.25	0.23	0.20	0.00	4	[5 10 1 3 4]
S6	[6]	0.00	0.17	0.00	0.23	0.16	0.00	0.13	0.12	0.11	0.00	9	[6 3 1 10 9]
S7	[7]	0.12	0.00	0.20	0.14	0.19	0.15	0.00	0.00	0.00	0.09	3	[7 8 9 2 3]
S8	[8]	0.15	0.41	0.00	0.16	0.20	0.17	0.00	0.00	0.20	0.00	1	[8 10 7 3 1]
S9	[9]	0.15	0.41	0.00	0.16	0.20	0.17	0.00	0.23	0.00	0.00	1	[9 10 7 3 1]
S10	[10]	0.08	0.00	0.00	0.07	0.19	0.08	0.00	0.38	0.19	0.00	8	[10 3 2 7 8]

3. Mengunjungi kota ke-9

Tabel 4.6 Kunjungan kota ke-9 pada algoritma AS

Semut	Kec. awal (i)	Probabilitas										Kota tujuan (j)	Memori
		Kec. 1	Kec. 2	Kec. 3	Kec. 4	Kec. 5	Kec. 6	Kec. 7	Kec. 8	Kec. 9	Kec. 10		
S1	[1]	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	4	[1 5 7 8 9 2 3 10 4]
S2	[2]	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	10	[2 7 8 9 5 6 4 1 10]
S3	[3]	0.33	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	[3 10 4 6 5 7 8 9 2]
S4	[4]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	5	[4 3 1 9 10 8 6 2 5]
S5	[5]	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	2	[5 10 1 3 4 9 6 8 2]
S6	[6]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.45	0.00	0.00	8	[6 3 1 10 9 5 2 4 8]
S7	[7]	0.43	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5	[7 8 9 2 3 10 4 6 5]

S8	[8]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	6	[8 10 7 3 1 9 4 2 6]
S9	[9]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	6	[9 10 7 3 1 8 4 2 6]
S10	[10]	0.25	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4	[10 3 2 7 8 9 5 6 4]

Seluruh kecamatan telah dikunjungi, pembangun solusi untuk iterasi 1 telah selesai, seluruh semut telah kemali ke kecamatannya masing-masing.

Tabel 4.7 Rute yang ditempuh oleh semut pada algoritma AS

Semut	Rute	Panjang	$\Delta\tau_{ij,k}$
S1	[1 5 7 8 9 2 3 10 4 6 1]	119	0,0084
S2	[2 7 8 9 5 6 4 1 10 3 2]	135	0,0074
S3	[3 10 4 6 5 7 8 9 2 1 3]	159	0,0063
S4	[4 3 1 9 10 8 6 2 5 7 4]	304	0,0033
S5	[5 10 1 3 4 9 6 8 2 7 5]	261	0,0038
S6	[6 3 1 10 9 5 2 4 8 7 6]	272	0,0037
S7	[7 8 9 2 3 10 4 6 5 1 7]	126	0,0079
S8	[8 10 7 3 1 9 4 2 6 5 8]	290	0,0034
S9	[9 10 7 3 1 8 4 2 6 5 9]	294	0,0034
S10	[10 3 2 7 8 9 5 6 4 1 10]	129	0,0077

Berdasarkan hasil penyelesaian akhir dalam iterasi pertama diperoleh S1 yang memiliki rute terpendek yakni 119 maka S1 adalah semut yang menempuh rute terbaik pada iterasi pertama. Jika pada iterasi selanjutnya menemukan rute terbaik lagi, maka pembaruan feromon global tetap dilakukan pada rute terbaik saat ini. Karena terjadi perbedaan feromon, yakni nilai feromon akan terus berkurang setiap kali semut meninggalkan suatu kota.

Tabel 4.8 Feromon antar kota

Feromon	Kec. 1	Kec. 2	Kec. 3	Kec. 4	Kec. 5	Kec. 6	Kec. 7	Kec. 8	Kec. 9	Kec. 10
Kec. 1	0	0,061	0,061	0,061	0,063	0,063	0,061	0,061	0,061	0,061
Kec. 2	0,061	0	0,063	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,063	0,061
Kec. 3	0,061	0,063	0	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,063
Kec. 4	0,061	0,061	0,061	0	0,061	0,063	0,061	0,061	0,061	0,063
Kec. 5	0,063	0,061	0,061	0,061	0	0,061	0,063	0,061	0,061	0,061
Kec. 6	0,063	0,061	0,061	0,063	0,061	0	0,061	0,061	0,061	0,061
Kec. 7	0,061	0,061	0,061	0,061	0,063	0,061	0	0,063	0,061	0,061
Kec. 8	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,063	0	0,063	0,061
Kec. 9	0,061	0,063	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,063	0	0,061

Kec. 10	0,061	0,061	0,063	0,063	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---

Setelah semua tahap selesai, tahap terakhir adalah mencatatkan hasil rute terbaik yang diperoleh dari tabel feromon. Maka dapat disimpulkan rute terbaik tersebut adalah kec. Astanaanyar → kec. Baleendah → kec. Ciparay → kec. Majalaya → kec. Paseh → kec. Pacet → kec. Kertasari → kec. Pangalengan → kec. Banjaran → kec. Arjasari → kec. Astanaanyar dengan jarak tempuh yakni 119. Demikian lah iterasi pertama telah selesai.

Karena pengerjaan secara manual membutuhkan proses yang cukup panjang maka peneliti memilih menggunakan bantuan program menggunakan aplikasi matlab supaya bisa mempersingkat waktu untuk menemukan rute terbaik dalam permasalahan ini. Berikut pengolahan data menggunakan aplikasi Matlab tersebut.

2. Pembahasan menggunakan software MATLAB

Matlab adalah sebuah software penghitungan dan penganalisisan dalam bentuk pemograman, software ini banyak digunakan dalam semua penerapan ilmu matematikabaik untuk bidang pendidikan maupun peneltian. Dalam penelitian ini menggunakan software matlab untuk mempermudah penentuan jalur menggunakan algoritma SA, berikut tatacara menyelesaikan TSP menggunakan algoritma SA menggunakan software matlab.

Input : jumlah semut, matriks jarak, itmax

Output : rute terbaik, total jarak

Tahapan inisialisasi

Foreach i=1 : jumlah semut **do**

$T(i,j) = t_0$

Hitung nilai visibilitas $h(i,j) = 1/\text{jarak}(i,j)$

End

While it < itmax **do**

Tempatkan semua semut pada kota 1

Foreach i=1 : jumlah semut **do**

Hitung jarak rute untuk setiap semut

Update nilai t

End

End

Dengan menggunakan langkah-langkah berikut maka diperoleh hasil dari software matlab sebagai berikut:

```

>> [besttour,mincost]= aco(xy,100,10)

mincost =

    119

iter =

    100

Time taken = 0.312500

besttour =

     1     5     7     8     9     2     3    10     4     6     1

mincost =

    119

```

Gambar 4.2 Output Matlab Ant System

Dari hasil output software matlab diperoleh rute terbaiknya adalah kec. Astanaanyar → kec. Baleendah → kec. Ciparay → kec. Majalaya → kec. Paseh → kec. Pacet → kec. Kertasari → kec. Pangalengan → kec. Banjaran → kec. Arjasari → kec. Astanaanyar dengan jarak tempuh yakni 119 km, serta waktu dalam memproses program untuk mendapatkan hasil output adalah 0.312500 detik

HASIL

Dilihat dari hasil akhir program diperoleh total jarak yang sama yakni 119 serta rute nya pun sama tetapi dalam proses pengerjaan secara manual AS lebih rumit dibandingkan SA. Jadi algoritma SA lebih unggul disbanding AS dalam segi pengerjaan secara manual. Kemudian, dari segi program matlab SA lebih rumit dibandingkan AS. Setiap algoritma memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, tapi dari segi keakuratan menentukan rute keduanya dapat dibilang optimal dalam menentukan rute perjalanan, tetapi dalam hal mengolah program untuk menghasilkan output AS lebih unggul disbanding SA

KESIMPULAN

Algoritma SA merupakan salah satu bagian dari metode heuristic yang bekerja dengan cara menelusuri setiap kemungkinan secara acak melalui cara pendekatan. Dalam kasus TSP yang hingga saat ini merupakan permasalahan yang sangat klasik terutama di era modern seperti saat ini dan tergolong masalah yang hingga sekarang belum ada penyelesaiannya atau disebut *NP-Hard*, tetapi permasalahan ini bisa diselesaikan dengan cara diselidiki satu persatu dan mencoba kemungkinan solusi yang ada, metode SA ini hanyalah salah satu dari sekian metode heuristic yang apat menyelesaikan permasalahan TSP ini. Selain metode SA ini dalam penelitian ini

menggunakan algoritma AS sebagai pembanding algoritma manakah yang paling optimal dalam menyelesaikan permasalahan TSP tersebut. Metode AS berjalan dengan cara menggunakan tabel secara matematis untuk menentukan jalur terbaiknya. Untuk mempersingkat waktu penelitian, permasalahan ini dibantu menggunakan software matlab maka diperoleh rute-rute paling optimal.

Untuk hasil algoritma SA kec. Astanaanyar → kec. Baleendah → kec. Ciparay → kec. Majalaya → kec. Paseh → kec. Pacet → kec. Kertasari → kec. Pangalengan → kec. Banjaran → kec. Arjasari → kec. Astanaanyar dengan jarak rute 119 serta waktu dalam memproses program untuk mendapatkan hasil output adalah 3,890625 detik. Sedangkan, untuk algoritma SA diperoleh rute kec. Astanaanyar → kec. Baleendah → kec. Ciparay → kec. Majalaya → kec. Paseh → kec. Pacet → kec. Kertasari → kec. Pangalengan → kec. Banjaran → kec. Arjasari → kec. Astanaanyar dengan jarak tempuh rute 119 serta waktu dalam memproses program untuk mendapatkan hasil output adalah 0,3125 detik. Dari kedua algoritma tersebut diperoleh rute paling optimal dari untuk permasalahan TSP ini yakni 119 maka dapat disimpulkan bahwa kedua algoritma tersebut dapat menentukan rute paling optimal dalam pengiriman barang tetapi dalam memperoleh hasil output dalam program AS lebih unggul dibanding SA.

REKOMENDASI

1. Hasil penelitian ini semoga dapat menjadi pertimbangan bagi PT. J&T cabang Kab. Bandung Indonesia dalam penjemputan paket dari setiap kantor cabang agar dapat mengoptimalkan biaya dan waktu.
2. Dalam penentuan rute juga harus memperhatikan medan jalan, kemacetan lalu lintas serta faktor lainnya yang mengganggu perjalanan.
3. Dalam penelitian selanjutnya penulis berharap penelitian ini bisa digunakan untuk data yang lebih banyak dan lebih luas lagi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Fadli Azis, S.Mat.,M.Mat, selaku pengelola jurnal Riset Matematika dan Sains Terapan (JRMST), yang telah memberikan kesempatan untuk bisa publikasi paper hasil penelitian di JRMST volume pertama ini.

REFERENSI

- [1] Mulia Dedy.2011. “*Aplikasi algoritma ant system (AS) dalam kasus travelling salesman problem (TSP)*”. Skripsi. Fakultas Sains Dan Teknologi.Program Studi Matematika. Universitas Islam Negeri Hidayatullah. Jakarta.
- [2] Hutabarat Putri.M. 2017. “*Penyelesaian travelling salesman problem (TSP) dengan menggunakan algoritma simulated annealing*”. Skripsi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Departemen Matematika. Universitas Sumatera Utara.
- [3] Hillier SF, Lieberman JG. 2018. “*Introduction To opration Reserch*”. Jakarta: penerbit ANDI.
- [4] Jayaswal Sachin. 2003. “*A Comparative Study of Tabu search and simulate annealing for travelling salesman problem*” University of Waterloo.
- [5] Alfianty Ndoloe, Lita. 2008. ” *Implementasi algoritma ant untuk menentukan jalur dalam proses pengiriman surat pos dengan menggunakan visual basic 6.0*” junal mitra tahunXIV vol 2.
- [6] Samana Edi dkk. 2015. “*Aplikasi simulated annealing untuk menyelesaikan travelling salesman problem*”. Buletin ilmiah Mat. Stat. dan terapannya (Bimaster). Vol 03, No.1(2015). Hal 25-32.
- [7] Septima. Uzma, 2008 “*Implementasi algoritma ant colony system untuk penyelesaian travelling salesman problem*” jurnal percikan Vol 92
- [8] Alfriany Ndoloe, 2008 “*Implementasi Algoritma Ant untuk menentukan jalur terpendek dalam proses pengiriman surat pos dengan menggunakan visual basic 6.0*” jurnal mitra tahun XIV, vol 2.
- [9] Fikri Shahabudin. Muhammad, 2010 “*studi dan implementasi mengenal algoritam semut*”. Jurnal teknik informatika dan computer, vol. 3