

Aplikasi Pencarian Rute Terbaik dengan Metode Ant Colony Optimazation (ACO)

Yuliyani Siyamting Tyas *¹, Widodo Prijodiprodjo ²

¹Jurusan Manajemen Informatika, Politeknik Indonusa Surakarta

²Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: *yuliaatmaja@gmail.com, ² widodo@ugm.ac.id

Abstrak

Pengawalan Lalu Lintas adalah suatu kegiatan penyelenggaraan pengamanan bergerak di jalan dalam rangka melindungi keselamatan jiwa manusia, harta benda, kegiatan VVIP/VIP/ Protokol kenegaraan secara terus menerus selama perjalanan dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan kendaraan bermotor sehingga kegiatan dapat berjalan aman, tertib dan lancar. Pengambilan keputusan rute jalan yang akan dilalui berdasarkan pertimbangan situasi jalan (jarak tempuh, banyak lubang, banyak tikungan dan kepadatan arus lalu lintas).

Ant Colony Optimization (ACO) merupakan teknik probabilistik untuk memecahkan masalah perhitungan dengan menemukan jalur terbaik melalui graf, algoritma ini terinspirasi dari perilaku semut bersama dengan koloninya dalam mencari makanan. Simple Additive Weighting (SAW) merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan masalah Multi-Attribute Decision Making (MADM) dengan mencari penjumlahan terbobot dari rating kinerja setiap alternatif pada semua atribut.

Penelitian ini mengkombinasikan metode Ant Colony Optimization dengan Simple Additive Weighting.

Kata kunci— ACO, Ant Colony Optimization, SAW, Simple Additive Weighting, Rute Terbaik

Abstact

Traffic Guarding is an activity to carry out the safety on road in order to protect the safety of human, the treasure and the activity to guard of honor. It is conducted continually from one to another place by using the vehicles. It is also conducted to get more safe, ordered and fluent along the road. To take the decision of route which will be passed on the road situations (distance, road with holes, bends and crowd of the traffic).

Ant Colony Optimization (ACO) is a probabilistic technique to solve the problem by using the way to find the best track through graf. This algorithm gets inspiration from the ants behavior with their colony to get their food. Simple Additive Weighting (SAW) is a method to solve the problem Multi-Attribute Decision Making (MADM) by finding the accumulation from the rate processing from every alternatives at the attribute of all.

This research combines Ant Colony Optimization (ACO) method with Simple Additive Weighting (SAW).

Keyword— ACO, Ant Colony Optimization, SAW, Simple Additive Weighting, Best Route

1. PENDAHULUAN

Patroli Jalan Raya (PJR), suatu badan dan satuan pelaksana operasional di tingkat Mabes Polri dan Polda yang menyelenggarakan kegiatan-kegiatan pengawasan, pengendalian lalu lintas, keamanan dan ketertiban umum di jalan, penindakan pelanggaran lalu lintas, Tindakan Pertama Pada Tempat Kejadian Perkara (TPTKP), setiap bentuk ancaman dan gangguan di jalan, upaya-upaya perlindungan dan pelayanan masyarakat serta memberikan bantuan operasional kepada satuan kewilayahannya. Salah satu unit kerja PJR, Detasemen Patroli Jalan Raya (Den PJR) Ditlantas Polri, bertugas melaksanakan pengawalan VVIP termasuk pengamanan dan patroli (Kep. Kapolri No. Pol.:Kep/53/X/2002 tanggal 17 Oktober 2002).

Pengawalan Lalu Lintas (Patwal), suatu kegiatan penyelenggaraan pengamanan bergerak di jalan dalam rangka melindungi keselamatan jiwa manusia, harta benda, kegiatan VVIP/VIP/Protokol kenegaraan, secara terus menerus selama perjalanan dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan kendaraan bermotor sehingga kegiatan dapat berjalan aman, tertib dan lancar. Fungsi Patwal, melaksanakan koordinasi dan kerja sama survey rute perjalanan VVIP/VIP, kegiatan kenegaraan dan tamu resmi negara.

Prosedur Patwal, melakukan survey rute perjalanan utama dan rute alternatif, tentukan formasi kawal sesuai prosedur kawal kehormatan, kawal pengamanan dan kawal pemantauan. Pengambilan keputusan rute jalan yang akan dilalui berdasarkan hasil survey dari personel PJR, dengan mempertimbangkan situasi jalan (kepadatan arus lalu lintas), banyaknya tikungan, banyaknya lubang (kondisi jalan) yang akan berpengaruh kepada keamanan objek yang dikawal dan jarak tempuh.

Ant Colony Optimization (ACO) diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang menuju ke sumber makanan dan kembali lagi, pada saat semut berjalan, semut meninggalkan sebuah informasi yang disebut *pheromone*, di tempat yang dilaluinya dan menandai rute tersebut. *Pheromone* digunakan sebagai komunikasi antar semut pada saat membangun rute[1],[2],[3].

Simple Additive Weighting (SAW), salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah Multi-Attribute Decision Making (MADM), metode ini mencari alternatif terbaik, dengan mengevaluasi alternatif terhadap sekumpulan atribut atau kriteria[4],[5],[6].

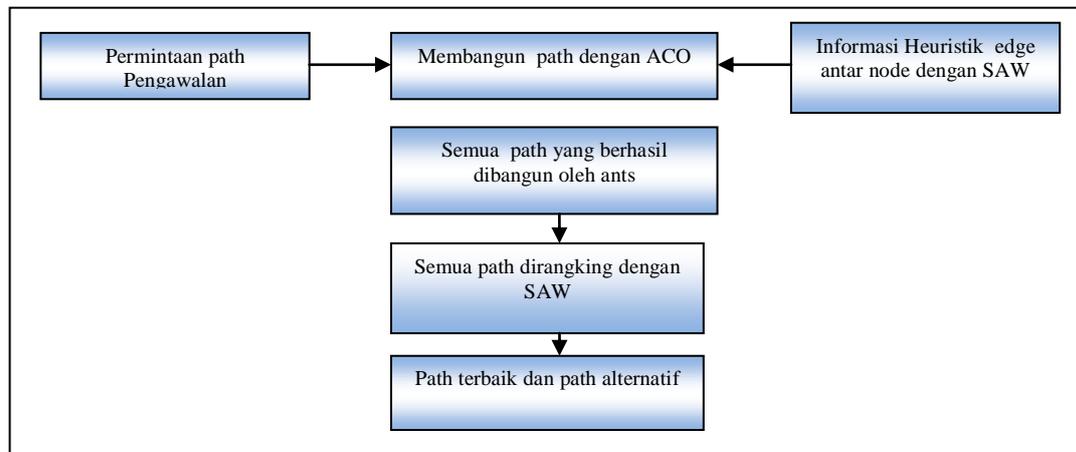
Berdasarkan hal tersebut diatas, penulis akan menganalisa dan mengimplementasikan ACO dan SAW, untuk mencari jalur terbaik dan jalur alternatif dengan memperhitungkan kriteria jarak, kepadatan arus lalu lintas, banyaknya tikungan, banyaknya lubang. Penelitian ini akan mencari alternatif rute yang dapat di tempuh dari titik awal sampai titik akhir, dengan menggunakan koloni semut buatan (ants), setelah semua ants menyelesaikan rutenya, semua alternatif rute dievaluasi terhadap semua kriteria yang di tentukan.

2. METODE PENELITIAN

Secara umum sistem yang dibuat dalam penelitian ini untuk mencari rute (path) terbaik berdasarkan 4 kriteria yaitu jarak, lubang, kepadatan dan tikungan. Cara kerja dari sistem ini secara umum adalah:

- Anggota patwal meminta path pengawalan dari node awal sampai node tujuan
- Sistem akan membangun solusi dengan ACO melalui semut buatan (ants) berdasarkan informasi heuristik (visibilitas) antar node dengan SAW
- Semua path yang berhasil dibangun oleh ants akan dilakukan perbandingan untuk mencari rute terbaik

Sesuai langkah-langkah diatas, gambaran sistem secara umum dapat dijelaskan dengan Gambar 1.



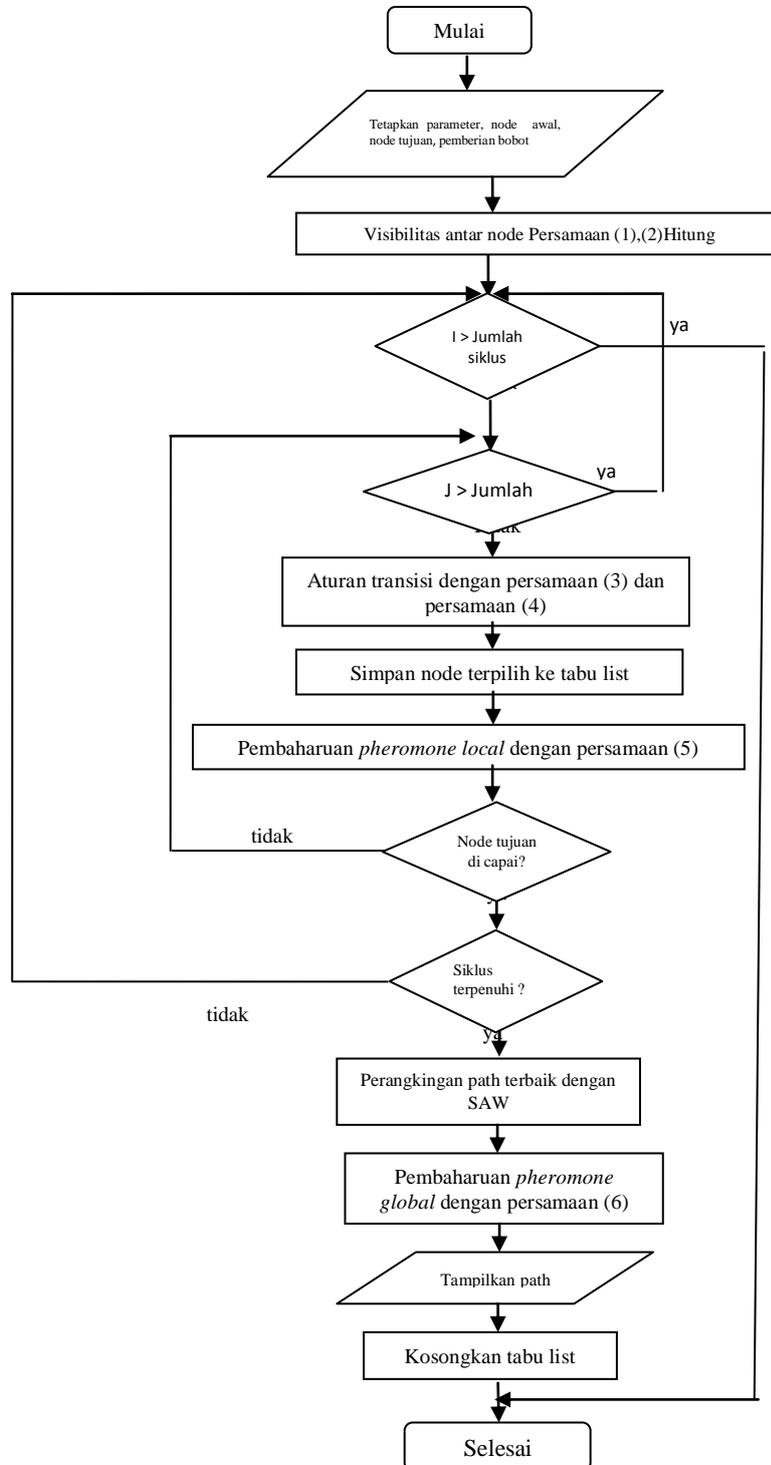
Gambar 1 Gambaran sistem pencarian rute terbaik

Langkah-langkah membangun solusi dengan kombinasi metode ACO dan SAW :

1. Inisialisasi parameter yang dimiliki ACO :
 - a. Intensitas *pheromone* (τ_{ij}).
 - b. Tetapan siklus semut (q_0).
 - c. Tetapan pengendali intensitas visibilitas (β), nilai $\beta \geq 0$.
 - d. Tetapan pengendali *pheromone* (α), nilai $\alpha \geq 0$.
 - e. Jumlah *ants* (m).
 - f. Tetapan penguapan *pheromone* (ρ), nilai ρ harus > 0 dan < 1 .
 - g. Jumlah siklus maksimum (NC_{max}).
2. Memberikan nilai bobot (w) untuk jarak, tikungan, lubang, kepadatan.
3. Menghitung visibilitas antar node dengan SAW
4. Menentukan node selanjutnya yang akan dituju, ulangi proses sampai node tujuan tercapai. Dengan menggunakan persamaan (3) atau persamaan (4) dapat ditentukan node mana yang akan dituju yaitu dengan :
 - a. Jika $q \leq q_0$ maka pemilihan node (aturan transisi) yang akan dituju menggunakan persamaan (3.)
 - b. Jika $q > q_0$ maka pemilihan node yang akan dituju (aturan transisi) menggunakan persamaan (4)
5. Apabila telah memilih node yang dituju, node tersebut disimpan ke dalam tabu list untuk menyatakan bahwa node tersebut telah menjadi bagian dari membangun solusi. Setelah itu intensitas *pheromone* di sisi tersebut diubah dengan menggunakan persamaan (5). Perubahan *pheromone* tersebut dinamakan perubahan *pheromone* local. Aturan transisi kembali dilakukan sampai node tujuan tercapai.
6. Apabila node tujuan telah dicapai, panjang rute, banyaknya lubang, banyaknya tikungan dan kepadatan dari masing-masing *ants* akan dilakukan perankingan dengan metode SAW untuk mencari path yang terbaik
7. Pembaruan *pheromone* pada node-node yang termuat dalam path terbaik tersebut menggunakan persamaan (6). Perubahan *pheromone* ini dinamakan perubahan *pheromone* global.
8. Pengosongan tabu list, tabu list perlu dikosongkan untuk diisi lagi dengan urutan node yang baru. Algoritma diulang lagi dari langkah 2 dengan harga parameter intensitas *pheromone* yang sudah di perbarui.

9. Setelah semua proses telah diuji (jumlah siklus maksimum sudah terpenuhi) maka akan di dapatkan path terbaik.

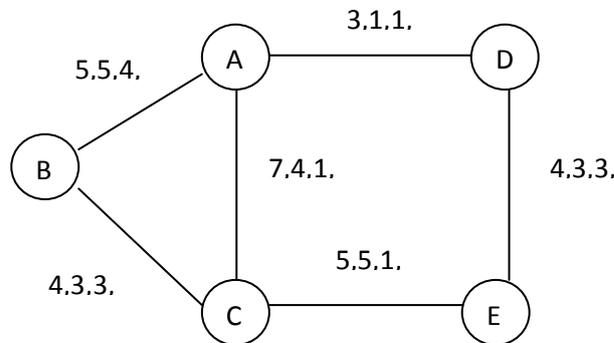
Flowchart dari kombinasi metode ACO dan SAW dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Flowchart dari kombinasi ACO dan SAW

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Misalkan dimiliki sebuah contoh graf G yang berbobot dengan lima node dan enam edges sebagai seperti Gambar 3.



Gambar 3 Graf G berbobot

Dari graf G diatas, akan di cari path terbaik dari node A ke node E berikut ini analisis dan langkah-langkah perhitungan path terbaik dari node A ke node E menggunakan ACO :

1. Menginisialisasi harga parameter-parameter ACO :

$$\tau_{ij}=0,01$$

$$q_0=0,1$$

$$\alpha=0,1$$

$$\beta=1$$

$$m=4$$

$$\rho=0,5$$

$$Nc_{max}=1$$

$$W=\{ 0,5 \ 0,2 \ 0,2 \ 0,45 \}$$

Terdapat aturan dalam menentukan nilai parameter dalam algoritma semut yaitu nilai α dan β harus lebih besar atau sama dengan 0 sementara ρ harus diantara 0 dan 1. Dari graf yang diberikan diperoleh adjacency matrix jarak, lubang, tikungan, kepadatan antar node (d_{ij}). Contoh Table 1 matrik nilai dari jarak (d_{ij}).

Tabel 1 Matrik nilai dari d_{ij} (jarak)

	A	B	C	D	E
A	0	5	7	3	0
B	5	0	4	0	0
C	7	4	0	0	5
D	3	0	0	0	4
E	0	0	5	4	0

2. Menghitung visibilitas antar node sebagai media informasi kualitas suatu edges, langkah pertama dengan melakukan normalisasi Tabel dengan persamaan (1).

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} & \text{Jika } j \text{ adalah atribut keuntungan (benefit)} \\ \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} & \text{Jika } j \text{ adalah atribut biaya (cost)} \end{cases} \quad (1)$$

Dengan r_{ij} adalah rating kinerja ternormalisasi dari alternatif A_i pada atribut C_j , $i=1,2,\dots,m$ dan $j=1,2,\dots,n$. x_{ij} merupakan rating kinerja alternatif ke i terhadap atribut ke j .

Contoh normalisasi Tabel kemungkinan node a ke node lain:

$$\begin{matrix} A \text{ ke B} = 3/5 & 5/5 & 4/4 & 1/5 & 0,6 & 1 & 1 & 0,2 \\ A \text{ ke C} = 3/7 & 4/5 & 1/4 & 5/5 & 0,43 & 0,8 & 0,8 & 0,25 \\ A \text{ ke D} = 3/3 & 1/5 & 1/4 & 1/5 & 1 & 0,2 & 0,25 & 0,2 \end{matrix} \quad]$$

Langkah ke dua mencari nilai preferensi untuk setiap atribut (V_j) dengan persamaan (2).

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (2)$$

w : nilai bobot yang diberikan, nilai V_i yang lebih besar mengindikasikan bahwa alternative A_i lebih terpilih.

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} A \text{ ke B} &= (0,15 \times 0,8) + (0,2 \times 1) + (0,2 \times 1) + (0,45 \times 0,2) = 0,58 \\ A \text{ ke C} &= (0,15 \times 0,43) + (0,2 \times 0,8) + (0,2 \times 0,25) + (0,45 \times 1) = 0,73 \\ A \text{ ke D} &= (0,15 \times 1) + (0,2 \times 0,2) + (0,2 \times 0,25) + (0,45 \times 0,2) = 0,33 \end{aligned}$$

Hasil lengkap visibilitas antar node dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Visibilitas (η_{ij})

	A	B	C	D	E
A	0	0.55	0.763	0.73	0
B	0.58		0.93	0	0
C	0.73	0.87	0	0	0.84
D	0.33	0	0	0	0.58
E	0	0	0.836	0.96	0

3. Mencari node tujuan berikutnya

Siklus I, Semut 1 :

- Probabilitas dari node A ke node tujuan :

Nilai bilangan yang dibangkitkan (q), $q=0,565$; $q \geq q_0$ maka propabilitas dihitung dengan menggunakan persamaan (3) jika $q < q_0$ dan menggunakan persamaan (4) jika $q \geq q_0$

$$s = \begin{cases} \underset{u \in J_k^{(r)}}{\text{Arg max}} \left\{ [\tau(r,u)] \cdot [\eta(r,u)]^\beta \right\} & \text{jika } q < q_0 (\text{Exploitasi}) \\ S & \text{jika } q \geq q_0 (\text{Eksplorasi}) \end{cases} \quad (3)$$

- $\tau(r,u)$: Jumlah *pheromone* pada sisi dari node r ke node u.
 $\eta(r,u)$: Panjang *edges* dari node r ke node u
 β : Parameter perbandingan jumlah *pheromone* relatif terhadap jarak (merupakan parameter yang telah ditentukan sebelumnya)
 $J_k^{(r)}$: Himpunan yang berisi node yang akan dikunjungi oleh ants
 U : node yang berada dalam $J_k^{(r)}$
 q : Bilangan random
 q_0 : Parameter perbandingan eksploitasi terhadap eksplorasi
 s : node berikutnya yang dipilih berdasarkan persamaan (4).
 Eksploitasi : semut memilih node yang paling pendek dan jumlah *pheromone* yang tinggi
 Eksplorasi : semut mengeksplorasi node yang belum pernah dikunjungi sebelumnya.

$$P_k(r,s) = \begin{cases} \frac{[\tau(r,s)] [\eta(r,s)]^\beta}{\sum_{u \in J_k^{(r)}} [\tau(r,u)] [\eta(r,u)]^\beta} & \text{Jika } s \in J_k^{(r)} \\ 0 & \text{Lainnya} \end{cases} \quad (4)$$

- $P_k(r,s)$: probabilitas semut k yang memilih berada di *node* r memilih *node* s untuk tujuan selanjutnya.
 $\tau(r,s)$: jumlah *pheromone* pada sisi dari *node* r ke *node* s.
 $\eta(r,s)$: panjang *edges* dari *node* r ke *node* s.
 β : parameter yang menentukan besarnya pengaruh jarak terhadap jumlah *pheromone*.
 $J_k^{(r)}$: himpunan yang berisi *node* yang akan dikunjungi oleh ants.
 u, *node* yang berada dalam $J_k^{(r)}$

visibility measure, $\eta(r,s)$. dapat dihitung dengan persamaan

$$\sum [\tau(r,u)] [\eta(r,u)]^\beta = (0,01 * 0) + (0,01 * 0,58) + (0,01 * 0,73) + (0,01 * 0,33) + (0,01 * 0) = 0,0164$$

Hitung probabilitas dari node A menuju ke setiap node

Node A = 0

Node B = $(0,01) (0,58)^1 / 0,0164 = 0,0058 / 0,0164 = 0,354$

Node C = $(0,01)(0,73)^1 / 0,0164 = 0,0073 / 0,0164 = 0,445$

Node D = $(0,01)(0,33)^1 / 0,0164 = 0,0033 / 0,0164 = 0,201$

Node E = 0

- Probabilitas Kumulatif : 0 0,354 0,799 1 1
- Bilangan random yang dibangkitkan $r = 0,825$
- Memeriksa $q_{k-1} < r < q_k$, Pilih node D
- Isi daftar kota = A D
- Melakukan pembaharuan *pheromone* local dengan menggunakan persamaan (5).

$$\tau(r,s)=(1-\rho) \cdot \tau(r,s) + \rho \cdot \tau_0 \quad (5)$$

dimana:

ρ = tetapan penguapan *pheromone*. Nilai ini bermanfaat agar tidak terjadi penumpukan *pheromone* secara tidak terbatas mengingat jumlah *pheromone* akan terus bertambah setiap kali iterasi.

$\tau_0 = (\eta \cdot L_m)^{-1}$ dimana L_m menyatakan jarak antara node r ke s , η adalah jumlah node

contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \tau(A, D) &= (1-0,05) \cdot (0,01) + (0,066) \\ \tau(A, D) &= 0,0755 \end{aligned}$$

Contoh lengkap hasil penyusunan path oleh ants seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pencarian dari siklus pertama

Semut Ke	Rute	Panjang Rute	Lubang	Tikungan	Kepadatan
1	A D E	7	4	4	2
2	A B C E	14	13	8	11
3	A C B	-	-	-	-
4	A C E	12	9	2	10

4. Proses perankingan dengan menggunakan bobot yang telah diberikan menggunakan persamaan (1) untuk normalisasi Tabel dan persamaan (2) untuk menghitung nilai dari preferensi. Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} W &= [0,15 \quad 0,20 \quad 0,20 \quad 0,44] \\ V1 &= (0,15)(1) + (0,2)(0,308) + (0,2)(0,5) + (0,45)(0,182) = 0,3935 \\ V2 &= (0,15)(0,5) + (0,2)(1) + (0,2)(1) + (0,45)(1) = 0,925 \\ V3 &= (0,15)(0,583) + (0,2)(0,692) + (0,2)(0,25) + (0,45)(0,909) = 0,685 \end{aligned}$$

Nilai terbesar adalah $V3$ sehingga rute terbaik adalah rute yang dibangun oleh semut 2 dan rute alternatif adalah rute yang dibangun oleh semut 3 yaitu Jalur A B C E.

5. Melakukan pembaruan *pheromone* global menggunakan persamaan (6).

$$\tau(r,s) = (1 - \alpha) \cdot \tau(r,s) + \alpha \cdot \Delta \tau(r,s) \quad (6)$$

Dimana:

$$\Delta \tau(r,s) = \begin{cases} (L_{gb})^{-1} & \text{Jika } (r,s) \in \text{rute terbaik} \\ 0 & \text{Jika tidak} \end{cases}$$

Rute terbaik adalah A B C E sehingga jumlah pheromone:

$$\tau(r,s)=(1-\alpha) \cdot \tau(r,s) + \alpha \cdot \Delta \tau(r,s)$$

$$\tau(A B)=(1-0,1)(0,0755) +(0,1)(0,58)$$

$$\tau(r,s)=0.12595$$

$$\tau(B C)=(1-0,1)(0,1835) +(0,1)(0,87)$$

$$\tau(r,s)=0.1035$$

$$\tau(C E)=(1-0,1)(0,1934) +(0,1)(0,836)$$

$$\tau(r,s)=0.256$$

Tabel 4 Intensitas pheromone tiap node setelah diperbaharui dengan pembaharuan global

	A	B	C	D	E
A	0,009	0,312595	0,1396	0,06795	0,009
B	0,12595	0,009	0,454	0,009	0,009
C	0,1396	0,1035	0,009	0,009	0,256
D	0,06795	0,009	0,009	0,009	0,1935
E	0,009	0,009	0,258	0,1935	0,009

4. KESIMPULAN

Hasil dari analisa, perancangan, implementasi dan pengujian sistem didapatkan kesimpulan:

1. Hasil penelitian aplikasi pencarian rute terbaik dengan menggunakan metode Ant Colony Optimization(ACO) dan Simple Additive Weighting(SAW), dapat digunakan untuk mencari rute terbaik dan rute alternatif berdasarkan kriteria tertentu (jarak, lubang, tikungan, kepadatan).
2. Berdasarkan hasil pengujian aplikasi pencarian rute, sistem akan mengabaikan kriteria dengan tingkat kepentingan (bobot) kecil atau nol.
3. Pengambilan keputusan rute terbaik dan rute alternatif dengan kriteria jarak, lubang, tikungan, kepadatan, tergantung dari nilai bobot yang dimasukkan pada saat proses perankingan, nilai preferensi terbesar pertama akan dipilih sebagai rute terbaik dan nilai preferensi terbesar ke dua akan dipilih sebagai rute alternatif.

5. SARAN

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan, masih banyak kekurangan sehingga perlu di kembangkan lagi agar kinerjanya lebih baik, saran yang diberikan yaitu:

1. Perlu sebuah agen cerdas yang bisa melaporkan data kondisi jalan secara *up to date* sehingga pengambilan keputusan rute berdasarkan kondisi jalan yang terbaru.
2. Perlu pengembangan sistem yang mengkombinasikan laporan dari agen cerdas sehingga menghasilkan informasi rute yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dorigo, M., Maniezzo, V. dan Colorni, A. (1996). *Solving Symetric and Asymetric TSPs by Ant Colonies*. IEEE Transaction on Systems, Mana and Cybernetics .
- [2] Dorigo, M., dan Gambardela, Gambardella, L.M., 1997, *Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem*, IEEE Transactions on evolutionary computation, vol 1, no 1.
- [3] Dorigo, M dan Gambardella, L.M., 1997, *Ant Colonies for the travelling Salesman Problem*, Bio System 43.
- [4] Fishburn, P.C., Additive Utilities With Incomplete Product Set: Applications to Priorities and Assigments, Operations Research.
- [5] Janko, W., 2005, Multi-Criteria Decision Making: An Aplication Study of ELECTRE & TOPSIS.
- [6] Zimmermann, 1991, Fuzzy Sets Theory and Its Applications. Edisi 2. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts