

CLUSTERING ALGORITMA FUZZY ANT UNTUK OPTIMALISASI PENENTUAN RUTE KEMACETAN TANAH ABANG

Erlin Windia Ambarsari¹, Siti Khotijah²

^{1,2}Informatika, Fakultas Teknik, Matematika, dan Ilmu Pengetahuan Alam (FTMIPA),
Universitas Indraprasta PGRI, Jl. Nangka No 58C Tanjung Barat, Jakarta, 12530, Indonesia
E-mail:¹erlinunindra@gmail.com, ²khotijah_2006@yahoo.co.id

Abstrak

Tanah Abang merupakan salah satu kecamatan yang terletak di Kota Administrasi Jakarta Pusat dengan luas wilayah 9,3 Km². Berdasarkan administrasi pemerintahan, kecamatan Tanah Abang terdiri dari 7 kelurahan, yaitu Kelurahan Gelora, Bendungan Hilir, Karet Tengsin, Kebon Melati, Petamburan, Kebon Kacang, dan Kampung Bali. Tanah Abang merupakan daerah yang sebagian besar perkantoran, pusat perbelanjaan dan pemukiman penduduk sehingga banyak kendaraan yang lalu lalang sehingga terjadi kemacetan di jalan sudah terbiasa terjadi di Daerah Kecamatan Tanah Abang. Penulis melakukan riset untuk menentukan rute kemacetan di daerah tersebut untuk menganalisa penyebab terjadinya kemacetan dengan menggunakan Metode Algoritma Fuzzy Ant. Penggunaan Algoritma Fuzzy Ant memungkinkan pemilihan rute semut lebih cepat mencapai konvergen karena pemilihan tersebut menggunakan cluster maksimum Fuzzy C-Means dari 3 cluster keanggotaan sehingga proses siklus Ant tidak terlalu lama. Hasil yang di dapatkan dari algoritma tersebut untuk pencarian rute kemacetan adalah B-E-C-A dikarenakan terdapat parkir sembarangan, perbaikan jalan, maupun penutupan jalan.

Kata kunci—Ant, Fuzzy C-Means, Fuzzy Ant, Cluster, Rute Kemacetan

Abstract

Tanah Abang is the one of sub-districts which is located in Central Jakarta Administration City on an 9.3 Km² areas. Based on government administration, Tanah Abang sub-district have 7 sub-districts, they are Gelora Village, Bendungan Hilir, Karet Tengsin, Kebon Melati, Petamburan, Kebon Kacang, and Kampung Bali. Tanah Abang is an offices area, shopping centers and human settlements, therefore lots of vehicle passing by cause traffic congestion. We conducted a research to determine congestion route in the area for the reason, then analyze the cause of congestion by using Fuzzy Ant Algorithm Method. The Fuzzy Ant algorithm allows faster selection of ant routes because it use a maximum cluster from 3 cluster members, in order to the Ant's cycle process is not too long. The result in the research for congestion route search is B-E-C-A due to parking violation, road repair, and road closure.

Keywords—Ant, Fuzzy C-Means, Fuzzy Ant, Cluster, Congestion Route

1. PENDAHULUAN

Tanah Abang merupakan salah satu kecamatan yang terletak di Kota Administrasi Jakarta Pusat dengan luas wilayah 9,3 Km². Berdasarkan administrasi pemerintahan, kecamatan Tanah Abang terdiri dari 7 kelurahan, yaitu Kelurahan Gelora, Bendungan Hilir, Karet Tengsin, Kebon

Melati, Petamburan, Kebon Kacang, dan Kampung Bali. Kecamatan Tanah Abang juga berbatasan langsung dengan Kecamatan Menteng, Kecamatan Gambir, Kecamatan Palmerah, Kecamatan Kebayoran Lama, Kecamatan Kebayoran Baru dan Kecamatan Setiabudi.

Daerah Kecamatan Tanah Abang merupakan daerah yang sebagian besar perkantoran, pusat perbelanjaan dan pemukiman penduduk, sehingga lalu lalang kendaraan, udara panas, dan lembab adalah pemandangan yang biasa terlihat di Tanah Abang[1].

Banyak Kendaraan yang lalu lalang sehingga terjadi kemacetan di jalan sudah terbiasa terjadi di Daerah Kecamatan Tanah Abang. Berdasarkan hasil pengamatan dari penulis, ada beberapa faktor yang menyebabkan kemacetan diantaranya belum efektifnya angkutan umum seperti *busway*, *Mass Rapid Transit* (MRT) dan *Light Rail Transit* (LRT); Pertumbuhan kendaraan yang tinggi tidak diimbangi oleh pembangunan jalan; kurangnya kesadaran masyarakat untuk menggunakan moda angkutan umum.

Melihat situasi tersebut, maka penulis melakukan riset untuk menentukan rute kemacetan di daerah tersebut untuk menganalisa penyebab terjadinya kemacetan. Sebelumnya penulis pernah membuat penelitian Analisa Efektifitas Jalur Terpendek Menggunakan Algoritma Semut Dan Pendekatan *LeadTime*[2], yang dimana kendala pada Algoritma Semut adalah rute selalu berubah setiap melewati siklus walaupun panjang jarak yang didapatkan adalah sama dan persentase yang didapatkan masih rendah. Berdasarkan alasan tersebut, penulis menggunakan Algoritma *FuzzyAnt* dengan *Clustering Fuzzy C-Means* sehingga nilai rute semut (*Ant*) lebih optimal dan konsistensi untuk Daerah Kecamatan Tanah Abang.

2. METODE PENELITIAN

Penulis menggunakan metode *FuzzyAnt* untuk optimalisasi rute dimana konsep yang diambil adalah sebagai berikut :

2.1 Algoritma *Ant* (*Ant Algorithm*)

Algoritma ini diadopsi dari perilaku koloni semut dimana dikenal dengan sistem semut[3]. Konsep dari algoritma ini adalah menemukan rute terpendek berdasarkan jejak kaki lintasan yang telah dilalui semut. Semakin banyak semut melintasi dan meninggalkan feromon, maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya. Hal ini menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan tidak dilewati sama sekali. Sebaliknya lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak, semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan semua semut akan melewati lintasan tersebut. Langkah-langkah Algoritma semut untuk menentukan rute terpendek adalah sebagai berikut :

- a) Inisialisasi parameter-parameter [2,4] dimana
 1. Intensitas jejak semut yang menandakan intensitas feromon (τ_{ij})
 2. Visibilitas jejak $\eta_{ij} = 1/d_{ij}$
 3. α tetapan pengendali intensitas
 4. β tetapan pengendali visibilitas
 5. ρ tetapan penguapan jejak semut
 6. Q tetapan siklus semut
- b) Mengisi titik pertama ke dalam tabu list yang dilakukan secara acak
- c) Menyusun rute kunjungan setiap semut ke setiap titik.
- d) Menggerakkan semut ke titik berikutnya dengan menggunakan persamaan probabilitas sebagai berikut :

$$P_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum [\tau_{ik'}]^\alpha \cdot [\eta_{ik'}]^\beta} \quad (1)$$

- e) Menghitung panjang rute setiap semut (L_k) dilakukan setelah satu siklus diselesaikan oleh semut yang berdasarkan dengan tabu masing masing.

$$L_k = d_{tabu_k(n), tabu_k(1)} + \sum_{s=1}^{n-1} d_{tabu_k(s), tabu_k(s+1)} \quad (2)$$

dengan d_{ij} adalah jarak antara titik i ke titik j yang dihitung berdasarkan :

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3)$$

- f) Pencarian rute terpendek berdasarkan harga minimal panjang jarak rute.
g) Menghitung perubahan intensitas jejak semut dengan meninggalkan feromon pada lintasan yang dilaluinya.

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

Setiap semut dihitung berdasarkan persamaan

$$\Delta\tau_{ij}^k = \frac{Q}{L_k} \quad (5)$$

- h) Menghitung intensitas feromon semut untuk siklus berikutnya

$$\tau_{ij} = \rho\tau_{ij} + \Delta\tau_{ij} \quad (6)$$

- i) Menghentikan iterasi jika jumlah siklus sudah maksimum atau konvergensi

2.2 Algoritma Fuzzy C-Means

Fuzzy C-Means (FCM) merupakan metode *clustering* yang memperbolehkan bagian data mempunyai dua atau lebih *cluster* (kelompok). Metode ini dibangun oleh Dunn [5] dan dikembangkan oleh Bezdek [6] yang biasanya digunakan untuk pengenalan pola dan didasari oleh konsep *fuzzy c-partition* yang diperkenalkan Ruspini [7], dimana langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a) $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ adalah kumpulan data, dimana setiap titik poin data $x_k (k=1, \dots, n)$ adalah vektor dalam dimensi $P (\mathbb{R}^P)$, U_{cn} adalah kumpulan bilangan real dengan $c \times n$ matriks, dan c adalah integer, $2 \leq c < n$. Kemudian, *fuzzy c-partition* untuk nilai X adalah sebagai berikut

$$M_{fcn} = \{U \in U_{cn} : u_{ik} \in [0,1] \sum_{j=1}^c u_{ij} = 1, 0 < \sum_{k=1}^n u_{ik} < n\} \quad (7)$$

dimana U_{ik} adalah nilai anggota dengan x_k dalam *cluster* $i (i = 1, \dots, c)$

- b) Sasaran algoritma FCM untuk menemukan pilihan *fuzzy c-partition* dan sesuai bentuk prototipe minimalisasi fungsi objektif

$$J_m(U, V; X) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m \|x_k - v_i\|^2 \quad (8)$$

- c) $V = (v_1, v_2, \dots, v_c)$ adalah matriks *cluster center* (prototipe) $v_i \in \mathbb{R}^P$, $\|\cdot\|$ adalah *Euclidean norm*, dan bobot eksponen m dalam $[1, \infty)$ adalah konstan yang mempengaruhi nilai keanggotaan.

- d) Kriteria minimalisasi J_m dibawah kendali fuzzy, algoritma FCM didefinisi sebagai algoritma minimalisasi bergilir sebagai berikut :

1. Memilih nilai c , m dan ϵ sebagai konstanta positif kecil
2. Menghasilkan *fuzzy c-partition* secara acak U^0 dan mengatur iterasi $t=0$

- e) Proses perulangan dua langkah tersebut berjalan dengan memberikan nilai keanggotaan

$u_{ik}^{(t)}$, *cluster center* $v_i^{(t)} (i = 1, \dots, c)$ dihitung oleh :

$$v_i^{(t)} = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik}^{(t)})^m x_k}{\sum_{k=1}^n (u_{ik}^{(t)})^m} \quad (9)$$

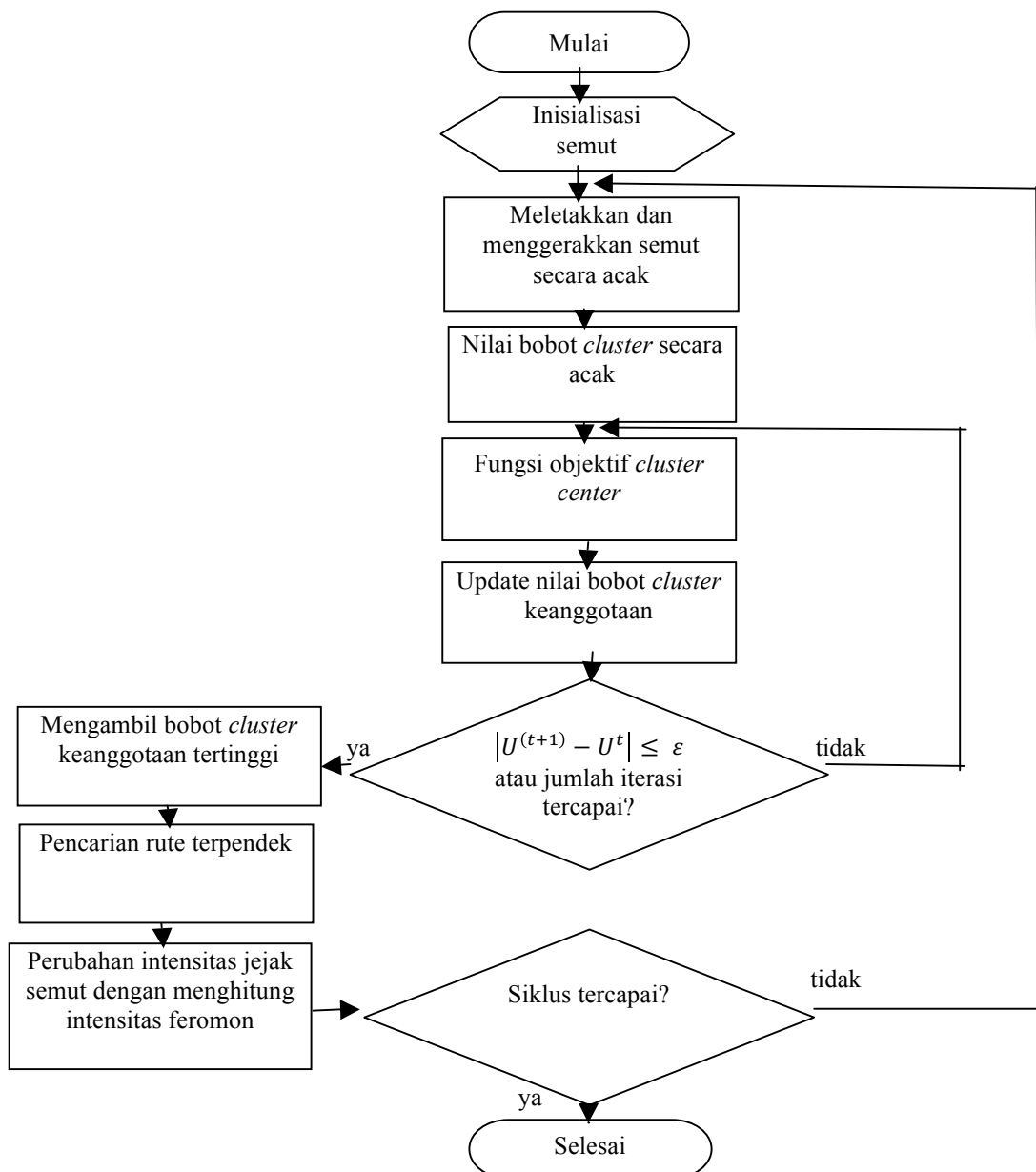
- f) Memberikan *cluster center* baru $v_i^{(t)}$ dengan mengupdate nilai keanggotaan $u_{ik}^{(t)}$:

$$v_{ik}^{(t+1)} = \left[\sum_{j=1}^c \left(\frac{\|x_k - v_i^{(t)}\|^2}{\|x_k - v_j^{(t)}\|^2} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right]^{-1} \quad (10)$$

- g) Proses akan berhenti ketika $|U^{(t+1)} - U^t| \leq \varepsilon$ atau jumlah iterasi yang ditentukan sudah tercapai [8].

2.3 Algoritma Fuzzy Ant

Optimalisasi pemilihan rute dapat dilakukan dengan mengambil nilai *cluster center* FCM ke dalam probabilitas *Antsaat* mengisi atau menggerakkan semut yang biasanya dilakukan secara acak untuk mendapatkan titik berikutnya. Langkah-langkah algoritma yang dilakukan untuk optimalisasi pemilihan rute adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Flowchart Algoritma Fuzzy Ant [9]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data sampel yang diambil di wilayah Tanah Abang adalah data kecepatan melalui aplikasi geo tracker dan map plus yang diambil sebanyak 75 data selama dua bulan (April sampai dengan Mei) pada jam sibuk kendaraan dari pukul 10.00 sampai dengan 15.00; dimana pengendali intensitas (α) = 1, pengendali visibilitas (β) = 1, penguapan jejak semut (ρ) = 0.5, intensitas feromon (τ_{ij}) = 0.01, Nilai Maksimum Siklus (NCmax) = 6, dengan matriks (m x n) = 5 x 5 sebagai berikut :

Tabel 1 Data Sampel Kecepatan Jarak Titik

	A	B	C	D	E
A	0	0.061349693	0.163934426	0	0.096618357
B	0.054945055	0	0.076452599	0	0.088339223
C	0.163934426	0.095877277	0	0.100806452	0.032594524
D	0.07558579	0.054585153	0.146627566	0	0.061349693
E	0.072463768	0.114025086	0.074074074	0.173310225	0

Rute A sampai dengan E adalah rute strategis yang sering dilewati kendaraan yang mempunyai kendala jalan pada Wilayah Tanah Abang yang antara lain A adalah Jalan Taman Jati Baru no. 18, B adalah Jalan Tanah Abang 5 no. 54 E, C adalah Jalan Kebun Kacang IV no. 2B, D adalah Jalan KH. Wahid Hasyim no. 177, dan E adalah Jalan KB Jati no. 32.

Rute tersebut kemudian dihitung probabilitas semut menuju ke titik berikutnya dengan membagi menjadi 3 *cluster*, yang selanjutnya dihitung *cluster center* untuk mengupdate nilai bobot *cluster* tertinggi atau maksimum dari FCM. Nilai *cluster* maksimum tersebut digunakan untuk pemilihan titik berikutnya.

Tabel 2 Cluster Maksimum Pemilihan Titik Semut Siklus 1

c_1	c_2	c_3	max c	Tabu	Memori				
3.90157E-14	1.91519E-13	1	1	0	A	E	C	B	
3.90157E-14	1.91519E-13	1	1	0	B	E	C	A	
1.92467E-11	1	2.844E-11	1	A	C	E	D	B	A
0.997941319	0.001595333	0.000463348	0.997941319	A	D	C	E	B	A
0.998207692	0.001366788	0.000425521	0.998207692	A	E	D	C	B	A

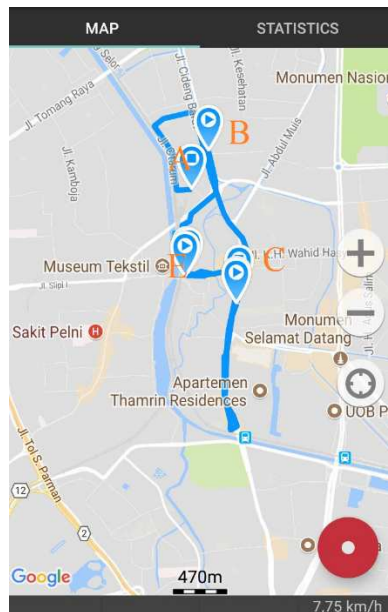
Hasil dari pemilihan titik dengan menggunakan algoritma *Fuzzy Ant* untuk mendapatkan keseluruhan rute yang dilalui semut dengan menghitung perubahan intensitas jejak semut (Δt_{ij}) adalah sebagai berikut :

Tabel 3 Perubahan Siklus Rute

Siklus	Rute 1 Δt_{ij}	Rute 2 Δt_{ij}	Rute 3 Δt_{ij}	Rute 4 Δt_{ij}	Rute 5 Δt_{ij}	Max
1	0.029171529 A-E-C-B	0.032341527 B-E-C-A	0.013704262 C-E-D-B-A	0.01551109 D-C-E-B-A	0.024260068 E-D-C-B-A	0.032341527 B-E-C-A
2	0.029171529 A-E-C-B	0.032341527 B-E-C-A	0.0151611 C-E-D-A-B	0.01551109 D-C-E-B-A	0.02691 E-C-B-D-A	0.032341527 B-E-C-A
3	0.0219539 A-C-E-B	0.032341527 B-E-C-A	0.0151611 C-E-D-A-B	0.01551109 D-C-E-B-A	0.01668335 E-C-D-B-A	0.032341527 B-E-C-A
4	0.0219539 A-C-E-B	0.032341527 B-E-C-A	0.0151611 C-E-D-A-B	0.01551109 D-C-E-B-A	0.01668335 E-C-D-B-A	0.032341527 B-E-C-A
5	0.0219539 A-C-E-B	0.032341527 B-E-C-A	0.0151611 C-E-D-A-B	0.01551109 D-C-E-B-A	0.01668335 E-C-D-B-A	0.032341527 B-E-C-A
6	0.0219539 A-C-E-B	0.032341527 B-E-C-A	0.0151611 C-E-D-A-B	0.01551109 D-C-E-B-A	0.01668335 E-C-D-B-A	0.032341527 B-E-C-A

Berdasarkan pada tabel 3, siklus rute yang dilewati semut tidak mengalami banyak perubahan yang signifikan (konvergen), dimana nilai Δt_{ij} mulai tidak berubah ketika berada pada siklus ke-3. Penyebab nilai tersebut lebih cepat mencapai konvergen dikarenakan pemilihan rute menggunakan *cluster* maksimum.

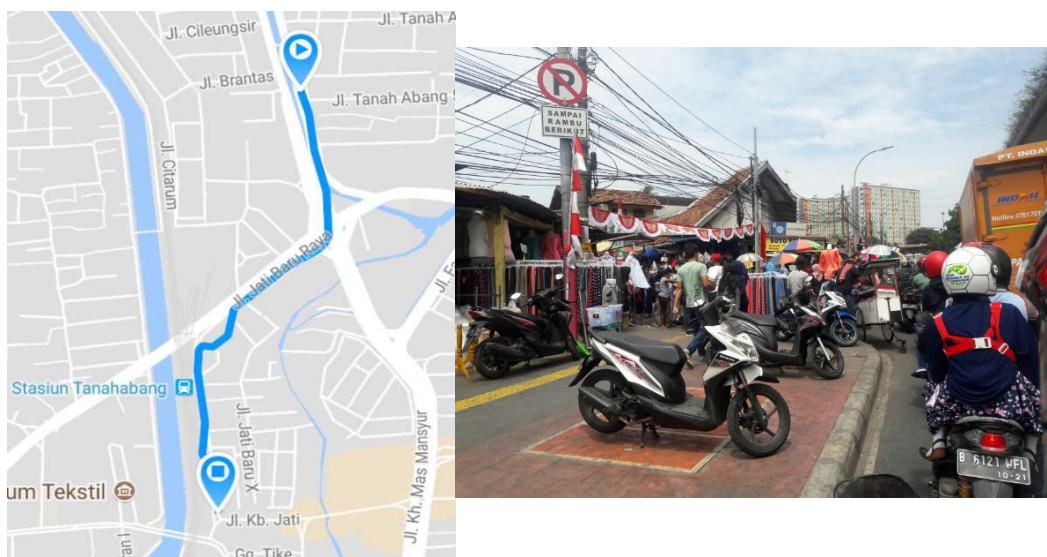
Kesimpulan yang didapatkan dari data tersebut adalah rute yang memungkinkan lebih besar terjadinya kemacetan di wilayah Tanah Abang adalah rute B-E-C-A.



Gambar 2 Wilayah Kemacetan Rute B-E-C-A

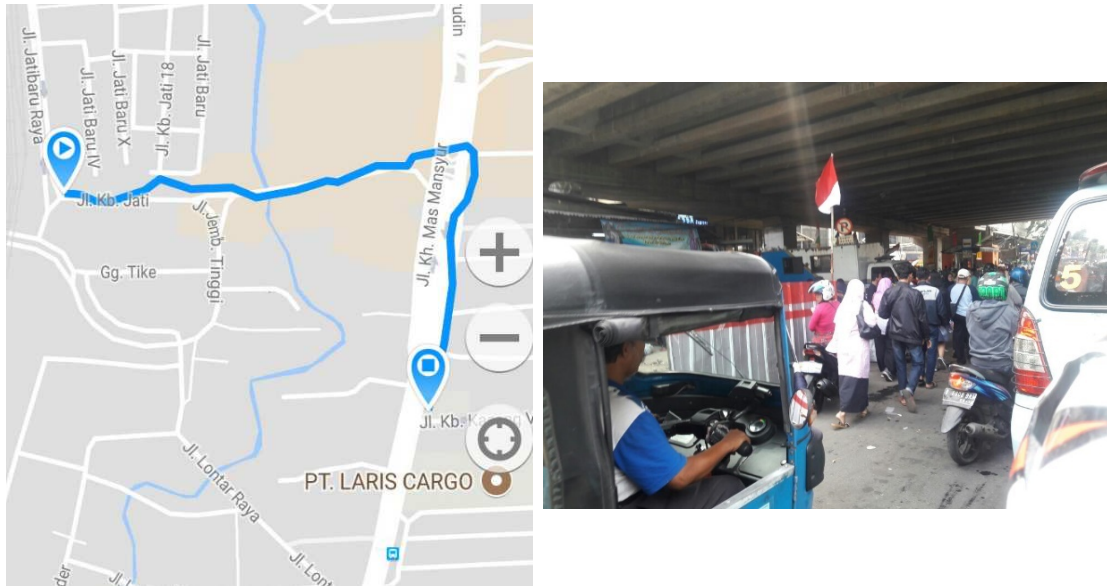
Beberapa alasan terpilihnya B-E-C-A oleh algoritma *Fuzzy Ant* yang ditemukan dilapangan adalah sebagai berikut :

- a) Pada rute B ke E terdapat parkir sembarangan dan pedagang yang berjualan di luar batas trotoar.



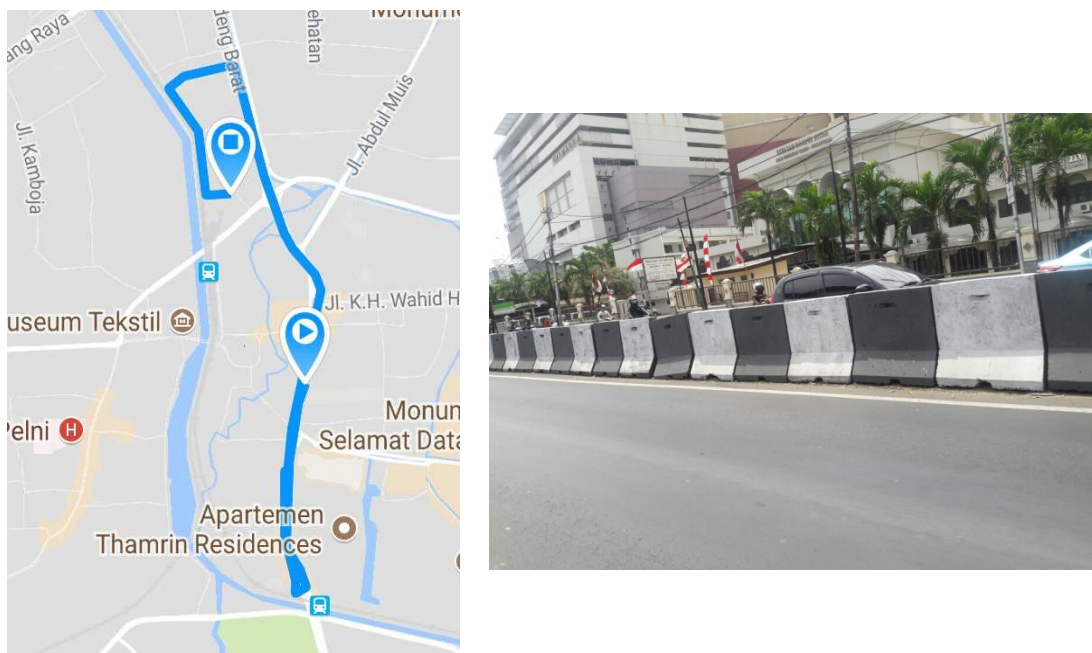
Gambar 3 Kemacetan Parkir Sembarangan dan Pedagang Berjualan

- b) Pada rute E ke C terdapat perbaikan jalan dan pembongkaran kabel PT PLN.



Gambar 4 Perbaikan Jalan dan Pembongkaran Kabel

- c) Pada rute C ke A terdapat penutupan jalan sehingga jarak yang ditempuh menjadi panjang.



Gambar 5 Penutupan Jalan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dari algoritma *Fuzzy Ant* dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a) rute yang memungkinkan lebih besar terjadinya kemacetan di wilayah Tanah Abang adalah rute B-E-C-A, dimana :
 1. Pada rute B ke E terdapat parkir sembarangan dan pedagang yang berjualan di luar batas trotoar.
 2. Pada rute E ke C terdapat perbaikan jalan dan pembongkaran kabel PT PLN.
 3. Pada rute C ke A terdapat penutupan jalan sehingga jarak yang ditempuh menjadi panjang.
 4. Pada rute C ke A terdapat penutupan jalan sehingga jarak yang ditempuh menjadi panjang.
- b) Pemilihan rute semut dengan algoritma *Fuzzy Ant* lebih cepat mencapai konvergen karena pemilihan tersebut menggunakan *cluster* maksimum dari FCM.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Indraprasta PGRI yang telah memberikan dukungan hibah LPPM untuk terlaksananya penelitian ini dengan Nomor Kontrak : 0366/SP3M/KP/LPPM/UNINDRA/V/2017.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Seksi Neraca Wilayah dan Analisis Statistik, 2016, *Statistik Kecamatan Tanah Abang 2016*, Katalog BPS : 1101002.3173011, Badan Pusat Statistik Kota Administrasi Jakarta Pusat, Jakarta.
- [2] Ambarsari, E.W., Marlina, D., dan Susanto, A., 2014, Analisa Efektifitas Jalur Terpendek Menggunakan Algoritma Semut Dan Pendekatan LeadTime, *Prosiding SNTI 2014*, Jakarta, 13 Desember.
- [3] Dorigo, M., Maniezzo, V., dan Colorni, A., 1996, The Ant System : Optimization by a colony of cooperating agents, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part BI*, Vol. 26, No. 1, Hal. 1-13.
- [4] Alsawy, A.A., dan Hefny, H.A., 2010, Fuzzy-based ant colony optimization algorithm, *2010 2nd International Conference on Computer Technology and Development (ICCTD)*, IEEE, Hal. 530-534.
- [5] Dunn, J.C., 1973, A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters, *Journal of Cybernetics*, Vol. 3, No. 3, Hal 32-57.
- [6] Bezdek, J.C., 1981, *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA.
- [7] Ruspini, E.H., 1969, A new Approach to Clustering, *Information and Control*, Vol. 15, No. 1, Hal. 22-32.
- [8] Parwatiningsy, D., Ambarsari, E.W., dan Mariko, S., The calculation of the highest leak level of water pipe lines region at PDAM Tirta Kahuripan using fuzzy C-means and ArcGIS method analysis, *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1862, No. 1, Hal. 030196-1–030196-6.
- [9] Kanade, P.M., dan Hall, L.O., 2003, Fuzzy ants as a clustering concept, *22nd International Conference Of The North Fuzzy Information Processing Society, NAFIPS 2003*, IEEE, Hal. 227-232.