



IMPLEMENTASI ANT COLONY OPTIMIZATION ALGORITHM (ACO) UNTUK PEMILIHAN JALUR TERCEPAT EVAKUASI BENCANA TSUNAMI OLEH TIM SAR DI KOTA PADANG

MAHABILA FITRIYANI^{1*}, DEFRI AHMAD²

^{1,2} Universitas Negeri Padang, Jalan Prof.Hamka,Air Tawar Barat,Sumatera Barat,Indonesia

* penulis korespondensi: defri_math@fmipa.unp.ac.id

ABSTRAK

Kota Padang merupakan daerah yang diprediksi sering terjadi tsunami. Saat bencana terjadi bahaya akan mengancam warga yang bermukiman disekitar pantai kota Padang sehingga menjadi penghalang proses evakuasi dan juga banyak terdapat jalur yang harus dilalui. Tujuan penelitian ini adalah menentukan jalur tercepat evakuasi bencana tsunami oleh TIM SAR di kota Padang menggunakan Ant Colony Optimization (ACO). Data yang dicari adalah jarak dan waktu tempuh antar shelter yang diperoleh dari bantuan Google Maps. Hasil pemrosesan Ant Colony Optimization (ACO) diperoleh bahwa jalur tercepat evakuasi bencana tsunami oleh TIM SAR adalah diawali dari Kantor Pencarian dan Pertolongan Padang, Sekolah Dasar Al Azhar 32 Padang, Bappeda Provinsi Sumatera Barat, SMP N 25 Padang, SMK N 5 Padang, Mesjid Raya Sumatera Barat, SD N 15 Lolong, Shelter TES Padang Wisma Indah Ulak Karang, Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Padang, Shelter Nurul Haq, Shelter Darussalam dan kembali lagi ke Kantor Pencarian dan Pertolongan Padang dengan jarak 47,35 km dengan waktu tempuh 1 jam 37 menit

Kata kunci: Tsunami, Shelter, Ant Colony Optimization (ACO)

ABSTRACT

The city of Padang is predicted to be prone to frequent tsunamis. When a disaster occurs, there is a danger that threatens the residents living near the coastal areas of Padang, hindering the evacuation process and requiring the use of various routes. The purpose of this research is to determine the fastest evacuation route for tsunami disasters by the SAR team in the city of Padang using Ant Colony Optimization (ACO). The data sought includes distances and travel times between shelters obtained from Google Maps assistance. The results of Ant Colony Optimization (ACO) processing show that the fastest evacuation route for tsunami disasters by the SAR team begins at the Padang Search and Rescue Office, Al Azhar 32 Padang Elementary School, the Regional Planning and Development Agency of West Sumatra, SMP N 25 Padang, SMK N 5 Padang, the Great Mosque of West Sumatra, SD N 15 Lolong, TES Padang Wisma Indah Ulak Karang Shelter, Faculty of Economics, State University of Padang, Nurul Haq Shelter, Darussalam Shelter, and returns to the Padang Search and Rescue Office with a distance of 47.35 km and a travel time of 1 hour and 37 minutes.

Keywords: Tsunami, Shelter, Ant Colony Optimization (ACO)

1 Pendahuluan

Kota Padang merupakan daerah yang berada di *Megatrust* yaitu, daerah yang terdapat pada lempeng yang bergeser dan menumpuk serta menyimpan energi yang kapan saja bisa meledak sehingga diprediksi menimbulkan bencana seperti gempa dan tsunamis [1]. Pada tanggal 30 September 2009 pukul 17:16 WIB, kota Padang dilanda bencana gempa berpotensi tsunami yang berkekuatan 7,6 SR dengan pusat gempa di kedalaman laut 71 Km pada koordinat 0,84 LS – 99,65 BT (57 Km barat daya Pariaman-Sumbar). Menurut data Satkorlak PB, terdapat sebanyak 1.117 orang tewas, 1.214 orang luka-luka, 181.665 bangunan hancur atau rusak dan sekitar 451.000 orang pengungsi di daerah Padang-Pariaman [2]

Pada saat terjadi tsunami, bahaya akan mengancam warga yang bermukiman disekitar pantai kota Padang yang harus menghindari korban nyawa manusia. Jumlah penduduk kota Padang tahun 2022 adalah sebanyak 919.145 jiwa (BPS Kota Padang). Dengan padatnya penduduk kota Padang ini akan menjadi salah satu penghalang proses evakuasi jika terjadi tsunami di kota Padang dan sekitarnya. Dan juga terdapat banyak jalur yang dapat dilalui dalam proses evakuasi dan belum bisa dipastikan bahwa jalur yang dilewati tersebut merupakan jalur tercepat. Jalur tercepat dapat diartikan sebagai nilai minimal dari suatu lintasan. Maka pada penelitian ini masalah yang akan dihadapi dalam penentuan jalur tercepat yaitu banyaknya rute yang mungkin dipilih dari tempat berangkat (titik awal) ke tempat tujuan. Secara umum, penyelesaian masalah pencarian jalur terpendek dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu metode konvensional dan metode heuristik [3].

Metode Heuristik merupakan sub bidang dari kecerdasan buatan yang digunakan untuk melakukan pencarian dan optimasi dengan perhitungan kecerdasan buatan [4]. Metode Heuristic adalah teknik pengambilan keputusan yang tidak selalu menghasilkan solusi optimal, tetapi digunakan untuk menghasilkan solusi yang cukup baik dalam waktu yang lebih singkat. Sedangkan metode konvensional merupakan metode yang menggunakan perhitungan matematis biasa. Metode konvensional yang dapat digunakan untuk melakukan pencarian jalur terpendek diantaranya algoritma Dijkstra, algoritma Floyd-Warshall, dan algoritma Bellman-Ford [5] Maka dalam penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode Heuristik. Algoritma pada metode heuristik yang biasa digunakan dalam permasalahan optimasi, diantaranya algoritma genetika *Ant Colony Optimizatin* (ACO), logika *fuzzy*, jaringan syaraf tiruan, pencarian tabu, *simulated annealing*, dan lain-lain [6]

Menurut penelitian [7] algoritma koloni semut (ACO) diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut, dimana semut memilih rute terpendek dalam perjalanan dari sarang menuju ke sumber makanan dan kembali lagi. Para peneliti juga telah mengamati perilaku semut dalam mencari makanan di alam liar. Dalam pengamatannya, semut-semut terbukti memilih jalur terpendek yang memungkinkan mereka mencapai sumber makanan dengan cepat. Pengamatan ini mencakup semut-semut yang membentuk jejak feromon di sepanjang jalur yang dilalui, menunjukkan penggunaan jalur yang sama oleh semut-semut lain. Feromon merupakan senyawa kimia yang diproduksi oleh organisme dan digunakan untuk berkomunikasi dengan anggota spesies yang sama. Feromon berperan penting dalam mempengaruhi perilaku, reproduksi, dan interaksi sosial dalam dunia hewan.

Algoritma semut ini diperkenalkan oleh Moyson dan Manderick dan dikembangkan oleh secara luas oleh Marco Dorigo [8]. Algoritma semut (ACO) merupakan bioinspired metaheuristic yang mempunyai sekelompok khusus yang berusaha menyalakan karakteristik kelakuan dari serangga sosial, yaitu koloni semut. Kelakuan dari tiap pelaku dalam meniru kelakuan dari semut hidup dan bagaimana mereka berinteraksi satu dengan lainnya agar dapat menemukan sumber makanan dan membawanya ke koloni mereka dengan efisien. Selama berjalan tiap semut mengeluarkan *pheromone* [9] dimana semut lainnya sensitif dengan *pheromone* tersebut sehingga memberikan harapan untuk mengikuti jejaknya. Lebih atau kurang intensitasnya tergantung pada konsentrasi dari *pheromone*. Setelah beberapa waktu,

jalur terpendeklah yang akan sering diikuti oleh semut. Adapun langkah-langkah membangun solusi dengan metode ACO [10][11]: yaitu melakukan analisis terhadap parameter yang dimiliki ACO, pengisian titik kedalam tabu list, penyusunan rute kunjungan ke setiap *shelter*, menghitung panjang rute yang dilalui oleh semua semut, kemudian lakukan pembaruan *pheromone*, setelah *pheromone* sudah diperbaharui maka lakukan pengosongan tabu list.

2 Tinjauan Pustaka

Kota Padang merupakan kawasan yang rawan terjadi bencana gempa bumi dan tsunami. Pada saat terjadi tsunami masyarakat yang berada di pesisir pantai melakukan upaya penyelamatan diri dengan mencari jalur evakuasi menuju shelter-shelter yang sudah disediakan.

Penelitian ini menggunakan teori graf . Graf adalah himpunan pasangan terurut (V,E), dimana V adalah himpunan *vertex* (titik) dan E adalah himpunan *edge* (sisi). Teori graf G terdiri dari dua bagian yaitu himpunan $V = V(G)$ memiliki elemen-elemen yang dinamakan titik. Himpunan $E = E(G)$ merupakan pasangan terurut dari titik-titik yang berbeda dinamakan sisi [12]. Dalam kehidupan sehari-hari, graf digunakan untuk menggambarkan rute atau lintasan yang ada. Tujuannya adalah sebagai visualisasi objek-objek agar lebih mudah dimengerti [13]

Penelitian ini termasuk kedalam masalah optimasi dimana masalah yang harus diselesaikan yaitu pencarian jalur tercepat yang memiliki jarak tempuh yang paling pendek [14]. Untuk penyelesaian masalah tersebut digunakan metode Ant Colony Optimization (ACO).

Ant-Colony Optimization (ACO) termasuk dalam kelompok Swarm Intelligence, yang merupakan salah satu jenis pengembangan paradigma yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi di mana inspirasi yang digunakan untuk memecahkan masalah tersebut berasal dari perilaku kumpulan atau kawanan (swarm) serangga. ACO adalah teknik probabilitas untuk menyelesaikan permasalahan, berdasarkan tingkah laku semut dalam sebuah koloni yang mencari sumber makanan.

3 Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini merupakan penelitian terapan [15]. Penelitian terapan Penelitian terapan dapat menyelesaikan persoalan dalam kehidupan. Seperti halnya penelitian ini masalah yang akan diselesaikan yaitu penentuan jalur yang paling optimal yang akan dilalui tim SAR menggunakan kendaraan darat seperti mobil dan truk dalam proses evakuasi dan juga penyaluran bantuan berupa sembako, obat-obatan dan kebutuhan pokok lainnya yang diperlukan oleh pengungsi. Untuk memecahkan masalah tersebut digunakanlah suatu teori yaitu Algoritma Ant Colony Optimization (ACO). Jenis data pada penelitian ini adalah data primer, yang mana data didapatkan dan diolah sendiri oleh peneliti dengan bantuan Google Map berupa jarak antar titik yang akan dilalui.

Berikut merupakan teknis analisis data pada penelitian ini :

1. Menentukan sampel titik *shelter* lalu menggambarkan ke dalam bentuk graf.
2. Menentukan jarak tempuh antar titik *shelter* dengan menggunakan bantuan *Google Map*.
3. Menentukan rute terpendek menggunakan metode ACO

Metode ACO ini memerlukan inisialisasi setiap harga parameter-parameter algoritma α, β, ρ , banyak semut (k) serta *pheromone* awal yaitu $r_{ij} = 0,01$, kemudian mencari nilai visibilitas antara titik dengan rumus $\eta = \frac{1}{d_{ij}}$. Setelah visibilitas didapat kemudian tentukan rute

kunjungan setiap semut ke setiap titik dimulai dari titik awal masing-masing dan probabilitas setiap titik untuk dikunjungi berdasarkan persamaan (1) dan (2) sampai semua titik selesai dikunjungi. Sehingga diperoleh rute masing-masing semut dan menghitung panjang rute yang

dipilih, Setiap semut dilakukan pembaharuan perubahan jejak *pheromone*. Jika belum konvergen maka dilakukan pengosongan tabu list dan ulangi langkah 1 yaitu inialisasi parameter serta feromone awal.

Pada penelitian ini data yang diambil berupa jarak antar shelter yang diperoleh dari Google Maps. Perjalanan dimulai dari titik awal yaitu Kantor Pencarian dan Pertolongan Padang menuju 10 shelter yang ada di kota Padang [16].

Shelter yang Ada di Kota Padang sebagai berikut :

A : Kantor Pencarian dan Pertolongan Padang

B : Shelter Darussalam

C : Shelter Nurul Haq

D : Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Padang

E : Shelter TES Padang Wisma Indah Ulak Karang

F : SD N 15 Lolong

G : Sekolah Dasar Al Azhar 32 Padang

H : SMK N 5 Padang

I : SMP N 25 Padang

J : Bappeda Provinsi Sumatera Barat

K : Mesjid Raya Sumatera Barat

Jarak antar shelter tersebut dapat dilihat pada table sebagai berikut :

Tabel 1. Jarak Tempuh Antar Shelter

Jarak tempuh (km)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0	8,5	10	12	13	14	13	14	15	15	15
B	8,5	0	7	4,9	5,7	6,7	5,7	7	7,4	8,1	7,6
C	10	7	0	4,6	5,4	6,1	4,8	6,4	6,8	7,2	6,7
D	12	4,9	4,6	0	2,1	3,2	2,1	3,5	3,5	3,9	4
E	13	5,7	5,4	2,1	0	1,6	1,2	1,9	2,3	3,6	3,1
F	14	6,7	6,1	3,2	1,6	0	1,7	0,55	1	2,3	2,7
G	13	5,7	4,8	2,1	1,2	1,7	0	2,1	2,4	2,5	2
H	14	7	6,4	3,5	1,9	0,55	2,1	0	0,75	1,9	2,3
I	15	7,4	6,8	3,5	2,3	1	2,4	0,75	0	2,3	1,8
J	15	8,1	7,2	3,9	3,6	2,3	2,5	1,9	2,3	0	0,85
K	15	7,6	6,7	4	3,1	2,7	2	2,3	1,8	0,85	0

Selanjutnya akan ditentukan rute tercepat menggunakan algoritma Ant Colony Optimization (ACO) adalah inialisasi parameter dengan nilai $\alpha = 1$ dan $\beta = 1$. Tetapan penguapan pheromone (ρ) = $0 < \rho < 1$. Pheromone awal yang digunakan yaitu sebesar 0,1 dengan jumlah semut atau $NC_{maks} = 11$. Setelah parameter ditentukan, maka diperoleh nilai visibilitas antar titik tujuan yang kemudian ditentukan probabilitas kunjungan setiap semut menggunakan rumus :

$$p_{ij}^k = \frac{[r_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum [r_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}$$

$$p_{ij}^k = 0, \text{ untuk } j \text{ lainnya}$$

Dari nilai probabilitas ini dibangkitkan bilangan random dan diperoleh titik tujuan selanjutnya

Tabel 2. Titik Tujuan

Asal	Bilangan Random	Tujuan
B	0,060	G
C	0,80	I
D	0,53	G
E	0,66	H
F	0,20	E
G	0,85	J
H	0,29	D
I	0,65	H
J	0,75	I
K	0,26	J

Langkah di atas diulangi hingga semua objek dikunjungi.

Langkah selanjutnya yaitu dilakukan perhitungan panjang rute dari setiap siklus yang dilalui semut. Sehingga diperoleh tabel sebagai berikut :

Tabel 3. Rute Perjalanan Semut Waktu Tempuh dan Perubahan Pheromone

Semut	Tabu List	Panjang Rute (km)	Waktu Tempuh	Δr^k_{ij}
k_1	A→B→G→H→F→I→E→J→D→K→C→A	48,95	1 jam 42 menit	0,0204
k_2	A→C→I→J→G→F→H→E→D→K→B→A	47,95	1 jam 43 menit	0,0209
k_3	A→D→G→H→F→I→J→E→C→B→K→A	58,65	1 jam 56 menit	0,0171
k_4	A→E→H→G→I→F→D→J→K→C→B→A	51,15	1 jam 46 menit	0,0196
k_5	A→F→E→G→H→D→I→C→K→B→J→A	70,1	2 jam 8 menit	0,0143
k_6	A→G→J→I→H→K→F→E→D→C→B→A	47,35	1 jam 37 menit	0,0211
k_7	A→H→D→G→F→I→E→J→C→K→B→A	58,2	2 jam 1 menit	0,0172
k_8	A→I→H→G→F→J→K→E→D→C→B→A	48	1 jam 42 menit	0,0208
k_9	A→J→I→K→G→H→F→E→D→C→B→A	47,55	1 jam 38 menit	0,0210
k_{10}	A→K→J→E→F→D→G→H→I→B→C→A	50	1 jam 51 menit	0,0200

Berdasarkan hasil diatas, maka diperoleh hasil perhitungan manual Algoritma Ant Colony Optimizatiom (ACO) dalam menyelesaikan rute tercepat yang harus dialahi tim SAR menggunakan kendaraan darat seperti mobil atau truk dalam proses evakuasi korban bencana dan penyaluran bantuan berupa sembako, obat-obatan dan keperluan lainnya yang dibutuhkan oleh pengungsi. Tim SAR berjalan dari titik awal dan berakhir di Kantor Pencarian dan Pertolongan Padang. Titik tujuan yang akan dilalui oleh tim SAR ini yaitu ke semua shelter yang ada di kota Padang. Shelter tersebut berupa gedung-gedung tinggi atau bertingkat. Sebelum ke lokasi bencana, tim SAR terlebih dahulu melihat situasi dan kondisi lokasi bencana menggunakan dron atau kamera pemantau, dari situlah tim SAR akan bergerak dari titik awal menuju shelter menggunakan kendaran darat seperti mobil dan truk. Kapasitas kendaraan pun sudah disesuaikan oleh tim SAR sebelum ke lokasi dan tidak mungkin kendaraan akan penuh karena kendaraan yang digunakan tim SAR ini tidak hanya satu. Jadi rute tercepat menuju ke

setiap shelter yaitu $A \rightarrow G \rightarrow J \rightarrow I \rightarrow H \rightarrow K \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ panjang rute sebesar 47,35 km dengan waktu tempuh 1 jam 37 menit dengan jumlah feromone yang ditambahkan sebesar $\Delta r_{ij}^k = 0,0211$.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan sebagai berikut :

Dalam pengimplementasian algoritma Ant Colony Optimization pada pencarian rute tercepat evakuasi bencana tsunami dan penyaluran bantuan berupa sembako, obat-obatan dan kebutuhan pokok lainnya oleh TIM SAR menggunakan kendaraan darat seperti mobil atau truk di kota Padang dapat digunakan algoritma semut ini, dimana algoritma tersebut diperoleh dari perilaku semut dalam menuju ke sumber makanannya yang memilih rute tercepat sehingga diperoleh rute tercepat siklus pertama yaitu adalah di mulai dari Kantor Pencarian dan Pertolongan Padang (A), Sekolah Dasar Al Azhar 32 Padang (G), Bappeda Provinsi Sumatera Barat (J), SMP N 25 Padang (I), SMK N 5 Padang (H), Mesjid Raya Sumatera Barat (K), SD N 15 Lolong (F), Shelter TES Padang Wisma Indah Ulak Karang (E), Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Padang (D), Shelter Nurul Haq (C), Shelter Darussalam (B) dan kembali lagi ke Kantor Pencarian dan Pertolongan Padang (A) dengan jarak 47,35 km dengan waktu tempuh 1 jam 37 menit.

Daftar Pustaka

- [1] N. W. Sari, S. Sulandari, and D. Lituhayu, "Mitigasi Gempa dan Tsunami di Kota Padang," *J. Public Policy Manag. Rev.*, vol. 3, no. 2, pp. 191–201, 2014, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jppmr/article/view/5127>
- [2] W. Setyonegoro, M. Climatological, and G. Agency, "Gempabumi padang 30 september 2009 dan potensi tsunaminya," no. SEPTEMBER 2009, 2016.
- [3] M. Dorigo and K. Socha, "Ant colony optimization," *Handb. Approx. Algorithms Metaheuristics*, pp. 26-1-26–14, 2007, doi: 10.1201/9781420010749.
- [4] N. Wayan, P. Septiani, D. R. Wardhani, N. Kustian, and A. Fitriansyah, "PENERAPAN ALGORITMA SEMUT UNTUK MENENTUKAN JALUR TERPENDEK," 2017.
- [5] R. Sidik, M. Fitriawati, S. Mauluddin, and A. Nursikuwagus, "Model Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (Aco) Untuk Optimasi Sistem Informasi Penjadwalan Kuliah," *J. Teknol. dan Inf.*, vol. 8, no. 2, 2018, doi: 10.34010/jati.v8i2.1257.
- [6] Alamsyah, "Pemanfaatan Metode Heuristik Dalam Pencarian Minimum Spanning Tree Dengan Algoritma Semut," Mektek, 2010.
- [7] Y. S. Tyas and W. Prijodiprodjo, "Aplikasi Pencarian Rute Terbaik dengan Metode Ant Colony Optimazation (ACO)," vol. 7, no. 1, pp. 55–64, 2013.
- A. Adeputra, "Pemanfaatan Algoritma Semut untuk Penyelesaian Masalah Pewarnaan Graf," no. 10.
- [8] R. Y. C. Sianturi, B. Rahayudi, and A. W. Widodo, "Implementasi Algoritma Ant Colony Optimization untuk Optimasi Rute Distribusi Produk Kebutuhan Pokok dari Toko Sasana Bonafide Mojoroto ," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 7, pp. 3190–3197, 2021.
- [9] johan reimon Batmetan, "Algoritma Ant Colony Optimization untuk Menyelesaikan TSP," *J. Teknol. Informasi-Aiti*, pp. 31–48, 2009.
- [10] N. Ketut, D. A. Jayanti, N. M. Dewi, and K. Putri, "Penerapan Algoritma Ant Colony System (Acs) Pada Optimasi Penentuan Lot Parkir," *Semin. Nas. Inform.*, pp. 327–332, 2015.
- [11] Buhaerah, Z. Busrah, and H. Sanjaya, *Teori Graf dan Aplikasinya*. 2019.
- [12] R. Ulya, Mulyono, and A. Suyitno, "Menentukan Aliran Maksimum dengan Algoritma Ford- Fulkerson dan Preflow-Push," *Unnes J. Math.*, vol. 2, no. 2, pp. 99–103, 2013.
- [13] B. Sukoco, "Penentuan Rute Optimal Berdasarkan Waktu Tempuh Tercepat (Studi Kasus : Kota Surakarta) Skripsi," 2010.
- [14] universitas mercu Buana, "Nama dokumen (Document Name) : Penelitian Terapan (Applied Research)," p. 11, 2019, [Online]. Available: http://puslit.mercubuana.ac.id/wp-content/uploads/2019/09/Penelitian-Terapan_.pdf

- [15] H. P. Rahayu and J. Anita, “Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (Tes) Tsunami,” pp. 1–135, 2013, [Online]. Available: https://perpustakaan.bnppb.go.id/bulian/index.php?p=show_detail&id=1903