



Aplikasi Algoritma Semut Pada Penentuan Rute Terpendek Sistem Pengangkutan Sampah Kota Makassar

Nur Ahniyanti Rasyid^{1*}, Dhian Eka Wijaya²

¹ Prodi Ilmu Aktuaria, Fakultas Sains, Universitas Muhammadiyah Bulukumba, Bulukumba 92511, Indonesia

² Prodi Analis Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jambi 36129, Indonesia

* Nur Ahniyanti Rasyid. Email: nurahniyantirasyid@umbulukumba.ac.id

ABSTRAK

Pengelolaan sampah merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi oleh Kota Makassar sehingga diperlukan sistem yang efektif dan efisien untuk pengangkutan sampah yang lebih teratur pada setiap TPA. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem pengangkutan sampah di Kota Makassar melalui penentuan rute terpendek. Metode penelitian dilakukan dengan mengambil 8 titik TPA dan menentukan rute terpendek yang optimal menggunakan algoritma semut. Algoritma semut adalah algoritma yang diadopsi dari perilaku koloni semut. Penerapan algoritma semut menunjukkan hasil berupa rute terpendek optimal dengan panjang rute sebesar 40,2 km dengan rute $V5 \rightarrow V1 \rightarrow V4 \rightarrow V7 \rightarrow V6 \rightarrow V2 \rightarrow V8 \rightarrow V5$. Perhitungan tersebut berdasarkan penggunaan satu titik awal, dimana titik awal tersebut merupakan pusat dari penentuan rute ke berbagai TPA.

Kata Kunci:

Rute Terpendek; Algoritma Semut; TPA

ABSTRACT

Waste management is one of the problems faced by the City of Makassar, so an effective and efficient system is needed for more regular waste transportation at each TPA. This study aims to optimize the waste transportation system in Makassar City by determining the shortest route. The research method was carried out by taking 8 TPA points and determining the optimal shortest route using the ant algorithm. The ant algorithm is an algorithm adopted from the behavior of ant colonies. The application of the ant algorithm shows the result in the form of the optimal shortest route with a route length of 40.2 km with the route $V5 \rightarrow V1 \rightarrow V4 \rightarrow V7 \rightarrow V6 \rightarrow V2 \rightarrow V8 \rightarrow V5$. The calculation is based on the use of one starting point, where the starting point is the center of route determination to various landfills.

Keywords:

Shortest Route; Ant Algorithm; landfill

1. Pendahuluan

Pengelolaan sampah adalah permasalahan yang selalu dihadapi oleh kota berkembang salah satunya adalah kota Makassar yang berupaya meningkatkan pelayanan publik di bidang pengelolaan sampah, khususnya pengangkutan sampah. Untuk itu diperlukan sistem yang efektif dan efisien untuk pengangkutan sampah yang lebih teratur pada setiap Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh penumpukan sampah tersebut.

Salah satu bidang ilmu yang sering digunakan dalam pemecahan masalah adalah matematika. Dalam matematika terdapat kajian ilmu yang sangat erat dengan pemecahan masalah yaitu matematika terapan. Matematika terapan dapat dimanfaatkan dalam menyelesaikan berbagai masalah, salah satunya masalah optimasi [4]. Salah satu masalah optimasi adalah penentuan rute terpendek. Penentuan rute terpendek dapat dilakukan dengan menggunakan metode heuristik yang lebih variatif dan dengan waktu perhitungan yang lebih singkat yaitu dengan Algoritma Semut [5].

Penelitian terkait algoritma semut sudah pernah dilakukan diantaranya oleh [1]. Pada penelitiannya, diperoleh bahwa pada pencarian jalur pipa pengolahan air bersih dengan menggunakan algoritma semut pada satuan kerja pengembangan kinerja pengolahan air minum di Kepulauan Riau adalah diperolehnya jalur terpendek antara dua siklus A dan N dimana pipa hanya melewati jalur terpendek pada rute 3 ($V1 \rightarrow V2 \rightarrow V3 \rightarrow V6 \rightarrow V7 \rightarrow V8$) dengan panjang pipa 441 meter. Sementara itu, pada penelitian yang dilakukan oleh [2], diperoleh bahwa Algoritma *Ant Colony Optimization* yang selama ini digunakan dapat digunakan untuk mencari rute terpendek dalam pencarian lokasi wisata.

Metode algoritma semut terinspirasi oleh perilaku semut dalam menemukan jalur dari koloninya menuju makanan. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan [3]. Berdasarkan prinsip algoritma yang diilhami dari perilaku koloni semut dalam menemukan jarak rute paling pendek, algoritma semut sangat tepat diterapkan dalam penyelesaian optimasi, salah satunya adalah untuk menentukan rute terpendek pada sistem pengangkutan sampah.

2. Metode atau Model

Dalam menghitung penentuan rute terpendek sistem pembuangan sampah di kota Makassar menggunakan algoritma semut dibutuhkan beberapa parameter dan langkah-langkah sebagai berikut:

Langkah 1.

- a. Inisialisasi harga parameter-parameter algoritma yaitu:
 1. Intensitas jejak semut antar TPA dan perubahannya (τ_{ij})
 2. Banyak TPA (n) termasuk x dan y (koordinat) atau d_{ij} (jarak antar TPA)
 3. Penentuan TPA berangkat dan TPA tujuan
 4. Tetapan siklus-semut (Q)
 5. Tetapan pengendali intensitas jejak semut (a), nilai $a \geq 0$
 6. Tetapan pengendali visibilitas (β) nilai $\beta \geq 0$
 7. Visibilitas antar TPA ($\eta_{ij} = 1/d_{ij}$)
 8. Jumlah semut (k)
 9. Tetapan penguapan jejak semut (ρ), dimana $0 < \rho \leq 1$
 10. Jumlah Siklus Maksimum (NCmax)
- b. Inisialisasi TPA pertama setiap semut. Setelah inisialisasi τ_{ij} dilakukan, kemudian m semut ditempatkan pada TPA pertama yang telah ditentukan.

Langkah 2.

Pengisian TPA pertama ke dalam *tabu list*. Hasil inisialisasi TPA pertama semut pada

langkah 1 harus diisikan sebagai elemen pertama *tabu list*. Hasil dari langkah ini adalah terisinya elemen pertama *tabu list* setiap semut dengan indeks TPA pertama.

Langkah 3.

Penyusunan jalur kunjungan setiap semut ke setiap TPA. Koloni semut yang sudah terdistribusi ke TPA pertama akan mulai melakukan perjalanan dari TPA pertama sebagai TPA asal dan salah satu TPA-TPA lainnya sebagai TPA tujuan. Kemudian dari TPA kedua, masing masing koloni semut akan melanjutkan perjalanan dengan memilih salah satu dari TPA-TPA yang tidak terdapat pada daftar sebagai TPA tujuan selanjutnya. Perjalanan koloni semut berlangsung terus menerus hingga mencapai TPA yang telah ditentukan. Untuk menentukan TPA tujuan digunakan persamaan probabilitas TPA untuk dikunjungi sebagai berikut,

$$P_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k' \in \{N - tabu_k\}} [\tau_{ik'}]^\alpha [\eta_{ik'}]^\beta} \text{ untuk } j \in \{N - tabu_k\} \quad (1)$$

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

Langkah 4.

Perhitungan panjang jalur tertutup (Length Closed Tour) atau L_k setiap semut dilakukan setelah satu siklus diselesaikan oleh semua semut. Perhitungan dilakukan berdasarkan daftar masing masing semut. Setelah L_k setiap semut dihitung, akan diperoleh harga minimal panjang jalur tertutup setiap siklus. Kemudian akan dihitung perbaikan jejak feromon atau perubahan harga intensitas feromon antar TPA. Persamaan perubahan ini adalah:

$$\Delta\tau_{ij,k}(t) = \frac{1}{L_k(t)}, \text{ jika } (i, j) \in T_k(t) \quad (2)$$

Langkah 5.

Perhitungan harga intensitas jejak kaki semut antar kota untuk siklus selanjutnya. Harga intensitas feromon antar kota pada semua lintasan antar kota ada kemungkinan berubah karna adanya penguapan dan perbedaan jumlah semut yang melewati. Selanjutnya nilai feromon dihitung dengan persamaan:

$$\tau_{ij,(baru)} \leftarrow (1 - p)\tau_{ij} + \Delta\tau_{ij,k}(t) \quad (3)$$

Setelah itu menggunakan rute terpendek sementara untuk siklus pertama sebagai rute terbaik.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, peneliti memilih 8 titik-titik lokasi dari data TPA di Kota Makassar khususnya daerah pelayanan TPA Tamalanrea. Setiap titik mewakili tempat dan disimbolkan dengan V, dimana V1 sebagai titik awal. Berdasarkan data yang didapatkan, maka dapat disusun jarak tempuh (km) dari masing-masing titik dengan menggunakan rumus:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i + x_j)^2 + (y_i + y_j)^2} \quad (4)$$

Dimana d_{ij} merupakan jarak tempuh antar titik, sedangkan x dan y adalah koordinat dari TPA.

Adapun hasil perhitungan jarak tempuh dari masing-masing titik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jarak tempuh masing-masing titik

Titik lokasi (km)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
V1	0	11,6	9,7	11,6	11,7	9,1	12	11,4
V2	11,6	0	6,4	9,8	6,2	7,2	13,7	9,1
V3	9,7	6,4	0	11,7	8,9	9,6	12,11	11,1
V4	11,6	9,8	11,7	0	14,7	6,6	15,3	3,4
V5	11,7	6,2	8,9	14,7	0	13,1	4,2	14,3
V6	9,1	7,2	9,6	6,6	13,1	0	12,4	5,7
V7	12	13,7	12,11	15,3	4,2	12,4	0	11
V8	11,4	9,1	11,1	3,4	14,3	5,7	11	0

Berdasarkan hasil pada Tabel 1, maka dapat ditentukan rute terpendek (optimal) dengan menggunakan Algoritma Greedy yaitu V1→V4→V3→V2→V6→V8 dengan perhitungan jarak minimal yaitu:

$$\text{Jarak minimal } C_{\text{greedy}} = 11,6 + 11,7 + 6,4 + 7,2 + 5,7 = 42,6.$$

Dari perhitungan jarak minimal Greedy diperoleh feromon awal yaitu:

$$\tau_{ij} = \tau_0 = \frac{k}{C_{\text{greedy}}} = \frac{8}{42,6} = 0,1877$$

Selanjutnya akan dihitung nilai visibilitas antara titik dengan menggunakan rumus:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}, \quad (4)$$

dimana d_{ij} adalah jarak antar titik yang telah diketahui.

Sehingga diperoleh:

$$\eta_{12} = \frac{1}{11,6} = 0,086$$

$$\eta_{13} = \frac{1}{9,7} = 0,103$$

$$\eta_{14} = \frac{1}{11,6} = 0,086$$

Dengan cara yang sama diperoleh nilai visibilitas antara titik pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Visibilitas antara titik

Titik lokasi (km)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
V1	0	0,086	0,103	0,086	0,085	0,109	0,083	0,087
V2	0,086	0	0,156	0,102	0,161	0,138	0,073	0,109
V3	0,103	0,156	0	0,085	0,112	0,104	0,082	0,090
V4	0,086	0,102	0,085	0	0,068	0,15	0,065	0,294
V5	0,085	0,161	0,112	0,068	0	0,076	0,238	0,069
V6	0,109	0,138	0,104	0,15	0,076	0	0,08	0,175
V7	0,083	0,073	0,082	0,065	0,238	0,08	0	0,09
V8	0,087	0,109	0,090	0,294	0,069	0,175	0,09	0

Tabel 2 menunjukkan nilai visibilitas antara titik. Selanjutnya menyusun rute perjalanan semut kesetiap titik lokasi. Semut yang terdistribusi kesemua titik akan melakukan perjalanan dari titik pertama masing-masing sebagai titik asal dan titik lain sebagai titik tujuan. Setelah itu semut melakukan perjalanan secara acak dengan pertimbangan tidak pernah di lalui sebelumnya. Perjalanan semut berlangsung terus menerus sampai semua titik telah dikunjungi dan membentuk suatu jalur. Selanjutnya akan dihitung probabilitas semua siklus untuk mendapatkan rute perjalanan yang dilakukan oleh semut. Adapun rute perjalanan yang ditempuh oleh semut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rute perjalanan semut dan penambahan jumlah feromon

Semut	Tabu List	Panjang (km)	$\Delta\tau_{ij,k}$
k_1	V1→V5→V3→V2→V4→V7→V8→V6→V1	59,2	0,0125
k_2	V2→V4→V3→V6→V7→V5→V8→V1→V2	68,8	0,0254
k_3	V3→V4→V7→V1→V5→V2→V6→V8→V3	72,5	0,0392
k_4	V4→V5→V3→V2→V7→V1→V6→V8→V4	70,4	0,0584
k_5	V5→V1→V4→V7→V6→V2→V8→V3→V5	40,2	0,0642
k_6	V6→V7→V2→V5→V1→V8→V4→V3→V6	57,3	0,0249
k_7	V7→V8→V3→V2→V5→V4→V1→V6→V7	40,9	0,0561
k_8	V8→V2→V4→V3→V5→V1→V6→V7→V8	63,1	0,0713

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh rute terbaik yaitu rute yang ditempuh oleh semut k_5 dengan panjang rute sebesar 40,2 km dengan rute V5→V1→V4→V7→V6→V2→V8→V5. Setelah informasi mengenai rute terbaik diperoleh, maka pembaharuan feromon dapat dilakukan dengan jumlah pheromon yang baru-baru ditambahkan sebesar $\Delta\tau_{ij,k} = 0.0642$. Adapun hasil yang diperoleh sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [2] yang mengatakan bahwa Algoritma *Ant Colony Optimization* dapat digunakan untuk mencari rute terpendek dan sebagai salah satu solusi dalam penyelesaian optimasi.

4. Kesimpulan

Pada optimasi sistem pengangkutan sampah dengan algoritma semut mampu menghasilkan rute optimal yaitu rute terpendek dengan panjang 40,2 km. Diharapkan pada pengembangan penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode heuristik yang lebih variatif dan berkembang dari algoritma semut khususnya dalam menyelesaikan masalah sistem pengangkutan sampah.

Referensi

- [1] A.P Windarto and Sudirman, "Penerapan Algoritma Semut dalam Penentuan Distribusi Jalur Pipa Pengolahan Air Bersih," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis.*, vol. 8, iss. 2, pp. 123-132, 2018, doi: 10.21456.
- [2] D. Udjulawa dan S. Oktarina, "Penerapan Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Pencarian Rute Terpendek Lokasi Wisata (Studi Kasus Wisata di Kota Palembang)," *Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 1, 2022, EISSN:2774-6151.
- [3] I. Mutakhirah, Indrato and T. Hidayat T, "Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Algoritma Semut", in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, ISSN: 1907-5022. Yogyakarta, 2007.
- [4] M. Dorigo and T. Stutzle, " *Ant Colony Optimization*", A Bradford book., The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England, 2004.
- [5] Nurwan, Ahmad N, & Hasan Z., "Optimasi Rute Armada Kebersihan Kota Gorontalo Menggunakan *Ant Colony Optimization*", *Jurnal media Informatika*, Gorontalo, 2011.