



PENERAPAN BAT ALGORITHM DALAM PENYELSAIAN KASUS TRAVELLING SALESMAN PROBLEM (TSP) PADA INTERNSHIP PROGRAM

Veri Julianto¹⁾, Hendrik Setyo Utomo²⁾, Muhammad Rusyadi Arrahimi³⁾

^{1,2,3} Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Tanah Laut

email: ¹ veri@politala.ac.id, ² hendrik.tomo@politala.ac.id, ³ ahmadrusadi@politala.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 02 November 2021
Revised : 30 December 2021
Accepted : 30 December 2021
Published : 31 December 2021

Keywords:

Bat Algorithm
Optimization
TSP
Metaheuristic
Permutation

IEEE style in citing this article:

V. Julianto, H. S. Utomo, and M. R. Arrahimi, "Penerapan Bat Algorithm Dalam Penyelsaian Kasus Travelling Salesman Problem (TSP) Pada Internship Program", *Jurnal.ilmiah.informatika*, vol. 6, no. 2, pp. 111-116, Dec. 2021.

ABSTRACT

This optimization is an optimization case that organizes all possible and feasible solutions in discrete form. One form of combinatorial optimization that can be used as material in testing a method is the *Traveling Salesman Problem (TSP)*. In this study, the bat algorithm will be used to find the optimum value in TSP. Utilization of the Metaheuristic Algorithm through the concept of the Bat Algorithm is able to provide optimal results in searching for the shortest distance in the case of TSP. Based on trials conducted using data on the location of student street vendors, the Bat Algorithm is able to obtain the global minimum or the shortest distance when compared to the *nearest neighbor method*, *Hungarian method*, *branch and bound method*.

© 2021 Jurnal Ilmiah Informatika (Scientific Informatics Journal) with CC BY NC licence

1. PENDAHULUAN

Secara matematis teori optimasi yang berkembang berdasarkan matematis terbagi menjadi tiga metode yaitu metode klasik, algoritma evolusioner dan metode *hybrid*. Salah satu bentuk konsep optimasi yang berkembang yaitu optimasi kombinatorial. Optimasi ini merupakan kasus optimasi yang mengatur semua

solusi yang mungkin dan layak dalam bentuk diskrit.

Salah satu bentuk optimasi kombinatorial yang dapat dijadikan sebagai bahan dalam menguji suatu metode yaitu *Travelling Salesman Problem (TSP)*. Adapun proses optimisasi pada TSP yaitu menemukan rute perjalanan seorang salesman yang dimulai dari satu lokasi awal ke beberapa lokasi yang telah

ditentukan, setelah itu kembali ke lokasi asal sedemikian rupa sehingga jarak total yang ditempuh minimum dan setiap kota dikunjungi tepat satu kali. Tujuan yang diharapkan adalah menentukan panjang sirkuit terbaik dengan jarak total atau biaya yang paling minimum [1].

Salah satu metode yang digunakan untuk menyelesaikan TSP yaitu dengan menggunakan konsep pendekatan melalui metaheuristik. Algoritma ini dapat diklasifikasikan ke dalam empat kategori: pencarian local (*local search*), kecerdasan swarm (*swarm intelligence*), evolusioner, dan algoritma hibrida [2]. Pada penelitian [1] menerapkan konsep evolusioner dengan menggunakan algoritma genetika dalam menyelesaikan TSP melalui proses pengujian yang menggunakan *order crossover* dan *inversion mutation* dilakukan pengulangan proses sebanyak 8 kali. Pada penelitian lain TSP berhasil diselesaikan dengan mengkombinasi algoritma Firefly Algorithm-Tabu Search pada berbagai dataset yang disediakan [3]. Algoritma PSO juga berhasil dimodifikasi untuk menyelesaikan TSP melalui konsep diskrit [4]. Algoritma diskrit penyerbukan bunga (*Discrete Flower Pollination Algorithm*) dalam menyelesaikan permasalahan simetrik TSP juga telah berhasil diaplikasikan [5]. Berdasarkan hal tersebut maka sudah banyak algoritma metaheuristik yang sudah digunakan dalam optimasi TSP.

Salah satu metode yang akan diterapkan pada penelitian ini adalah *Bat Algorithm* (Algoritma Kelelawar) sebagai metode *metaheuristik* yang berdasarkan konsep *bio-inspired* dan diciptakan oleh Xin-She Yang. Metode ini diinspirasi dari tingkah laku terbang kelelawar dalam menemukan mangsa dan menghindari rintangan. Algoritma kelelawar sangat bagus dalam menyelesaikan permasalahan kontinyu dan diskrit [6]. Pada penelitian sebelumnya algoritma kelelawar ini

digunakan oleh [6] dalam menyelesaikan permasalahan multiobjektif dengan menggabungkannya dengan konsep evolusi. Pada [7] berhasil menggabungkan metode ini dengan memperbaiki pada proses eksploitasi dengan menggunakan *Levy Flight Trajectory*. Akan tetapi metode *hybrid* ini belum diterapkan dalam mengoptimasi permasalahan diskrit yaitu TSP.

Pada penelitian ini akan menggunakan algoritma kelelawar yang digunakan untuk mencari nilai optimum dalam TSP. TSP yang digunakan dengan menggunakan prinsip ATSP (*Asymmetric Traveling Salesman Problem*). Algoritma kelelawar akan dibandingkan dengan beberapa metode lain yang juga pernah digunakan sebagai penyelesaian TSP. Pada kasus ini akan menggunakan beberapa kota atau perusahaan tempat mahasiswa Politeknik Negeri Tanah Laut yang melakukan *internship program*.

2. KAJIAN LITERATUR DAN PEGEMBANGAN HIPOTESIS

Konsep dasar pengembangan Algoritma Kelelawar yaitu:

- Semua kelelawar menggunakan kemampuan ekolokasi untuk mengetahui jarak, mereka juga dapat membedakan antara mangsa dan benda-benda di sekitar mereka
- Kelelawar terbang secara acak dengan kecepatan v_i dan dengan posisi x_i dengan frekuensi tetap f_{min} , dengan variasi panjang gelombang λ dan kenyaringan A_0 saat mencari mangsa.
- Mereka secara otomatis dapat menyesuaikan panjang gelombang dari sinyal yang mereka pancarkan dan menyesuaikan tingkat sinyal $r \in [0,1]$, dan tergantung pada target mereka.
- Tingkat kekerasan suara diasumsikan bervariasi dari A_{min} hingga A_0 .

Dalam jurnal yang ditulis oleh Yang (2010) membahas mengenai pergerakan

kelelawar dalam menghasilkan sebuah algoritma sehingga dapat dijadikan sebagai metode pencarian solusi suatu fungsi objektif. Pada jurnal tersebut dikatakan bahwa kelelawar terbang dengan kecepatan \mathbf{v}_i pada posisi \mathbf{x}_i di ruang pencarian pada dimensi d . Posisi (\mathbf{x}_i^t) dan kecepatan (\mathbf{v}_i^t) yang baru pada waktu t diberikan oleh :

$$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min})\beta, \quad (1)$$

$$\mathbf{v}_i^t = \mathbf{v}_i^{t-1} + (\mathbf{x}_i^t - \mathbf{x}_*)f_i, \quad (2)$$

$$\mathbf{x}_i^t = \mathbf{x}_i^{t-1} + \mathbf{v}_i^t, \quad (3)$$

dengan $\beta \in [0,1]$ merupakan vektor acak dari distribusi uniform dan \mathbf{x}_* merupakan solusi global terbaik yang diperoleh dengan membandingkan dengan seluruh solusi diantara n kelelawar.

Dalam pencarian lokal, setiap satu solusi didapatkan diantara solusi terbaik saat itu. Solusi yang baru untuk setiap kelelawar dibangkitkan secara lokal menggunakan *random walk*.

$$\mathbf{x}_{baru} = \mathbf{x}_{lama} + \epsilon A^t, \quad (4)$$

Dengan $\epsilon \in [-1,1]$ merupakan suatu bilangan acak dan $A^t = \langle A_i^t \rangle$ adalah rata-rata dari tingkat Kekerasan suara dari seluruh kelelawar pada waktu t . Pada penelitian ini *random walk* yaitu sebagai berikut :

$$\mathbf{x}_{baru} = \mathbf{x}_{lama} + c \cdot rand \cdot (\mathbf{x}_* - \mathbf{x}_{lama}) \quad (5)$$

Dengan \mathbf{x}_* adalah \mathbf{x} terbaik sekarang untuk kelelawar ke- i dan nilai c adalah konstanta positif. Sedangkan $rand \in [0,1]$ merupakan bilangan acak.

Tingkat kekerasan A_i dan laju emisi gelombang suara r_i harus diperbaharui di setiap iterasi. Tingkat kekerasan suara biasanya menurun seiring kelelawar menemukan mangsanya sementara laju emisi gelombang suara meningkat. A dapat bervariasi dari $A_0 = 1$ hingga $A_{min} = 0$. Untuk setiap iterasi, maka A_i dan r_i diperbaharui dengan formula berikut :

$$\begin{aligned} A_i^{t+1} &= \alpha A_i^t, \quad r_i^{t+1} \\ &= r_i^0 [1 - \exp(-\gamma t)], \end{aligned} \quad (6)$$

dengan $0 < \alpha < 1$ dan $\gamma > 0$. untuk $t \rightarrow \infty$ kita perhatikan bahwa :

$$A_i^t \rightarrow 0, \quad \text{dan} \quad r_i^t \rightarrow r_i^0.$$

3. METODE PENELITIAN

TSP merupakan salah satu permasalahan optimasi kombinatorial. Permasalahan matematika tentang TSP dikemukakan pada tahun 1800 oleh matematikawan Irlandia, Willian Rowan Hamilton dan matematikawan Inggris Thomas Penyngton. TSP merupakan sekumpulan kota dan biaya perjalanan (atau jarak) yang diberikan antar masing-masing pasangan kota yang digunakan untuk menemukan jalan terbaik kunjungan ke semua kota dan kembali ke titik awal dalam upaya meminimalkan biaya atau jarak perjalanan.

Apa yang dilakukan dalam TSP adalah membentuk sebuah *tour*. Operator yang bisa digunakan untuk masalah TSP adalah pencarian urutan semua lokasi untuk memilih lokasi yang belum pernah terpilih satu demi satu sehingga dihasilkan satu rute kunjungan yang lengkap dari lokasi awal kemudian mengunjungi semua lokasi yang lain tepat satu kali dan akhirnya kembali ke lokasi awal. Sehingga dengan definisi tersebut dapat dikatakan bahwa konsep permasalahan TSP memiliki aturan sebagai berikut:

- Harus mengunjungi setiap kota tepat satu kali, tidak boleh kurang ataupun lebih.
- Semua kota harus dikunjungi dalam satu kali perjalanan (*tour*).
- Dimulai dan diakhiri pada kota yang sama.

TSP dapat dimodelkan sebagai graf terhubung lengkap dalam dimensi D ruang euclidian, terdiri dari titik dari graf tersebut, sisi graf dan jarak/bobot graf

tersebut. Dalam matematika dapat di definisikan sebagai himpunan sebuah kota sejumlah n yang didefinisikan sebagai $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$. Permutasi dari kota ini didefinisikan $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n$, dimana $\pi_i = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$. Sehingga untuk meminimalkan $f(\pi)$ penjumlahan seluruh jarak euclidian d antara setiap kota di seperti berikut :

$$f(\pi) = \sum_{i=1}^{n-1} d_{\pi(i)\pi(i+1)} + d_{\pi(n)\pi(1)} \quad (7)$$

Rumus jarak Euclidian d , antara dua kota dengan koordinat (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) yaitu :

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (8)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap pembahasan artikel ini akan menggunakan kasus data yaitu letak perusahaan yang akan dilakukan

monitoring pada sistem Praktek Kerja Lapangan di Politeknik Negeri Tanah Laut. Kota yang akan diambil yaitu sebanyak 8 perusahaan maka akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan Algoritma Kelelawar dalam menentukan rute optimumnya.

Sebanyak 8 perusahaan itu diantaranya yaitu:

- 1 = Politeknik Negeri Tanah Laut
- 2 = CV Boston
- 3 = PT. Astra Isuzu
- 4 = BPS Kalimantan Selatan
- 5 = PT. Indofood Sukses Makmur
- 6 = PT. Taspen
- 7 = Air Nav Indonesia
- 8 = PT. Sumber Alfaria Trijaya, Tbk

Jarak dalam satuan kilometer antara perusahaan satu dengan perusahaan yang lain digambarkan dengan matrik jarak yaitu:

Tabel 1. Matrik Ketetanggaan

0	47	43	49	24	58	44	26
47	0	17	6	23	44	5	21
43	17	0	16	17	15	9	19
49	6	16	0	21	32	8	18
24	23	17	21	0	30	29	4
58	44	15	32	30	0	35	33
44	5	9	8	29	35	0	26
26	21	19	18	4	33	26	0

Penerapan algoritma kelelawar dalam menyelesaikan TSP yaitu dengan memberikan perubahan dengan melakukan modifikasi dalam proses iterasinya. Berikut ini adalah algoritma yang digunakan :

Algoritma 1: Pseudocode Improvisasi Algoritma Kelelawar

```

definisikan fungsi objektif  $f(x)$ ;
inisialisasi populasi kelelawar  $X = x_1, x_2, \dots, x_n$ ;
for setiap kelelawar  $x_i$  pada populasi do
  inisialisasi sinyal  $r_i$ , velocity  $v_i$  dan kekerasan  $A_i$ 
end

```

```

while (t < iterasi maksimum)
  for each bat  $x_i$  in the population do
    bangkitkan solusi baru;
    if (rand >  $r_i$ )
      pilih solusi diantara solusi terbaik ( $x'$ )
    end

    if rand >  $r_i$  then
      Pilih salah satu solusi terbaik;
      Bangkitkan kelelawar terbaru  $x''$ 
      Menggunakan nilai random tentukan uritan posisi
    if  $f(x'') < f(x')$  then
       $x_i = x''$ 
    end

    if rand <  $a_i$  and  $f(x_i) < f(x')$  then
      terima solusi baru;
      increase  $r_i$  and reduce  $A_i$ ;
    end
  end
end while

```

Dengan menggunakan algoritma *nearest neighbor method*, *Hungarian method*, *branch and bound method* didapatkan hasil yang sama dan hanya mampu menghasilkan rute yaitu sebagai berikut:

1 → 5 → 4 → 2 → 7 → 3 → 6 → 8 → 1

Dengan total jarak yaitu 139 km. Dengan menggunakan algoritma kelelawar maka didapatkan hasil yang mampu lepas dari local minimum yaitu di 139 dan mampu mendapatkan rute global minimum yaitu

1 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 4 → 8 → 1

Dengan total jarak yaitu 133 km. Berikut ini adalah rute yang dihasilkan algoritma kelelawar :

Politeknik Negeri Tanah Laut → PT. Indofood Sukses Makmur → PT. Taspen → PT. Astra Isuzu → Air Nav Indonesia → CV Boston → BPS Kalimantan Selatan → PT. Sumber Alfaria → Politeknik Negeri Tanah Laut.

Total rute = 24+30+15+9+5+6+18+26 =133.

Berdasarkan hasil percobaan didapatkan bahwa ruter terpendek dalam melakukan proses perjalanan monitoring atau kunjungan perusahaan PKL dimulai dari Politeknik Negeri Tanah Laut ke beberapa perusahaan dan kembali lagi ke Politeknik Negeri Tanah Laut yaitu sejauh 133 Km. dengan melalui beberapa kota yang sudah di tentukan.

Pada penelitian ini jumlah populasi yang digunakan oleh Algoritma Kelelawar dalam melakukan pencarian solusi yaitu sebesar 20 populasi. Dengan iterasi maksimum < 100 iterasi. Beberapa parameter pada natural Algoritma Kelelawar tidak digunakan seperti frekuensi. Pada kasus ini juga dilakukan perbandingan dengan pencarian TSP yaitu dengan menggunakan beberapa algoritma seperti *nearest neighbor method*, *Hungarian method*, *branch and bound method* didapatkan hasil yang kurang optimal jika dibandingkan dengan pencarian dengan menggunakan algoritma Kelawar.

Nilai Optimum untuk ketiga metode tersebut terjebak pada local minimum yaitu pada rute 1 → 5 → 4 → 2 → 7 → 3 → 6 → 8 dengan total jarak yaitu 139 km.

Sehingga dalam proses pencarian TSP dengan konsep ATSP yaitu perjalanan dilakukan dalam start awal dengan konsep sirkuit Hamilton melalui beberapa kota tepat sekali dan kembali lagi ke kota awal dapat menggunakan Algoritma Kelelawar sebagai alternatif dalam menyelesaikannya. Perlunya modifikasi lagi pada tahap local search dengan menggunakan konsep swap yang lain untuk mendambah optimum dalam pencarian kota yang cukup besar dimensinya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Tanah Laut yang telah mendanai proses penelitian melalui program PD3 Politala dengan dana DIPA.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan pemanfaatan Algoritma Metaheuristik melalui konsep Algoritma Kelelawar mampu memberikan hasil yang optimal dalam melakukan pencarian jarak terpendek dalam kasus TSP jika

dibandingkan dengan *nearest neighbor method*, *Hungarian method*, *branch and bound method*. Dengan proses komputasi yang lebih efektif maka proses pencarian nilai optimum terasa lebih cepat. Pada penelitian ini juga perlu dikembangkan dengan konsep pertukaran posisi individu dengan menggunakan konsep local search yang lebih powerful seperti 2-opt, 3-opt atau k-opt.

7. REFERENSI

- [1] S. Rohman, L. Zakaria, A. Asmiati, and A. Nuryaman, "Optimisasi Travelling Salesman Problem dengan Algoritma Genetika pada Kasus Pendistribusian Barang PT. Pos Indonesia di Kota Bandar Lampung," *J. Mat. Integr.*, vol. 16, no. 1, p. 61, 2020, doi: 10.24198/jmi.v16.n1.27804.61-73.
- [2] M. Iqbal, M. Zarlis, T. Tulus, and H. Mawengkang, "Model Pendekatan Metaheuristik Dalam Penyelesaian optimisasi Kombinatorial," *Semin. Nas. Teknol. Komput. Sains*, vol. 1, no. 1, pp. 92–97, 2020.
- [3] R. Naufal, "Implementasi Firefly Algorithm - Tabu Search Untuk Penyelesaian Traveling Salesman Problem," vol. 2, no. 1, pp. 42–48, 2017.
- [4] E. F. G. Goldberg, G. R. De Souza, and M. C. Goldberg, "Particle swarm for the traveling salesman problem," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 3906 LNCS, no. September, pp. 99–110, 2006, doi: 10.1007/11730095_9.
- [5] R. Strange, A. Y. Yang, and L. Cheng, "Discrete Flower Pollination Algorithm for Solving the Symmetric Travelling Salesman Problem," *2019 IEEE Symp. Ser. Comput. Intell. SSCI 2019*, pp. 2130–2137, 2019, doi: 10.1109/SSCI44817.2019.9002797.
- [6] V. Julianto, "Penerapan Hybrid Bat Algorithm (BA) dengan Differential Evolution (DE) untuk Mengoptimasi Model Multiobjektif," vol. 2, pp. 130–135, 2016.
- [7] V. Julianto, D. Jurusan, T. Informatika, P. Negeri, and T. Laut, "Optimasi Model Multiobjektif Menggunakan Gabungan Algoritma Kelelawar Dengan Differential Evolution (De) Dan Levy Flight," vol. 2017, pp. 159–164, 2017.