

Algoritma *Tabu Search* untuk Graf Optimasi Rute Pengiriman Barang

Rowina Windiyani Heryana, Didi Suhaedi*

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 29/9/2024
Revised : 28/12/2024
Published : 31/12/2024



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 4
No. : 2
Halaman : 119 - 126
Terbitan : **Desember 2024**

Terakreditasi Sinta [Peringkat 5](#)
berdasarkan Ristekdikti
No. 177/E/KPT/2024

ABSTRAK

Dalam industri jasa ekspedisi, efisiensi rute pengiriman barang sangat penting untuk menekan biaya operasional dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Dengan meningkatnya volume pengiriman akibat tren belanja *online*, optimasi rute pengiriman menjadi masalah yang krusial. Penelitian ini menggunakan data lokasi pengiriman barang pada satu hari pengiriman dengan lima titik pengiriman yang diolah dengan algoritma *Tabu Search* untuk mengatasi masalah optimasi rute pengiriman barang. Algoritma ini dipilih karena menggunakan memori tabu yang menyimpan solusi sebelumnya dan mencegah perulangan. Selain itu, algoritma *Tabu Search* dapat menghasilkan solusi yang optimal dengan adanya pertukaran dua *vertex* secara berurutan pada tiap iterasinya. Masalah rute pengiriman barang direpresentasikan dalam bentuk graf, dengan setiap simpul (*vertex*) mewakili lokasi pengiriman dan setiap sisi (*edge*) mewakili rute dengan bobot tertentu yang mewakili total jarak tempuh. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma *Tabu Search* dapat mengoptimalkan total jarak tempuh sebanyak 1,71%. Hal ini dapat memberikan rekomendasi rute pengiriman dengan total jarak tempuh minimum untuk jasa ekspedisi.

Kata Kunci : Algoritma Tabu Search, Optimisasi, Rute Pengiriman Barang.

ABSTRACT

In the shipping industry, the efficiency of shipping routes is very important to reduce operational costs and increase customer satisfaction. With the increasing volume of shipments due to the trend of online shopping, optimization of shipping routes becomes a crucial problem. This study uses data on shipping locations on one shipping day with five shipping points processed by the Tabu Search algorithm to solve the problem of shipping route optimization. This algorithm was chosen because it uses tabu memory that stores previous solutions and prevents repetition. In addition, the Tabu Search algorithm can produce optimal solutions by exchanging two vertices sequentially in each iteration. The problem of shipping routes is represented in the form of a graph, with each vertex representing a shipping location and each edge representing a route with a certain weight representing the total distance traveled. The results of this study indicate that the Tabu Search algorithm can optimize the total distance traveled by 1.71%. This can provide recommendations for shipping routes with a minimum total distance traveled for shipping services.

Keywords : Tabu Search Algorithm, Optimization, Goods Delivery Route.

Copyright© 2024 The Author(s).

A. Pendahuluan

Optimisasi adalah proses pencarian solusi yang berhubungan dengan nilai ekstrim dari satu atau lebih nilai objektif dalam suatu masalah hingga tidak ada lagi solusi ekstrim yang ditemukan [1][13]. Dalam suatu sistem, optimisasi penting untuk mengurangi biaya, meningkatkan keuntungan, mempercepat waktu proses, dan mencapai optimalisasi lainnya [2]. Salah satu permasalahan optimisasi yang sering digunakan adalah *Traveling Salesman Problem (TSP)*, di mana seorang penjual harus mengunjungi sejumlah kota tepat satu sekali dan kembali ke kota asal dengan jarak minimal [3]. TSP dapat direpresentasikan dalam bentuk graf, dengan kota sebagai simpul dan rute antar kota sebagai sisi dengan bobot tertentu [4][14].

Pencarian rute terpendek dalam TSP dapat dilakukan melalui metode konvensional dan heuristik [5]. Metode heuristik dirancang untuk memecahkan suatu permasalahan dengan memberikan hasil yang mendekati optimal, meskipun bukan penyelesaian terbaik akan tetapi dapat digunakan karena kadar pencapaiannya sekitar 90% [6]. Heuristik diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu lokal dan global. Heuristik lokal dapat mengurangi jumlah *node* yang perlu diproses oleh algoritma [7], sementara optimisasi heuristik terdapat beberapa macam metode seperti algoritma genetika, *ant colony optimization*, dan *tabu search* [8].

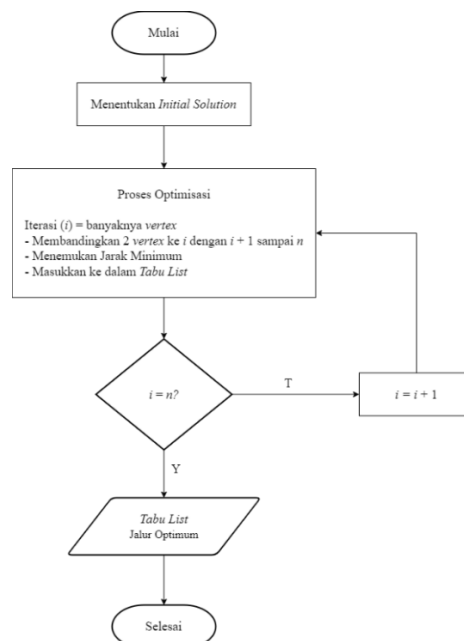
Dalam konteks jasa pengiriman barang, yang semakin diminati karena adanya tren belanja *online*, optimisasi rute pengiriman menjadi masalah yang penting [15]. Metode *tabu search*, yang berbasis pada *local search*, digunakan untuk menghindari perulangan solusi dan meningkatkan efisiensi rute pengiriman [1]. *Tabu search* terkenal sebagai teknik optimasi yang efektif setelah melalui berbagai percobaan komputasional [9][18].

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah, “Bagaimana menentukan rute terpendek pengiriman barang menggunakan algoritma *tabu search*? Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini yaitu mengetahui rute terpendek pengiriman barang menggunakan algoritma *tabu search*.”

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan data pada perusahaan jasa ekspedisi TIKI Bandung yaitu berupa data lokasi pengiriman barang dalam satu hari pengiriman oleh satu kurir. Pada penelitian ini digunakan 5 alamat (lokasi pengiriman) untuk pencarian rute terpendek pengiriman barang.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan salah satu algoritma pada metode Heuristik yaitu Algoritma *Tabu Search (TS)*. Cara Kerja dari Algoritma TS ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Pencarian Rute Terpendek Pengiriman Barang dengan Algoritma TS

Adapun landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Jalur Terpendek (*Shortest Path*)

Jalur terpendek adalah jalur yang memiliki total bobot minimum untuk mencapai suatu lokasi dari lokasi tertentu. Rute terpendek diartikan sebagai jalur yang mempunyai biaya terkecil suatu rute dari *vertex* awal ke *vertex* tujuan dalam sebuah jaringan [16]. Permasalahan jalur terpendek dapat dicari dengan menggunakan graf. Graf yang digunakan dalam pencarian jalur terpendek adalah graf berbobot (*weighted graph*), yaitu graf yang setiap sisinya diberikan suatu nilai atau bobot [19]. Bobot pada sisi graf dapat dinyatakan sebagai jarak, waktu tempuh, biaya, dan sebagainya [10][20].

Terdapat beberapa jenis permasalahan jalur terpendek, antara lain jalur terpendek antara dua buah titik tertentu (*a pair shortest path*); jalur terpendek antara semua pasangan titik (*all pairs shortest path*); jalur terpendek dari titik tertentu ke semua titik yang lain (*single-source shortest path*); dan jalur terpendek antara dua buah titik yang melalui beberapa titik tertentu (*intermediate shortest path*) [10].

Tabu Search

Tabu Search adalah metode optimasi berdasarkan pencarian lokal (*local search*). Konsep dasar dari metode *tabu search* adalah mengarahkan setiap proses untuk menghasilkan solusi optimal, tanpa terjebak pada solusi awal yang ditemukan selama proses berkelanjutan [11]. *Tabu Search* memanfaatkan struktur memori yang mencatat beberapa jejak proses pencarian yang telah dilakukan [12].

Metode *Tabu Search* ini beroperasi dengan mencari solusi dari ketetanggaan (*searching the neighbors*), Struktur umum dari algoritma ini adalah bahwa solusi awal yang kemungkinan dapat dipilih, kemudian untuk dapat menyelesaikan permasalahan dari jawaban yang terkait itu seperangkat dari solusi-solusi ketetanggaan yang dianggap sesuai kriteria tertentu [17]. Kemudian langkah selanjutnya, setelah mengevaluasi solusi dari ketetanggaan yang telah ditentukan tersebut adalah yang terbaik dipilih dan langkah selanjutnya melakukan penggantian solusi saat ini dengan solusi terbaik yang telah ditemukan. Proses dari langkah tersebut diulang sampai kriteria aspirasi dalam algoritma *tabu search* ditemukan [8]. Beberapa parameter yang terdapat pada metode *tabu search* adalah *Local Search Procedure* yang terdiri dari *insertion* (penyisipan) dan *swap* (pertukaran). *Insertion* adalah proses pemilihan secara acak satu bagian struktur untuk dipindahkan ke bagian lain. Sedangkan *swap* adalah proses pertukaran posisi secara acak antara dua bagian struktur. Lalu, *Neighbourhood Structure* adalah fungsi yang digunakan untuk mengidentifikasi solusi lain yang diperoleh dengan pertukaran dua *node* dalam suatu solusi. *Tabu Condition* merupakan kondisi yang melarang penggunaan solusi yang telah ditemukan sebelumnya. Selanjutnya, *Aspiration Condition* dimana kondisi mengabaikan status tabu. Terjadi kondisi aspirasi ketika proses pertukaran *node* dalam suatu iterasi. Terakhir, *Termination Criteria* yang merupakan algoritma *tabu search* dihentikan berdasarkan jumlah iterasi yang ditentukan pengguna dan jumlah iterasi berturut-turut tanpa meningkatkan nilai fungsi tujuan yang terbaik [11].

Struktur memori fundamental dalam *tabu search* dinamakan *tabu list* (daftar tabu). *Tabu list* menyimpan atribut dari sebagian *move* (transisi solusi) yang telah diterapkan pada iterasi-iterasi sebelumnya. *Tabu search* menggunakan *tabu list* untuk menolak solusi-solusi yang memenuhi atribut tertentu guna mencegah proses pencarian mengalami *cycling* pada daerah solusi yang sama, dan menuntun proses pencarian menelusuri daerah solusi yang belum dikunjungi. Tanpa menggunakan strategi ini, *local search* yang sudah menemukan solusi optimum *local* dapat terjebak pada daerah solusi optimum *local* tersebut pada iterasi-iterasi berikutnya. Dengan kata lain *tabu list* berisi langkah-langkah yang membalikkan solusi baru ke solusi yang lama. Pada setiap iterasi, dipilih solusi baru yang merupakan solusi terbaik dalam *neighborhood*. Kualitas solusi baru ini tidak harus lebih baik dari kualitas solusi yang sudah ada sebelumnya. Apabila solusi baru ini memiliki nilai fungsi objektif yang lebih baik dibandingkan solusi terbaik yang telah dicapai sebelumnya, maka solusi baru ini dicatat sebagai solusi terbaik yang baru [12].

C. Hasil dan Pembahasan

Berikut data yang digunakan dalam penentuan rute terpendek untuk pengiriman barang TIKI Bandung disajikan dalam Tabel 1. *Vertex* ini mewakili tempat-tempat yang akan dikunjungi.

Tabel 1. Nama Titik Lokasi Pengiriman Barang

No.	Nama Titik Lokasi	Titik
1	TIKI Moh. Toha	V_1
2	Jl. Pajajaran	V_2
3	Cicendo	V_3
4	Jl. Dr. Djunjunan	V_4
5	Jl. Sukawarna Baru, Cicendo	V_5

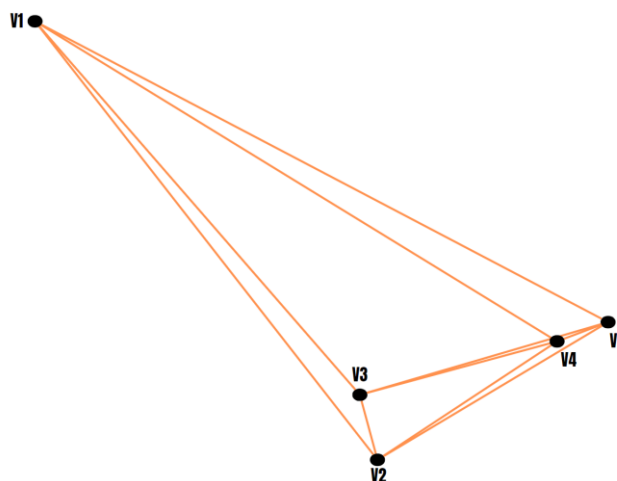
Berdasarkan data yang diperoleh, pada Tabel 2, ditunjukkan matriks *adjacency* atau matriks ketetanggaan dari bobot sisi yang menghubungkan antarlokasi pengiriman barang yang dimana jarak dari tiap lokasi dalam satuan meter.

Tabel 2. Matriks *Adjacency* Pengiriman Barang

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
V_1	0	3170	3050	4470	4680
V_2	3170	0	453	1340	1800
V_3	3050	453	0	1500	1730
V_4	4470	1340	1500	0	378
V_5	4680	1800	1730	378	0

Sumber: Google Maps, 2024.

Berdasarkan pada Tabel 2, terlihat bahwa semua sisi terhubung dan memiliki bobot masing-masing dan diasumsikan nilai bobot sisi dari lokasi V_1 ke lokasi V_2 sama dengan bobot sisi dari lokasi V_2 ke lokasi V_1 . Maka dari itu, pada Gambar 2 ditunjukkan representasi graf dari lokasi pengiriman barang berdasarkan data yang diperoleh. Graf yang terbentuk adalah graf lengkap dengan $n = 5$, sehingga masing-masing titik pada graf tersebut berderajat sama yaitu $n - 1 = 5 - 1 = 4$.

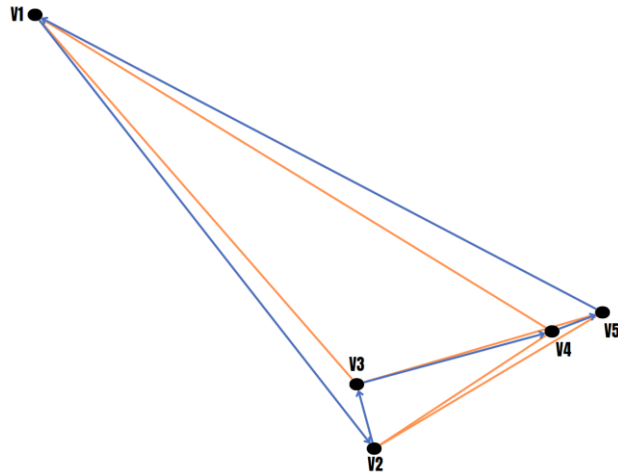


Gambar 2. Graf Rute Pengiriman Barang

Berdasarkan Gambar 2, *vertex* 1 atau V_1 merupakan titik lokasi TIKI Bandung, sedangkan untuk *vertex* 2 hingga 5 merupakan titik lokasi pengiriman barang yang dicari rutenya. Pada proses pengiriman barang, TIKI Bandung tidak menentukan terlebih dahulu rute/lintasan yang akan digunakan untuk pengiriman

barangnya. Hal tersebut dibebaskan dan diserahkan kembali kepada kurir yang bertugas untuk mengantarkan barang.

Berdasarkan data yang diperoleh, maka rute awal pengiriman barang adalah sebagai berikut: $V_1 - V_2 - V_3 - V_4 - V_5$ dengan total jarak tempuh sebesar 12.008,02 meter atau 12,008 km. Pada Gambar 3, disajikan dalam bentuk graf dari rute awal pengiriman barang.



Gambar 3. Graf Rute Awal Pengiriman Barang

Proses pencarian rute terpendek pengiriman barang menggunakan Algoritma *Tabu Search* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Langkah 1: Menentukan rute awal dan menetapkannya sebagai solusi terbaik untuk tahap awal.

Rute awal yang diperoleh yaitu:

$V_1 - V_2 - V_3 - V_4 - V_5$ Panjang Rute = 12.008,02 m

Rute awal ini dimasukkan ke dalam *tabu list* pada iterasi ke-0 sekaligus solusi awal untuk total jarak tempuh perjalanan.

Langkah 2: Menentukan solusi baru.

Solusi alternatif diperoleh dengan cara menukarkan 2 *vertex* atau menukar 2 posisi secara berurutan.

Iterasi ke-1:

Pada iterasi ke-0 diperoleh *tabu list*: $V_1 - V_2 - V_3 - V_4 - V_5$, maka solusi alternatif yang didapat adalah:

Posisi *vertex* ke-1 ditukar dengan *vertex* ke-2, diperoleh rute alternatif ke-1: $V_2 - V_1 - V_3 - V_4 - V_5$ Panjang rute: 13.097,16 m

Posisi *vertex* ke-1 ditukar dengan *vertex* ke-3, diperoleh rute alternatif ke-2: $V_3 - V_2 - V_1 - V_4 - V_5$ Panjang rute: 12.401,99 m

Posisi *vertex* ke-1 ditukar dengan *vertex* ke-4, diperoleh rute alternatif ke-3: $V_4 - V_2 - V_3 - V_1 - V_5$ Panjang rute: 11.802,35 m

Posisi *vertex* ke-1 ditukar dengan *vertex* ke-5, diperoleh rute alternatif ke-4: $V_5 - V_2 - V_3 - V_4 - V_1$ Panjang rute: 14.198,88 m

Posisi *vertex* ke-2 ditukar dengan *vertex* ke-3, diperoleh rute alternatif ke-5: $V_1 - V_3 - V_2 - V_4 - V_5$ Panjang rute: 11.802,35 m

Posisi *vertex* ke-2 ditukar dengan *vertex* ke-4, diperoleh rute alternatif ke-6: $V_1 - V_4 - V_3 - V_2 - V_5$ Panjang rute: 14.198,88 m

Posisi *vertex* ke-2 ditukar dengan *vertex* ke-5, diperoleh rute alternatif ke-7: $V_1 - V_5 - V_3 - V_4 - V_2$ Panjang rute: 15.015,25 m

Posisi *vertex* ke-3 ditukar dengan *vertex* ke-4, diperoleh rute alternatif ke-8: $V_1 - V_2 - V_4 - V_3 - V_5$ Panjang rute: 15.015,25 m

Posisi *vertex* ke-3 ditukar dengan *vertex* ke-5, diperoleh rute alternatif

ke-9: $V_1 - V_2 - V_5 - V_4 - V_3$ Panjang rute: 13.097,16 m
 Posisi *vertex* ke-4 ditukar dengan *vertex* ke-5, diperoleh rute alternatif
 ke-10: $V_1 - V_2 - V_3 - V_5 - V_4$ Panjang rute: 12.401,99 m
 Pada iterasi ke-1 diperoleh panjang rute terbaik sebesar 11.802,35 meter untuk total jarak tempuh perjalanan yaitu pada rute ke-5. Selanjutnya akan dilakukan iterasi ke-2 dengan perhitungan yang sama pada perhitungan iterasi ke-1 sebelumnya.

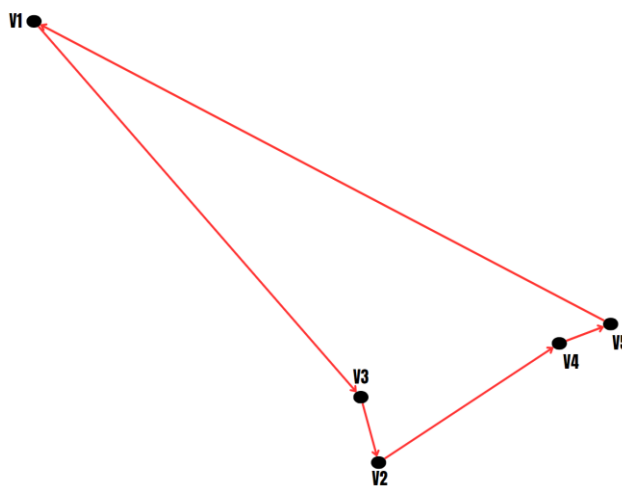
Langkah 3: Mengevaluasi solusi-solusi alternatif dengan *tabu list* untuk melihat apakah kandidat solusi alternatif tersebut sudah ada pada *tabu list*. Apabila solusi alternatif sudah ada dalam *tabu list*, maka solusi alternatif tersebut tidak akan dievaluasi kembali. Apabila solusi alternatif belum terdapat pada *tabu list*, maka solusi alternatif tersebut disimpan dalam *tabu list* sebagai solusi alternatif terbaik.

Langkah 4: Mengecek kriteria pemberhentian. Kriteria yang dipakai yaitu jika semua iterasi terpenuhi atau iterasi sudah maksimal. Jumlah iterasi yang dipilih adalah sama dengan jumlah *vertex* yang digunakan sebanyak 5 iterasi. Setelah dilakukan perhitungan sebanyak 5 iterasi, maka diperoleh total jarak tempuh minimum pada *tabu list* tiap iterasi yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *Tabu List* Tiap Iterasi

Iterasi	Rute ke-	Rute Perjalanan	Total Jarak Tempuh (m)
0	0	$V_1 - V_2 - V_3 - V_4 - V_5$	12.008,02
1	5	$V_1 - V_3 - V_2 - V_4 - V_5$	11.802,35
2	3	$V_4 - V_3 - V_2 - V_1 - V_5$	12.008,02
3	5	$V_4 - V_2 - V_3 - V_1 - V_5$	11.802,35
4	4	$V_5 - V_2 - V_3 - V_1 - V_4$	12.238,55
5	6	$V_5 - V_1 - V_3 - V_2 - V_4$	11.802,35

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sampai iterasi ke-5 diperoleh rute terpendek pengiriman barang yaitu pada iterasi ke-1. Rute perjalanan yang dihasilkan yaitu $V_1 - V_3 - V_2 - V_4 - V_5$ dengan total jarak tempuh sebesar 11.802,35 m atau 11,802 km. Pada Gambar 4, ditunjukkan hasil graf untuk rute perjalanannya.



Gambar 4. Hasil Rute Terpendek Pengiriman Barang

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, maka diperoleh kesimpulan yaitu dalam perhitungan untuk menentukan rute terpendek menggunakan Algoritma *Tabu Search*, dimulai dengan penentuan *initial solution*. Selanjutnya, pada setiap iterasi, rute alternatif dihasilkan dengan menukar dua *vertex* secara berurutan. Dari iterasi tersebut, dipilih rute alternatif dengan jarak minimum yang kemudian dimasukkan ke dalam *Tabu List*. Jika kriteria pemberhentian terpenuhi, proses Algoritma *Tabu Search* akan berhenti; jika tidak, langkah penukaran dua *vertex* diulang kembali. Berdasarkan proses perhitungan, Algoritma *Tabu Search* terbukti memberikan rute dengan total jarak tempuh yang lebih kecil, yaitu dengan adanya penurunan sebesar 1,71%.

Daftar Pustaka

- [1] I. Berlianty and M. Arifin, *Teknik-Teknik Optimasi Heuristik*, 1st ed. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu, 2010.
- [2] F. E. Pradhana, E. Sugiharti, and M. Kharis, "Penerapan Algoritma Tabu Search untuk Menyelesaikan Vehicle Routing Problem," *UNNES Journal of Mathematics*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [3] A. Yulmasari, "Minimasi Biaya Distribusi Dengan Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem (TSP)," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 2017.
- [4] D. L. Applegate, R. E. Bixby, V. Chvátal, and W. J. Cook, *The Traveling Salesman Problem: A Computational Study*, vol. 17. Princeton University Press, 2007.
- [5] L. Ariyanti, "Implementasi Ant Colony Optimization untuk Optimasi Rute Terpendek pada Pengiriman Barang di Kantor J&T Kota Jambi," Universitas Jambi, Jambi, 2023.
- [6] A. Segev, "A Global Heuristic For Distributed Join Operations," *INFOR: Information Systems and Operational Research*, vol. 28, no. 3, pp. 154–165, Aug. 1990, doi: 10.1080/03155986.1990.11732132.
- [7] R. Veerapaneni, M. S. Saleem, and M. Likhachev, "Learning Local Heuristics for Search-Based Navigation Planning," Mar. 2023.
- [8] D. D. Arizal, "Rekomendasi Penentuan Harga Bahan dan Jasa Pembangunan Rumah Menggunakan Algoritma Tabu Search," Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, 2021.
- [9] H. Hardiansyah, "Aplikasi Pembuatan Penentuan Lokal Untuk Penjadwalan Pengajaran Guru Dengan Menggunakan Algoritma Tabu Search Studi Kasus: Pondok Pesantren Nasriyatul Ulum Cisauk," Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2012.
- [10] A. S. Wardana, "Penerapan algoritma Tabu Search untuk pencarian jalur terpendek dalam pengiriman barang," Universitas Widyatama, Bandung, 2015.
- [11] M. A. Uwaisy, Z. K. A. Baizal, and M. Y. Reditya, "Recommendation of Scheduling Tourism Routes using Tabu Search Method (Case Study Bandung)," *Procedia Comput Sci*, vol. 157, pp. 150–159, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.08.152.
- [12] R. W. Dewantoro, P. Sihombing, and Sutarman, "The Combination of Ant Colony Optimization (ACO) and Tabu Search (TS) Algorithm to Solve the Traveling Salesman Problem (TSP)," in *2019 3rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, IEEE, Sep. 2019, pp. 160–164. doi: 10.1109/ELTICOM47379.2019.8943832.
- [13] R. Y. Indriani, D. Suhaedi, and F. H. Badruzzaman, "Penggunaan Metode Nadir Compromise Programming dalam Menyelesaikan Permasalahan Multi Objektif," *J. Ris. Mat.*, vol. 1, no. 2, pp. 82–90, Dec. 2021, doi: 10.29313/jrm.v1i2.364.
- [14] F. R. Fargiana, "Implementasi Algoritma Cheapest Insertion Heuristic dalam Menentukan Rute Pengiriman Barang," *J. Ris. Mat.*, vol. 1, no. 2, pp. 129–136, Feb. 2022, doi: 10.29313/jrm.v1i2.483.
- [15] H. Chaerunnissa, D. Suhaedi, and Respitawulan, "Penyelesaian Travelling Salesman Problem dengan Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony," *J. Ris. Mat.*, vol. 1, no. 1, pp. 37–45, Oct. 2021, doi: 10.29313/jrm.v1i1.160.
- [16] G. Achyar and O. Rohaeni, "Penggunaan Hybrid K-Means dan General Regression Neural Network

- untuk Prediksi Harga Saham Indeks LQ45,” *J. Ris. Mat.*, pp. 111–120, Dec. 2022, doi: 10.29313/jrm.v2i2.1193.
- [17] S. D. Qirani and I. Sukarsih, “Penerapan Metode K-Nearest Neighbor untuk Prediksi Harga Gas Alam Menggunakan Python,” *J. Ris. Mat.*, vol. 4, no. 1, pp. 57–64, Jun. 2024, doi: 10.29313/jrm.v4i1.3602.
- [18] E. Siti Nurmala and Y. Permanasari, “Penerapan Pewarnaan Graf untuk Menentukan Tujuan Wisata Kuliner Kota Bandung,” *J. Ris. Mat.*, pp. 149–156, Dec. 2023, doi: 10.29313/jrm.v3i2.2834.
- [19] M. Y. Fakhri, E. Harahap, and F. H. Badruzzaman, “Implementasi Algoritma Welch-Powell pada Pengaturan Lampu Lalu Lintas Pasteur Bandung,” *J. Ris. Mat.*, vol. 1, no. 2, pp. 91–98, Dec. 2021, doi: 10.29313/jrm.v1i2.365.
- [20] S. Zein and G. Gunawan, “Prediksi Hasil FIFA World Cup Qatar 2022 Menggunakan Machine Learning dengan Python,” *J. Ris. Mat.*, pp. 153–162, Dec. 2022, doi: 10.29313/jrm.v2i2.1382.