

Penerapan Algoritma *Evolutionary* dan *Nearest Neighbor* untuk Optimasi Rute Distribusi

Rika Sri Utami¹, Riski Arifin^{2*}, Raihan Dara Lufika², Rafi Dio³, Hendrik Vicarlo Saragih Manihuruk⁴

¹ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala
Jl. Syekh Abdurauf As Sinkili No.7, Kopelma Darussalam, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Aceh 23111

² Program Studi Teknik Industri, Universitas Syiah Kuala
Jl. Syekh Abdurauf As Sinkili No.7, Kopelma Darussalam, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Aceh 23111

³ Program Studi Teknik Industri, Universitas Maritim Raja Ali Haji
Jl. Raya Dompok Tanjungpinang, Provinsi Kepulauan Riau 29124

⁴ Program Studi Teknik Logistik, Institut Teknologi Kalimantan
Jl. Soekarno Hatta No.KM 15, Karang Joang, Kec. Balikpapan Utara, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur 76127

Abstrak

Rute distribusi merupakan permasalahan yang sering ditemui di perusahaan. Perusahaan perlu melakukan distribusi barang untuk mengoptimalkan pengiriman serta biaya operasional pengiriman. Perusahaan XYZ melakukan distribusi barang kepada 9 retail. Permasalahan yang dihadapi pengiriman yang hanya berdasarkan intuisi dari operator pengantaran yang menyebabkan tidak adanya standar rute pengantaran dan membuat setiap distribusi menghasilkan waktu dan biaya operasional yang fluktuatif. Sehingga dirasa tidak optimal dan perlu dilakukan pencarian jarak distribusi terkecil, salah satunya adalah dengan menggunakan algoritma *evolutionary*. Algoritma *evolutionary* merupakan pencarian stokastik berbasis populasi yang digunakan untuk menemukan solusi optimal dari suatu masalah serta melakukan pendistribusian barang dengan menggunakan *nearest neighbor* merupakan penentuan rute dengan menggunakan jarak terdekat antar retail yang digunakan. Sehingga tujuan penelitian ini adalah mencari jarak terkecil dari distribusi barang yang dilakukan kepada 9 retail dengan menggunakan algoritma *evolutionary* dan *nearest neighbor*. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan menggunakan algoritma *evolutionary* jarak terendah dari keseluruhan adalah 54,5 kilometer dengan rute efisien adalah *warehouse-2-1-5-9-4-6-7-3-8-warehouse* sedangkan dengan menggunakan *nearest neighbor* mendapatkan jarak 55 kilometer atau terjadi selisih 0,5 kilometer.

Kata kunci: Algoritma *Evolutionary*; Distribusi; *Nearest Neighbor*; Retail; Warehouse; TSP

Abstract

Distribution routes are a problem that companies often encounter. Companies need to distribute goods to optimize shipping and shipping operational costs. XYZ Company distributes goods to 9 retailers. The problem faced by shipping is only based on the intuition of the delivery operator, which causes the absence of a standard delivery route and causes each distribution to produce fluctuating operational times and costs. So, it is considered not optimal, and it is necessary to find the smallest distribution distance, one of which is

*Corresponding author

Alamat email: riskiarifin@usk.ac.id

<https://doi.org/10.35261/gijtsi.v5i02.12518>

Diterima 04 November 2024; Disetujui 25 November 2024; Terbit online 30 November 2024

by using the evolutionary algorithm. The evolutionary algorithm is a population-based stochastic search used to find the optimal solution to a problem and distribute goods using the nearest neighbor, which is determining the route using the closest distance between the retailers used, so the purpose of this study is to find the smallest distance from the distribution of goods carried out to 9 retailers using the evolutionary and nearest neighbor algorithms. The results show that by using the evolutionary algorithm, the lowest distance of the whole is 54.5 kilometers with an efficient route of warehouse-2-1-5-9-4-6-7-3-8-warehouse while using the nearest neighbor gets a distance of 55 kilometers or a difference of 0.5 kilometers.

Keywords: *Evolutionary Algorithms; Distribution; Nearest Neighbor; Retail; Warehouse; TSP*

Pendahuluan

Distribusi barang merupakan komponen esensial dalam sistem rantai pasok. Kehandalan dalam pengelolaan distribusi secara signifikan mempengaruhi keberhasilan keseluruhan manajemen logistik. Efisiensi dalam proses distribusi dapat mengoptimalkan alokasi biaya, mempercepat waktu pengiriman, serta meningkatkan tingkat kepuasan pelanggan. Dengan demikian, optimasi distribusi menjadi faktor kunci dalam mencapai keunggulan kompetitif dalam lingkungan bisnis yang dinamis [1].

Salah satu tantangan utama dalam optimasi rute distribusi adalah *Traveling Salesman Problem* (TSP) [2]. TSP merupakan masalah klasik dalam ilmu komputer yang bertujuan untuk menemukan rute terpendek yang memungkinkan seorang salesman mengunjungi setiap pelanggan persis sekali dan kembali ke titik awal [3]. Kegagalan dalam menentukan jalur terpendek dapat berdampak signifikan terhadap efisiensi sumber daya, yang pada akhirnya menyebabkan peningkatan biaya transportasi, perpanjangan waktu pengiriman barang, serta penurunan efisiensi operasional secara keseluruhan [4]. Ketidakefisienan ini tidak hanya membebani biaya operasional, tetapi juga dapat memengaruhi ketepatan waktu pengiriman dan kepuasan pelanggan, yang merupakan aspek krusial dalam manajemen distribusi logistik [5].

Perusahaan distribusi barang memiliki permasalahan dalam melakukan penentuan jalur terpendek. Perusahaan melakukan distribusi kepada 9 retail yang berada di wilayah Aceh Besar. Saat ini penentuan jarak distribusi barang masih secara intuisi operator dalam berkendara, retail terpilih yang harus pertama diantar adalah retail dengan pesanan produk terbanyak sehingga akan terjadinya randomisasi setiap pengantaran barang. Sehingga diperlukan penentuan jarak terpendek dengan menghilangkan batasan pengirim pertama yang paling banyak memesan barang. Sehingga permasalahan TSP tersebut dapat dipecahkan dengan menggunakan algoritma, salah satu cara dengan menggunakan algoritma *evolutionary*. Algoritma *evolutionary* merupakan pencarian stokastik berbasis populasi yang digunakan untuk menemukan solusi optimal dari suatu masalah yang beragam dari sederhana hingga relative kompleks [6]. Pengaplikasian algoritma *evolutionary* dapat menggunakan *software* Microsoft Excel dengan *tool solver*.

Selain menggunakan algoritma, penentuan jarak terpendek juga dapat menggunakan metode *nearest neighbor* yang merupakan salah satu metode dari *saving matrix* [7]. *Nearest neighbor* yang merupakan metode sederhana dengan melakukan pemilihan dari jarak yang terdekat [8]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa dengan menggunakan *nearest neighbor* memberikan penghematan waktu dan biaya dibandingkan dengan

metode *nearest insert* dan *farthest insert* [9]. Penelitian lainnya dalam melakukan distribusi barang menunjukkan bahwa dengan *nearest neighbour* terjadi penghematan rute perjalanan, serta penurunan 23% biaya transportasi [10].

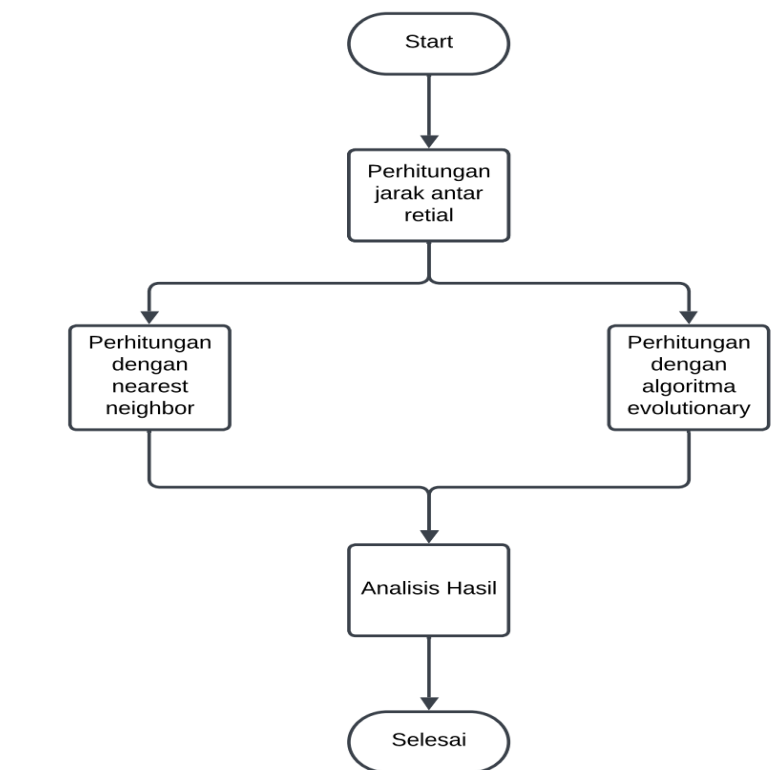
Beberapa penelitian terdahulu telah membahas mengenai kasus TSP ini, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Amozhita, dkk [11] yang bertujuan untuk mengoptimalkan rute pengiriman es di PT Es Malindo Boyolali menggunakan metode dua sisi optimal. Objek dari penelitian ini adalah rute pengiriman es kristal dan es serut dari PT Es Malindo Boyolali ke beberapa outlet di Solo Barat. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa rute terpendek yang diperoleh adalah sepanjang 32,6 km dengan rute yang meliputi beberapa titik di Solo Barat. Selain itu, penelitian ini berhasil mengidentifikasi 117 rute pengiriman potensial, dengan rute terpanjang mencapai 47,4 km.

Selanjutnya penelitian dalam melakukan pencarian rute distribusi yang paling optimal dari permasalahan *vehicle routing problem* menggunakan algoritma *differential evolution* yang menggunakan populasi melalui rekombinasi menunjukkan hasil terjadinya penurunan 3,35% biaya operasional dari total jarak, waktu tempuh dan biaya bahan bakar [12]. Algoritma genetika juga merupakan salah satu cara dalam melakukan pencarian rute terbaik, Algoritma genetika memiliki tiga parameter yaitu populasi, probabilitas dan mutase, dari penelitian yang dilakukan dengan menggunakan algoritma genetika menggunakan 27 populasi akan dilakukan klaster sebanyak 3 kelas dan hasilnya pada klaster 2 jarak distribusi yang dihasilkan yang paling rendah [13].

Selain itu, Candrawati, dkk. [5] melakukan penelitian sejenis menggunakan algoritma genetika untuk menyelesaikan *Traveling Salesman Problem* (TSP), di mana algoritma ini digunakan untuk mencari rute terpendek yang optimal bagi wisatawan yang ingin mengunjungi beberapa destinasi wisata di Bali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma genetika dapat memberikan solusi optimal untuk penjadwalan rute dengan mempertimbangkan jarak dan waktu tempuh antar tempat wisata. Kemudian dengan menggunakan metode *saving matrix* dalam mengoptimalkan rute distribusi menghasilkan penghematan biaya transportasi turun menjadi 50% dengan jarak 39,1 kilometer [14]. Sehingga dari latar belakang diatas penelitian ini akan fokus pada penggunaan *evolutionary algorithms* sebagai solusi dalam menyelesaikan masalah TSP. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan hasil yang lebih optimal dalam menentukan jalur distribusi, mengingat fleksibilitas dan kemampuan adaptifnya dalam menghadapi kompleksitas masalah

Metode Penelitian

Berikut merupakan *flowchart* penelitian yang dilakukan:



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

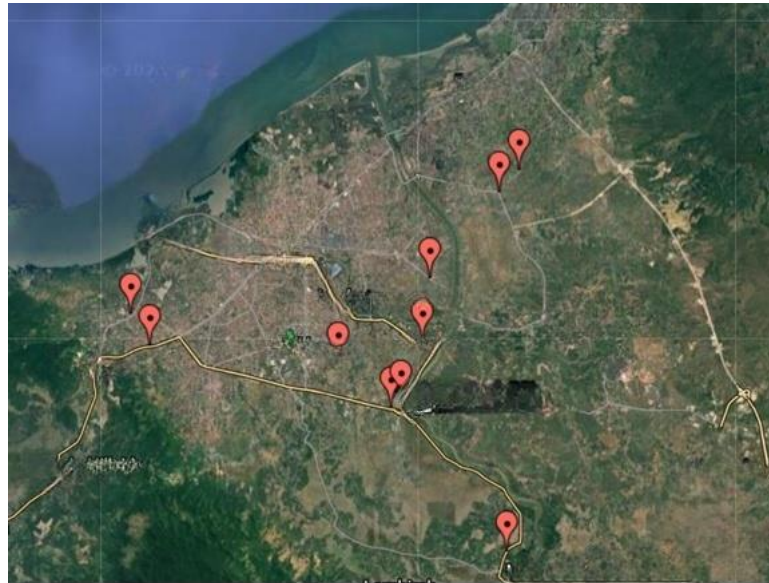
Perhitungan Jarak antar Retail

Penelitian ini bertujuan untuk mencari rute terpendek distribusi dari Gudang ke retail, terdapat 9 retail yang harus dilakukan distribusi barang. Saat ini distribusi barang hanya berdasarkan intuisi supir dari rute terdekat hasilnya menunjukkan bahwa jarak yang ditempuh sebesar 63 kilometer. Selanjutnya dilakukan pencarian rute terpendek menggunakan metode algoritma *evolutionary* dan *nearest neighbor*. Jarak antar retail dilakukan dengan menggunakan *google map* untuk mendapatkan jarak dalam bentuk kilometer. Penelitian ini menggunakan software Microsoft Excel untuk membantu memecahkan hasil rute distribusi barang. Berikut merupakan jarak antar retail sebagai berikut:

Tabel 1. Jarak antar Retail

Lokasi	Warehouse	Jarak (Km)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Warehouse	0	11,3	4,7	3,7	12,4	11,4	11,6	9	3,3	8
1	11,3	0	7,1	7,9	15,5	0,2	14,7	14,7	8,3	10,7
2	4,7	7,1	0	2,9	13,1	7,6	12,3	9,6	3,2	8,7
3	3,7	7,9	2,9	0	10,5	8,6	9,7	7	0,3	6,1
4	12,4	15,5	13,1	10,5	0	14,5	1	15,2	10,4	6
5	11,4	0,2	7,6	8,6	14,5	0	14,8	14,8	8,4	10,8
6	11,6	14,7	12,3	9,7	1	14,8	0	14,1	9,6	5,2
7	9	14,7	9,6	7	15,2	14,8	14,1	0	6,7	11,5
8	3,3	8,3	3,2	0,3	10,4	8,4	9,6	6,7	0	6,2
9	8	10,7	8,7	6,1	6	10,8	5,2	11,5	6,2	0

Jika digambarkan dengan menggunakan Google Maps berikut merupakan sebaran retail yang menjadi fokus penelitian ini:



Gambar 2. Lokasi Retail

Hasil dan Pembahasan

Algoritma *Evolutionary*

Setelah mendapatkan jarak antar retail distribusi barang, Langkah selanjutnya melakukan penentuan tujuan penelitian serta batasan dalam bentuk matematis, adapun bentuk matematis dari tujuan serta batasan adalah sebagai berikut:

Fungsi tujuan yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$\text{Min Rute Distribusi} = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} X_{i,j} Y_{i,j} \quad (1)$$

Selanjutnya Adapun batasan yang dibuat adalah sebagai berikut:

- Salesman* hanya melakukan perjalanan pengiriman barang ke pelanggan sekali, sehingga rumusnya adalah sebagai berikut:

$$\sum_{j=1}^{10} y_{ij} = 1 \quad \forall j = 2,3,4, \dots 10 \quad (2)$$

- Salesman* hanya melakukan pengiriman dari tempat pelanggan, sehingga formula untuk batasan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^{10} y_{ij} = 1 \quad \forall j = 2,3,4, \dots 10 \quad (3)$$

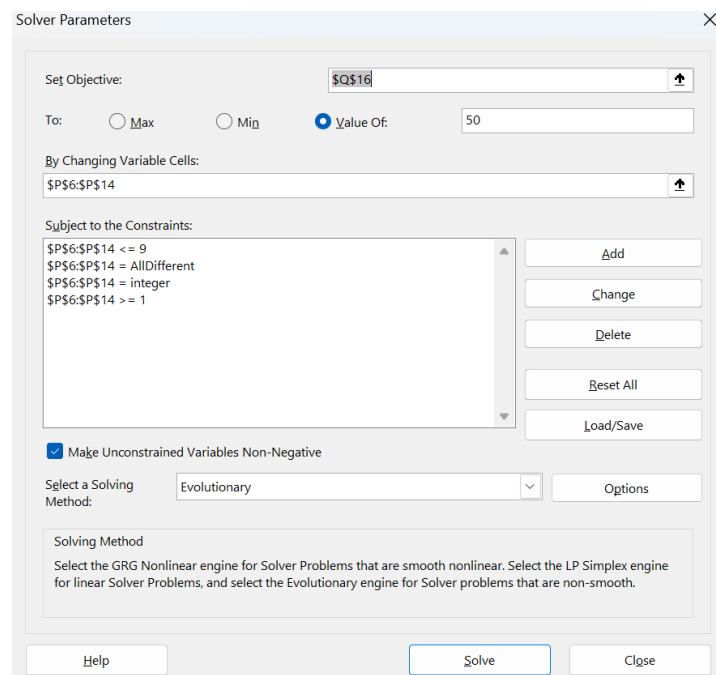
- Salesman* mengakhiri perjalanan kembali ke *warehouse*, sehingga formula untuk batasan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\sum_{i=2}^{10} y_{ij} = 1 \quad \forall j = 2, 3, 4, \dots, 10 \quad (4)$$

- d. *Salesman* memulai perjalanan dari *warehouse* dengan kode 1, sehingga formula untuk batasan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\sum_{i=2}^{10} y_{ij} = 1 \quad \forall j = 2, 3, 4, \dots, 10 \quad (5)$$

Batasan yang diatas diinterpretasikan ke dalam *tool solver* yang terdapat di *Microsoft*. Adapun batasan yang diinterpretasikan adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Batasan pada *Solver*

Hasil Algoritma *Evolutionary*

Setelah melakukan *input* batasan, dilakukan pemilah metode yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan algoritma *evolutionary* untuk mendapatkan hasil jarak terpendek dari rute distribusi yang dilakukan. Selanjutnya melakukan *running* algoritma tersebut sehingga menghasilkan tujuan penelitian ini yaitu melakukan minimasi jarak distribusi barang. Berikut merupakan hasil dari distribusi barang yang dilakukan.

Tabel 2. Hasil Jarak Tempuh Algoritma *Evolutionary*

Asal	Tujuan Retail	Jarak Tempuh (Kilometer)
<i>Warehouse</i>	2	4,7
2	1	7,1
1	5	0,2
5	9	10,8
9	4	6
4	6	1
6	7	14,1
7	3	7
3	8	0,3
8	<i>Warehouse</i>	3,3
Total Jarak		54,5

Berdasarkan hasil *running* data yang dihasilkan adalah, minimasi jarak yang akan ditempuh oleh distribusi barang tersebut adalah 54,5 kilometer dengan urutan tempuh adalah sebagai berikut: *warehouse-2-1-5-9-4-6-7-3-8-warehouse*.

Nearest Neighbor

Kemudian, penelitian ini melakukan pencarian rute terpendek dengan menggunakan metode *nearest neighbor*. Formula yang digunakan dengan metode ini adalah sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^9 = \text{Jarak}_{(\text{warehouse},i)} + \text{Jarak}_{(i,j)} + \text{Jarak}_{(j,\text{Warehouse})} \quad (6)$$

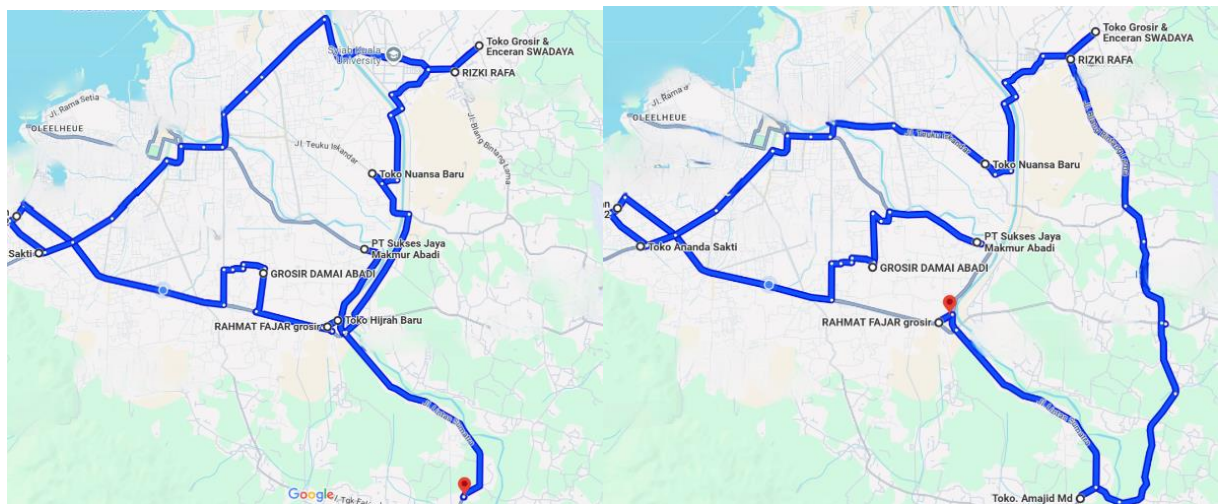
Formula diatas adalah melakukan pencarian rute terpendek dengan mencari jarak terdekat dari warehouse ke retail, selanjutnya retail terpilih mencari retail terdekat, hingga retail terakhir terpilih mencari jalan ke warehouse. Dari hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Jarak Tempuh

Asal	Tujuan Retail	Jarak Tempuh (Kilometer)
<i>Warehouse</i>	8	3,3
8	3	0,3
3	2	2,9
2	1	7,1
1	5	0,2
5	4	14,5
4	6	1
6	9	5,2
9	7	11,5
7	<i>Warehouse</i>	9
Total Jarak		55

Dari hasil *running* data yang dihasilkan adalah, minimasi jarak yang akan ditempuh oleh distribusi barang tersebut adalah 55 kilometer dengan urutan tempuh adalah sebagai berikut: *warehouse-8-3-2-1-5-4-6-9-7-warehouse*.

Dari hasil diatas menunjukkan bahwa jarak yang ditempuh dengan menggunakan algoritma *evolutionary* dan *nearest neighbor* memiliki selisih 0,5 kilometer atau terjadi penurunan sebesar 1%. Sehingga dengan begitu, hasil pada algoritma *evolutionary* merupakan hasil global optimal. Jarak Rute yang optimal menghasilkan penghematan waktu dan meminimalkan konsumsi bahan bakar. Dengan asumsi konsumsi bahan bakar untuk 1 liter mobil membutuhkan 10 kilometer perjalanan maka rute distribusi ini membutuhkan konsumsi bahan bakar sebesar 6 liter bahan bakar. Dengan menggunakan Google Maps berikut perbandingan jarak antar metode:



Gambar 4. Rute Distribusi antara Nearest Neighbour (Kiri) dan Algoritma *Evolutionary* (kanan)

Berdasarkan hasil rute distribusi yang dilakukan dengan menggunakan Google Maps menggunakan jalur terpendek tidak menggunakan jalur arteri, selanjutnya dari gambar jumlah waktu yang ditampilkan tidak relevan dengan kemungkinan jarak aslinya hal tersebut dikarenakan bahwa adanya ketebatasan dari Google Maps yang hanya mampu menghubungkan 9 *nodes*.

Penelitian lainnya menunjukkan bahwa dalam menggunakan algoritma dapat membantu dalam melakukan pemecahan masalah *travelling salesman problem*. Penelitian yang dilakukan pada distribusi barang di China dengan jumlah 51 kota pengiriman menggunakan algoritma *evolutionary* menghasilkan total jarak 18610 atau terjadi penurunan sebesar 25% jarak tempuh [15]. Selanjutnya dalam melakukan distribusi produk UMKM di kota Yogyakarta dengan 17 *nodes* menggunakan algoritma genetik menghasilkan 46,68% terjadinya penuruna jarak dari sebelumnya [16]. Penelitian lain dalam melakukan efisiensi jarak tempuh dengan menggunakan metode *tabu search* menghasilkan terjadi penurunan jarak sebesar 1,5% dari jarak yang sebelumnya [17].

Kemudian penelitian dengan menggunakan *saving matrix* pada distribusi produk rokok memberikan penurunan jarak sebesar 12,98% atau 19,7 kilometer serta menurunkan biaya tranportasi sebesar 3,45%[18]. Sehingga dalam melakukan distribusi barang yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan algoritma sebagai alat bantu dapat menentukan jarak transportasi yang lebih rendah agar melakukan penghematan jarak tempuh dan konsumsi energi serta waktu.

Hasil algoritma *evolutionary* lebih baik dibandingkan *nearest neighbor* disebabkan karena tahapan pendekan yang berbeda, seperti *nearest neighbor* melakukan pencarian dengan solusi optimal sedangkan menggunakan algoritma *evolutionary* mencoba banyak kombinasi rute dan menghasilkan yang lebih optimal karena menemukan rute dengan jarak terpendek secara global [19], [20].

Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan algoritma *evolutionary* dan metode *nearest neighbor* membantu dalam melakukan penentuan jarak terpendek dalam melakukan distribusi barang. Hasilnya menunjukkan dari *warehouse* untuk mengirim ke 9 retail membutuhkan jarak sebesar 54,5 kilometer sedangkan dengan menggunakan metode *nearest neighbor* jarak tempuh sebesar 55 kilometer, sehingga metode yang terpilih adalah algoritma *evolutionary* sebagai global optimal dengan uraiannya adalah *warehouse-2-1-5-9-4-6-7-3-8-warehouse*. Saran untuk penelitian kedepannya adalah melakukan klastering dari rute tersebut serta melakukan perbandingan dengan algoritma yang lainnya untuk menghasilkan jarak tempuh yang global optimal.

Daftar Pustaka

- [1] S. Chopra and P. Meindl, *Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operations. Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operations.*, vol. 53, no. 9. 2019.
- [2] D. Wawan Saputra, "Optimalisasi Rute Distribusi Kurir Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem (Studi Kasus: JNE Balige)," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 6, no. 2, pp. 159–165, 2022, doi: 10.33379/gtech.v6i2.1577.
- [3] S. Sangwan, "(PDF) Literature Review on Travelling Salesman Problem | ResearchGate," *International Journal of Research*, vol. 05, no. June 2018, pp. 1152–1155, 2018.
- [4] S. A. Muhamad Galih and R. Sukmadewi, "Optimalisasi Alur Distribusi: Memperlancar Efisiensi Melalui Daftar Harga Pengiriman Dan Moda Transportasi Yang Strategis," *Ecobisma (Jurnal Ekonomi, Bisnis Dan Manajemen)*, vol. 11, no. 1, pp. 77–86, 2024, doi: 10.36987/ecobi.v11i1.5263.
- [5] L. G. A. Candrawati and I. G. A. G. A. Kadyanan, "Optimasi Traveling Salesman Problem (TSP) Untuk Rute Paket Wisata Di Bali dengan Algoritma Genetika," *Jurnal Ilmiah Komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 27–32, 2017.
- [6] T. Bartz-Beielstein, J. Branke, J. Mehnen, and O. Mersmann, "Evolutionary Algorithms," *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 4, no. 3, pp. 178–195, May 2014, doi: 10.1002/widm.1124.
- [7] N. A. Fitriani, R. A. Pratama, S. Zahro, P. H. Utomo, and T. S. Martini, "Solving capacitated vehicle routing problem using saving matrix, sequential insertion, and nearest neighbor of product 'X' in Grobogan district," 2021, p. 020007. doi: 10.1063/5.0039295.
- [8] Lidiawati, H. Setiawan, A. I. Ramdhani, Satria, Sulistyowati, and K. Mukiman, "Determining The Delivery Of Goods Using The K-Nearest Neighbor Algorithm And The Saving Matrix Method To Obtain The Optimal Route And Save Costs," in *2023 International Conference on Computer Science, Information Technology and Engineering (ICCoSITE)*, 2023, pp. 957–961. doi: 10.1109/ICCoSITE57641.2023.10127714.

- [9] J. Halim, R. M. Heryanto, and D. T. Liputra, "Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Metode Savings Matrix dengan Algoritma Nearest Insert, Nearest Neighbour, dan Farthest Insert pada UMKM Peralatan Plastik," *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem dan Industri*, vol. 4, no. 01, pp. 33–47, May 2023, doi: 10.35261/gijtsi.v4i01.8727.
- [10] F. Ahmad and H. F. Muharram, "PENENTUAN JALUR DISTRIBUSI DENGAN METODE SAVING MATRIKS," *Competitive*, vol. 13, no. 1, pp. 45–66, Dec. 2018, doi: 10.36618/competitive.v13i1.346.
- [11] K. K. Amozhita, A. Suyitno, and Mashuri, "Menyelesaikan Travelling Salesman Problem (TSP) dengan Metode Dua Sisi Optimal pada PT. Es Malindo Boyolali," *Unnes Journal of Mathematics*, vol. 8, no. 1, pp. 20–29, 2019.
- [12] Y. Maruhawa, H. Yenni, U. Rio, and F. Zoromi, "Penerapan Metode Differential Evolution dalam Menentukan Rute Distribusi Produk," *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 12, no. 1, Apr. 2023.
- [13] G. C. Ramadhan, P. Bagus W, and Y. Diah Rosita, "Penentuan Rute Optimal Untuk Jasa Pengiriman Barang Menggunakan Algoritma Genetika," *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 5, no. 1, pp. 48–55, May 2023, doi: 10.35746/jtim.v5i1.322.
- [14] A. Sutoni and I. Apipudin, "OPTIMALISASI PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI PUPUK UNTUK MEMINIMALKAN BIAYA TRANSPORTASI DENGAN METODE SAVING MATRIX," *SPEKTRUM INDUSTRI*, vol. 17, no. 2, p. 143, Oct. 2019, doi: 10.12928/si.v17i2.13139.
- [15] O. Lähdeaho and O.-P. Hilmola, "An exploration of quantitative models and algorithms for vehicle routing optimization and traveling salesman problems," *Supply Chain Analytics*, vol. 5, p. 100056, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.sca.2023.100056.
- [16] H. M. Asih, R. A. C. Leuveano, A. Rahman, and M. Faishal, "TRAVELING SALESMAN PROBLEM WITH PRIORITIZATION FOR PERISHABLE PRODUCTS IN YOGYAKARTA, INDONESIA," *Journal of Advanced Manufacturing Technology (JAMT)*, vol. 16, no. 3, Dec. 2022, [Online]. Available: <https://jamt.utm.edu.my/jamt/article/view/6405>
- [17] J. O. Muladi, K. Kristiansyah Dezzano, A. Febrianto, A. C. Kurniawan, N. Ruswandi, and A. A. N. P. Redi, "Optimasi Rute Kapal untuk Distribusi Spare Parts Menggunakan Vehicle Routing Problem dengan Algoritma Tabu Search," *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem dan Industri*, vol. 1, no. 01, pp. 1–10, Nov. 2020, doi: 10.35261/gijtsi.v1i01.4316.
- [18] A. Khadijah, A. Syarifudin, and H. Wijaya, "Determination of Distribution Products Using Matrix Saving Method in the Serang Marketing Office Area," in *Proceedings of the 1st International Multidisciplinary Conference on Education, Technology, and Engineering (IMCETE 2019)*, Paris, France: Atlantis Press, 2020. doi: 10.2991/assehr.k.200303.079.
- [19] S. Liu, H. Wang, W. Peng, and W. Yao, "Surrogate-assisted evolutionary algorithms for expensive combinatorial optimization: a survey," *Complex and Intelligent Systems*, vol. 10, no. 4, pp. 5933–5949, Aug. 2024, doi: 10.1007/s40747-024-01465-5.
- [20] A. Pătrăușanu, A. Florea, M. Neghină, A. Dicoiu, and R. Chiș, "A Systematic Review of Multi-Objective Evolutionary Algorithms Optimization Frameworks," *Processes*, vol. 12, no. 5, p. 869, Apr. 2024, doi: 10.3390/pr12050869.