



PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK Mencari Optimasi Kombinasi Jalur Terpendek dalam Kasus *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM*

Aldhiqo Yusron Mubarak¹, Umi Chotijah²

^{1,2} Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Gresik
Gresik, Jawa timur, Indonesia
aldhiqo_170602@umg.ac.id, umi.chotijah@umg.ac.id

Abstract

In delivering packages, goods, and in doing a business, location is a critical variable to control. The number of cases is often found in the arrival of late packages because the courier cannot find the fastest or most efficient route. Determining the most effective distance in a shipment of goods or packages determines customer satisfaction. In this case, the authors make an alternative to search for the shortest path optimization in the Travelling Salesman Problem (TSP) using genetic algorithm methods. With this method, the author wants to analyze and calculate the optimal or shortest route with the data set used. With the principle of a genetic algorithm that resembles the selection of living things with the population as part of each individual, each individual will represent by a fitness value. The application used to make this application is Matlab 2020a. The research results show that the optimal value of generation is 200 generations with the optimal crossover probability of 0.8, and the optimal mutation probability is 0.005. By finding the optimal value of each required variable, the graph of the shortest route will see. This value can be said to be best because the fitness obtained from these results is 0.036 indicating the most optimal value.

Keywords: Travelling salesman problem, MATLAB, Generic Algoritim, Shortest route, Intelligent computing

Abstrak

Dalam pengiriman suatu paket, barang, dan dalam melakukan sebuah bisnis, lokasi merupakan hal yang sangat penting untuk dikendalikan. Banyaknya kasus yang sering ditemukan adalah kedatangan paket yang terlambat dikarenakan kurir barang tidak dapat menemukan jalur yang tercepat atau yang paling efisien. Menentukan jarak yang paling efektif dalam sebuah pengiriman barang atau paket menjadi hal yang dapat menentukan kepuasan pelanggan. Dalam kasus ini penulis membuat sebuah alternatif mencari optimasi jalur terpendek dalam kasus TSP dengan menggunakan metode algoritma genetika. Dengan metode tersebut penulis ingin menganalisa dan menghitung rute optimal atau terpendek dengan data set yang telah digunakan. Dengan prinsip algoritma genetika yang menyerupai seleksi makhluk hidup dengan populasi sebagai bagian dari tiap individu dan tiap individu akan dilambangkan dengan sebuah nilai *fitness*. Aplikasi yang digunakan untuk membuat aplikasi ini adalah Matlab 2020a. Hasil dari penelitian yang ditemukan ukuran generasi pada penelitian kali ini yang menunjukkan hasil optimal adalah 200 generasi dengan nilai optimal untuk Probabilitas *crossover* sebesar 0,8 serta 0,005 untuk probabilitas terbaik mutasi. Nilai tersebut dapat dikatakan baik karena *fitness* yang didapat dari hasil tersebut adalah 0,036 menunjukkan nilai yang paling optimal.

Kata kunci: Travelling Salesman Problem, MATLAB, Algoritma genetika, Jalur terpendek, Komputasi cerdas

1. PENDAHULUAN

Dalam menjalankan sebuah usaha, terutama dalam era global, pasti diperlukan suatu jasa antar barang antara penjual dan pembeli. Semakin besar usaha yang dijalankan, semakin banyak pula tenaga yang diperlukan untuk mengantar barang yang dipesan pelanggan. Kecepatan

dalam pengantaran barang merupakan salah satu faktor penting dari kepuasan pelanggan. Semakin cepat paket atau barang yang akan datang pelanggan akan semakin puas. Dalam beberapa kasus, keterlambatan pengiriman masih sering terjadi pada beberapa usaha pengiriman barang. Banyak faktor yang dapat menyebabkan hal ini, salah satu

faktornya adalah mengambil jalur yang salah, sehingga jalur yang akan ditempuh menjadi lebih jauh dari yang diharapkan, maka dari itu penulis memutuskan untuk membuat penelitian ini untuk mempermudah dan mempercepat jalur pengiriman barang yang akan ditempuh hingga sampai ke tujuan. Sehingga semua pelanggan atau supir yang dapat sampai ke tujuan dengan lebih cepat.

Dalam kasus lain selain pengiriman barang, penelitian ini juga dapat diterapkan pada pengendara pada umumnya atau pada kasus mudik. Kebanyakan pengendara umum pasti menginginkan jalur yang tercepat untuk segera sampai tujuan, maka dari itu penulis membuat penelitian tentang pencarian optimasi jalur terpendek dengan menggunakan metode algoritma genetika.

Untuk menyelesaikan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis, maka penulis mengambil beberapa referensi dari penulis seperti Wiyanti. Penelitian ini bertujuan untuk mencari metode mana yang paling baik untuk memecahkan jalur terpendek yang akan dilalui oleh seorang *salesman* dari antar kota. Dari penelitiannya dapat disimpulkan bahwa tidak ada algoritma yang dapat menyelesaikan semua masalah secara optimal, sehingga penulis harus memilih algoritma yang terbaik pada setiap kasus yang digunakan [1].

Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh M.Irfan memilih menggunakan metode Algoritma hill Climbing. Penelitian ini akan menghasilkan penyelesaian TSP dengan menggunakan MATLAB sebagai alat bantu untuk memecahkan masalah TSP dengan menggunakan grafik [2]. Penelitian yang dilakukan oleh Chen dan Zhou mempunyai inti studi yang difokuskan pada “pemanfaatan algoritma genetika untuk meningkatkan masalah VRP dengan *time windows*” [3]. Pada riset ini, penulis menggunakan algoritma genetika dengan maksud untuk memperoleh rute ideal perjalanan dengan syarat terjadi kombinasi terbaik bagi jalur yang dilalui, dengan perjalanan waktu yang singkat, serta dapat melayani semua pembeli.

Topik lain yang akan diambil selanjutnya tentang mengatasi masalah TSP pada kota Kupang [4]. Penelitian tersebut memiliki hasil yang baik mengenai hasil algoritma genetika sebagai metode yang digunakan penulis. Hasil yang diperoleh penulis setelah melakukan penelitian adalah memberi jadwal perjalanan tetap dan pasti untuk saudagar perabot keliling Kota Kupang serta memiliki jadwal tersendiri yang berisi jalur perjalanan titik kelurahan beserta titik tempuhnya. Kemudian rujukan berikutnya penulis ambil dari Mayadi dan Raisul Ashar melakukan penelitian mencari perbandingan perhitungan secara manual dengan menggunakan algoritma A* untuk mencari jalur terpendek yang nantinya akan ditempuh oleh pengirim pesanan dodol khas Lombok. Dalam penelitian tersebut ditemukan bahwa hasil dari perbandingan

perhitungan yang di dapat, Algoritma A* menghasilkan jalur yang lebih kecil (jalur terpendek) dari pada perhitungan secara manual. Tentu saja hal ini sangat bagus untuk diterapkan dalam pencarian rute terpendek untuk pengiriman dodol dikarenakan dengan rute yang lebih pendek biaya yang dikeluarkan oleh pengirim akan semakin sedikit [5].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Algoritma Genetika

Algoritma generika dikembangkan pada tahun 1975 di Universitas *Michigan* oleh Jhon Holland. Algoritma genetika dapat diartikan sebagai algoritma yang menggunakan proses seleksi alam, atau bisa juga disebut proses evolusi sebagaimana yang diutarakan oleh Charles Darwin. Individu akan melakukan perubahan gen secara terus-menerus hingga sesuai dengan lingkungannya.

Algoritma genetika tidak dapat dipastikan akan selalu mencapai hasil terbaik, akan tetapi metode ini berkali-kali menanggulangi masalah dengan hasil baik. Algoritma genetika dapat mewakili solusi untuk masalah seperti kromosom. Berikut ini adalah beberapa aspek penting dari algoritma genetika, seperti memahami fungsi *fitness*, memahami dan menerapkan representasi genetika, serta memahami dan menjalankan operasi genetika. Ketiga aspek tersebut sangat membantu dalam menunjang performa algoritma genetika.

Populasi yang besar merupakan keuntungan yang jelas bagi algoritma genetika. Algoritma genetika adalah teknik penelitian dan optimasi yang berfungsi untuk meniru perubahan dalam proses evolusi dan komposisi genetik suatu organisme. Prinsip kerja algoritma genetika memperlakukan individu sebagai populasi baru, populasi generasi, melalui perkawinan dan mutasi. Persilangan atau mutasi terus terjadi sampai populasi baru kembali ke nilai yang sebanding.

2.2 Nilai *Fitness*

Fitness adalah nilai dari setiap individu dan fungsinya untuk menentukan tingkat konsistensi individu terhadap tujuan atau kriteria masalah yang ingin dicapai [6]. Perhitungan *fitness* kromosom merepresentasikan kromosom dalam populasi beserta kualitasnya.

$$\text{Nilai Fitness} = \frac{1}{\sum(cij) + \sum Pi}$$

Keterangan:

- *cij* merupakan nilai waktu tempuh dari titik *i* ke titik *j*.
- *Pi* adalah penalti jika pelanggan dilayani diluar jadwal yang telah ditentukan

2.3 Proses Mutasi

Proses mutasi dapat memanifestasikan individu baru dengan mengubah satu atau banyak gen pada individu yang serupa. Fungsi mutasi adalah menggantikan gen pada suatu populasi yang lenyap selama seleksi dan mempersiapkan gen yang tidak ada pada populasi pertama [7]. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa mutasi meningkatkan variabilitas suatu populasi.

Dalam riset ini, kami menggunakan *reciprocal exchange* dengan memilih dua posisi secara acak yang nantinya akan ditukar kedua posisinya. Cara ini mudah diterapkan dan memiliki kelebihan karena hasil mutasi ini keturunannya tidak memiliki gen yang sama.

2.4 Proses Seleksi

Proses seleksi merupakan suatu proses yang bertujuan untuk memilih atau memilih calon keturunan yang baru. Orang tua yang baik dapat menghasilkan generasi yang baik. Nilai *fitness* akan berbanding lurus dengan proses seleksi individu, jadi semakin besar nilainya maka semakin banyak peluang terpilih [8]. Kapabilitas algoritma genetika untuk secara bertahap menghasilkan kromosom yang lebih baik bergantung pada tekanan selektif yang diberikan pada populasi.

Ada dua cara untuk menerapkan penekanan selektif. Metode pertama yakni menggandakan kromosom keturunan dan menyimpannya dalam populasi, serta menentukan hanya kromosom yang paling cocok untuk keturunan berikutnya. Cara yang lebih baik untuk menghasilkan kromosom adalah dengan memilih orang tua secara acak. Cara lain untuk menerapkan penghapusan selektif adalah menyeleksi orang tua mana yang lebih baik ketika memanifestasikan anak baru. Dengan menggunakan metode tersebut, hanya kromosom dengan jumlah populasi tertentu yang dipertahankan untuk generasi berikutnya. Berikut ini adalah contoh metode seleksi yang umum dipakai, yakni *tournament selection*, *roulette wheel selection*, dan elitis.

2.5 Crossover

Crossover atau perkawinan silang (persilangan) dapat diartikan sebagai suatu sistem algoritma genetika untuk menyatukan dua kromosom dan mewarisi sifat dasar perkawinan silang orang tua, yang berfungsi untuk menghasilkan keturunan baru dengan mengganti substitusi informasi tertentu dari kromosom keturunan yang dihasilkan induk [9]. Pada risetnya kali ini memanfaatkan metode *crossover PMX*, dengan alasan metode ini dapat mencegah kemungkinan gen kembar atau ganda dalam satu individu.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan penulis terdiri dari beberapa proses sebagai berikut :

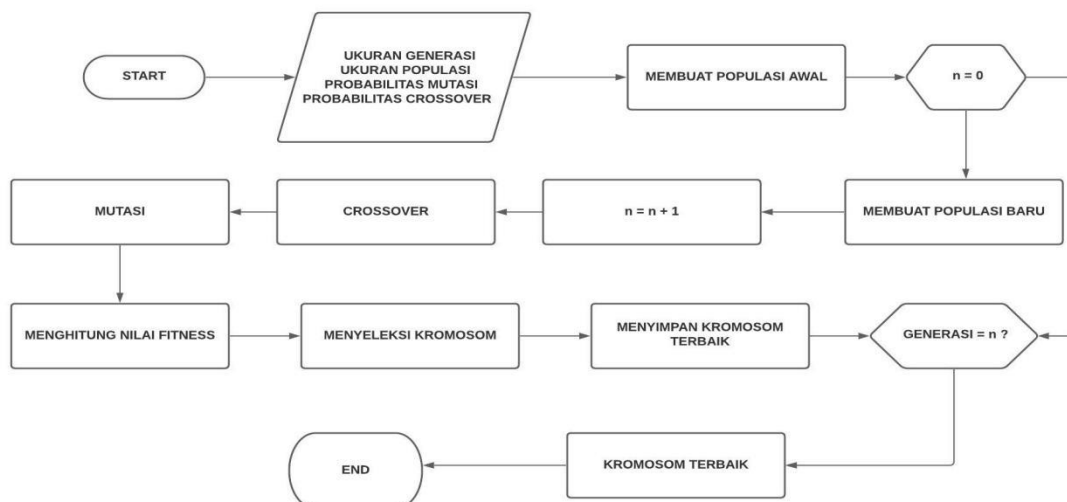
3.1 Studi Pustaka

Studi Pustaka penulis lakukan dengan cara membaca dari segala sumber yang dapat ditemukan baik dari buku, artikel, dan jurnal sebagai solusi untuk memecahkan masalah.

3.2 Perancangan Algoritma dan Pembuatan Program

Dalam proses ini penulis membuat algoritma yang nantinya akan digunakan untuk membuat dasar dari program untuk membuat aplikasi jalur terpendek dengan aplikasi MATLAB 2020A. Penelitian ini dimulai dengan menentukan variabel yang dibutuhkan untuk mencari solusi dari *Travelling Salesman Problem* dengan menggunakan algoritma genetika. Variabel yang dibutuhkan adalah Ukuran Generasi, Ukuran Populasi, Probabilitas Mutasi, dan Probabilitas *Crossover*.

Hal yang pertama dilakukan adalah membuat populasi awal dengan menentukan nilai $n = 0$ yang nantinya akan digunakan untuk membuat populasi baru dengan menambah jumlah setiap n untuk mencari nilai dari populasi dan Mutasi sebagai alat untuk menentukan nilai dari *fitness* [10]. Kromosom akan diseleksi dengan setiap nilai yang dimasukkan hingga menemukan kromosom yang paling baik dengan menggunakan generasi yang berbeda – beda. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3.3 Uji Coba

Pada proses ini penulis melakukan *trial* dan *error* pada program yang telah dibuat, hingga mendapatkan hasil yang diinginkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan analisa mengenai jalur terpendek dengan metode algoritma genetika, diperlukan data set atau nilai yang digunakan untuk membantu menemukan jalur terpendek. Dalam mencari nilai jarak yang optimal dan terbaik diperlukan data rute dari suatu kota a ke kota b ataupun dari suatu titik koordinat a ke koordinat yang lain. Berikut data koordinat yang telah dipersiapkan oleh penulis untuk penelitian kali ini

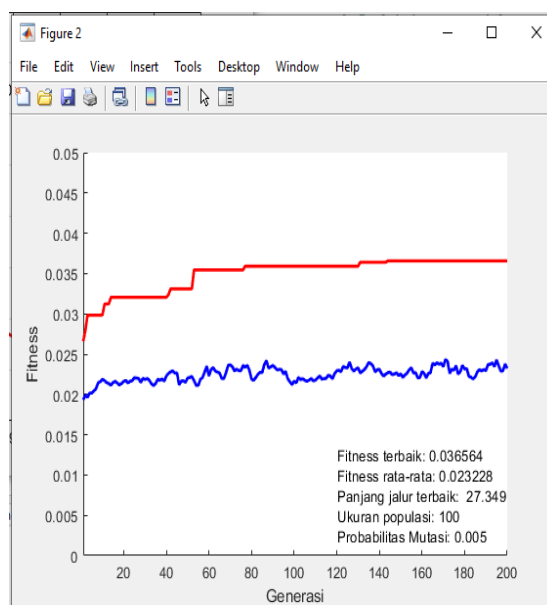
Tabel 1. Nilai Koordinat

Jarak	X	Y
P01	11.5	1.4
P02	13	3.2
P03	11.8	4.3
P04	11.7	5.9
P05	11.6	7.8
P06	11.3	8.4
P07	10.2	6.3
P08	9.8	8.4
P09	8.5	7.5
P10	4	5.5
P11	4.1	5.1

Dari tabel 1 akan dicari jalur terbaik untuk seseorang dengan melakukan perhitungan secara *looping* hingga ditemukan nilai yang terbaik. Program yang digunakan adalah MATLAB 2020a.

4.1 Hasil Analisa Pada Populasi

Pengujian ini dilakukan untuk menganalisa dan mencari ukuran populasi yang paling baik. Setiap ukuran populasi dijalankan 10 kali, dimana untuk nilai ukuran populasi yang digunakan adalah kelipatan 10 dan berkisar antara 10 hingga 100 populasi, ukuran generasi 200, probabilitas mutasi 0,005 dan crossover 0,8. Pada Gambar 2 terdapat perubahan yang cukup signifikan pada rata-rata *fitness* yang diperoleh apabila jumlah populasi semakin besar. Nilai *fitness* rata-rata untuk 10 percobaan berkisar antara 10 hingga 100, tetapi untuk ukuran populasi dari 10 hingga 100 tidak ada perubahan yang signifikan dan grafik tidak berubah pada rata-rata 25–24 atau cenderung tetap. Populasi 100 adalah ukuran populasi ideal untuk masalah travelling salesman pada Gambar 2.



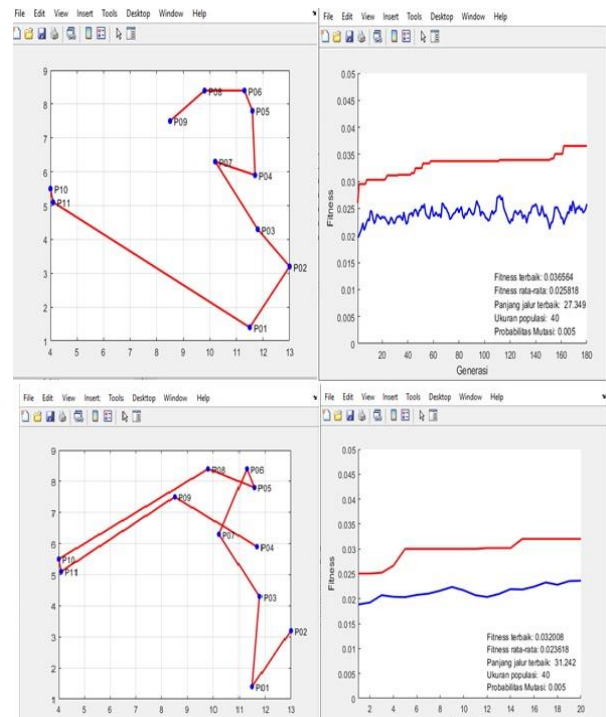
Gambar 2. Grafik Hasil Uji Coba Ukuran Populasi

Gambar 2 menunjukkan nilai *fitness* pada masing-masing nilai generasi. Garis merah pada gambar di atas merupakan nilai *fitness* terbaik sedangkan garis biru merepresentasikan nilai dari *fitness* rata-rata. Nilai *fitness* rata-rata yang diperoleh dipengaruhi oleh besarnya ukuran populasi yang digunakan, semakin besar ukuran populasi maka semakin besar pengaruh waktu pemrosesan algoritma genetika. Oleh karena itu, kita dapat melihat bahwa semakin besar ukuran populasi, semakin lama proses algoritma genetika dan ukuran populasi yang terbaik diperlukan.

Seperti yang ditunjukkan pada grafik pada Gambar 2, untuk setiap kumpulan data nilai ukuran populasi yang optimal bisa bervariasi. Besarnya populasi dari 100 populasi dengan rata-rata 0,023 berbeda dengan populasi yang dimasukkan sebelumnya. Ada 10 hingga 90 populasi, yang mungkin disebabkan oleh nilai yang kecil pada variabilitas populasi dan ukuran populasi. Variasi individu yang dipilih sebagai calon orang tua terbatas, dan keturunan yang dihasilkan mungkin mempunyai karakteristik serupa dengan nilai fisik yang hampir identik.

4.2 Hasil Analisa Tiap Generasi

Pada gambar 3, terdapat 2 gambar yang bersebelahan, maksud dari hal tersebut adalah pada gambar yang terdapat garis merah saja, gambar tersebut merupakan hasil dari rute terpendek dari grafik nilai *fitness* yang telah diperoleh. Seperti pada gambar sebelumnya garis biru adalah nilai dari *fitness* rata-rata sedangkan garis merah adalah hasil nilai *fitness* terbaik. Pengujian kedua dilakukan untuk mencari ukuran generasi secara optimal. Para peneliti melakukan 10 percobaan untuk setiap ukuran generasi, dengan ukuran populasi 40 populasi, ukuran generasi yang digunakan adalah kelipatan 20, antara 20 hingga 200 generasi, serta probabilitas persilangan dan mutasi yang digunakan adalah 0,8. Gambar 3 menunjukkan bahwa hasil dari algoritma genetika dipengaruhi oleh ukuran generasi yang digunakan. Nilai terkecil dari data yang diambil adalah generasi ke-20 yang merupakan indikator generasi terkecil dalam penelitian ini. Faktanya, algoritma genetika tidak dikelola secara optimal karena ukuran populasi lebih besar dari generasi dan nilai generasi yang digunakan tidak mencukupi. Ukuran generasi yang optimal untuk masalah travelling salesman adalah 200 generasi, memang untuk ukuran generasi dari 100 hingga 200 generasi, nilai penyesuaian hasil tidak jauh berbeda dan cenderung stabil.



Gambar 3. Grafik Rata – Rata Nilai *Fitness* Tiap Generasi

Banyaknya ukuran generasi tidak dapat menentukan nilai algoritma genetika menjadi lebih optimal. Selain waktu proses yang digunakan akan menjadi lebih lama dan tidak dapat dipastikan nilai *fitness* yang diperoleh akan menjadi lebih baik dari generasi yang ukurannya lebih rendah. Proses evolusi akan semakin sering dilakukan apabila ukuran generasi yang digunakan semakin tinggi. Proses rekombinasi, dimana didalamnya terdiri atas *crossover* dan mutasi, akan dilakukan setiap satu generasi. Sehingga seringkali proses rekombinasi akan ditentukan oleh banyaknya generasi. Hal ini tentunya akan mempengaruhi setiap individu-individu baru yang dihasilkan. Semakin banyak proses *crossover* dan mutasi yang dilakukan maka, semakin banyak pula variasi individu-individu baru yang dihasilkan dan dapat terjadi kemungkinan bahwa nilai *fitness* yang dihasilkan akan lebih bervariasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah algoritma genetika dapat diimplementasikan untuk menyelesaikan ukuran jarak atau masalah TSP yang optimal dengan memakai ukuran keturunan, ukuran populasi, probabilitas persilangan dan mutasi, dan metode seleksi yang tepat. Ukuran generasi yang optimal adalah 200 generasi dengan Probabilitas *crossover* optimal adalah 0,8 sedangkan probabilitas mutasi terbaik adalah 0,005. Nilai optimal parameter algoritma genetika dipengaruhi oleh perbedaan nilai yang digunakan.

Untuk Pengembangan Penelitian Mencari Rute Tercepat Selanjutnya, Dapat Dilakukan Dengan Menambahkan Beberapa Faktor Seperti Data Terkait Kepadatan Jalan Serta Jumlah Dan Frekuensi Lampu Merah Pada Jalan Yang Dilewati Yang Mempengaruhi Waktu Tempuh Perjalanan Secara Nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. T. Wiyanti, "Algoritma Optimasi Untuk Penyelesaian *Travelling Salesman Problem*," *J. Transform.*, vol. 11, no. 1, p. 1, 2013, doi: 10.26623/transformatika.v11i1.76.
- [2] M. Irfan, "Penyelesaian *Travelling Salesman Problem* (TSP) Menggunakan Algoritma Hill Climbing dan MATLAB," *Matematika*, vol. 17, no. 1, pp. 13–20, 2018, doi: 10.29313/jmtm.v17i1.3090.
- [3] T. Chen and G. Zhou, "*Vehicle Routing Optimization Problem With Time-Windows and Its Solution by Genetic Algorithm*," *J. Digit. Inf. Manag.*, vol. 11, pp. 136–145, 2013.
- [4] W. T. Ina, S. O. Manu, and T. Y. Matahhine, "Penerapan Algoritma Genetika pada *Travelling Salesman Problem* (TSP) (Studi Kasus: Pedagang Perabot Keliling di Kota Kupang)," *J. Media Elektro*, pp. 53–58, 2019, doi: 10.35508/jme.v8i1.632.
- [5] R. A. Mayadi, "Perbandingan Perhitungan Manual dengan Algoritma A," *JIRE (Jurnal Inform. Rekayasa Elektron.*, vol. 2, no. 2, pp. 27–34, 2019.
- [6] W. Mahmudy, R. Marian, and L. Luong, "*Hybrid Genetic Algorithms for Part Type Selection and Machine Loading Problems with Alternative Production Plans in Flexible Manufacturing System*," *ECTI Trans. Comput. Inf. Technol.*, vol. 8, pp. 80–93, 2014, doi: 10.37936/ecti-cit.201481.54390.
- [7] 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," *J. Ilm. Komput.*, vol. 10, no. 1, pp. 27–32, 2017.
- [8] I. M. S. Putra, "Penerapan Algoritma Genetika dan Implementasi Dalam MATLAB," vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2018.
- [9] W. F. Mahmudy, "The *Introduction of Genetic Algorithm*," pp. 1–104, 2015.
- [10] W. Mahmudy, R. Marian, and L. Luong, "*Real Coded Genetic Algorithms for Solving Flexible Job-Shop Scheduling Problem-Part II: Optimization*," *Adv. Mater. Res.*, vol. 701, pp. 364–369, 2013, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.701.364.