**Optimasi Rute Wisata di Kota Gresik Menggunakan Metode Algoritma Genetika**

Lisa Albertha Angelina1\*, Henny Dwi Bhakti2, Harunur Rosyid3

1-3Universitas Muhammadiyah Gresik, Indonesia

\*Corresponding Author: lisaalberthaa@gmail.com

**ABSTRAK**

Gresik merupakan salah satu kota di Jawa Timur yang dikenal dengan berbagai julukan antara lain Kota Wali, Kota Santri, dan Kota Pudak. Kota Gresik memiliki berbagai tempat wisata seperti Edu Wisata Lontar Sewu, Bukit Jamur, Bandar Grisse, Wisata Alam Gosari, Taman Bunder dan lain sebagainya. Banyaknya destinasi wisata akan memberikan pengunjung beragam pilihan. Namun di sisi lain, seiring dengan bertambahnya jumlah destinasi wisata, timbul permasalahan dalam mengidentifikasi pilihan wisata yang sesuai dengan harapan wisatawan. Dalam mengatasi hal tersebut, penelitian ini menggunakan metode algoritma genetika untuk menyelesaikan permasalahan TSP dan menentukan jalur wisata Gresik yang optimal. Hasil analisis global diketahui bahwa sistem memberikan hasil rekomendasi rute yang optimal dengan menunjukkan selisih perbandingan jarak awal dan jarak akhir pada sistem yaitu sebesar 17,11 km (14,42%) dengan rute terbaik yaitu 1-20-6-3-13-11-10-14-7-4-2-5-8-9-15-19-17-18-16-12.

**Kata Kunci**: gresik, optimasi, TSP, algoritma genetika

1. **Pendahuluan**

Wisata adalah kegiatan yang dilakukan oleh individu atau kelompok untuk mengunjungi suatu tempat dalam jangka waktu tertentu untuk rekreasi, pengembangan diri, atau untuk mengeksplorasi keunikan lokasi tersebut. Terdapat beragam jenis wisata, termasuk wisata alam, budaya, rekreasi, olahraga, bisnis, konvensi, dan lainnya, yang sesuai dengan kepentingan dan keinginan para wisatawan [1]. Kegiatan pariwisata di Indonesia sangatlah banyak dan mempunyai jenis dan kategori yang berbeda-beda, sehingga perlu dikembangkan agar menjadi menarik dan layak untuk dikunjungi. Sebagai kawasan yang kaya akan keindahan alam, keanekaragaman flora dan fauna, serta keunikan seni dan budaya di Jawa Timur, mempunyai potensi yang besar jika dikembangkan dan dikelola secara optimal. Secara khusus pariwisata Jawa Timur memiliki destinasi yang tersebar di seluruh wilayah Jawa Timur, baik itu wisata edukasi, wisata pantai, wisata kuliner, wisata religi, dan lain-lain.

Gresik merupakan salah satu kota di Jawa Timur yang dikenal dengan berbagai julukan antara lain Kota Wali, Kota Santri, dan Kota Pudak. Kota ini terletak di pantai timur Jawa dan merupakan rumah bagi dua dari sembilan Wali Songo yang ada. Gresik juga memiliki tradisi keagamaan yang sangat kental, seperti acara “Malam Selawe” yang diadakan setiap tahun pada hari ke-25 Ramadhan untuk memperingati malam puncak Ramadhan. Selain itu, kota ini juga memiliki tradisi budaya yang sangat kental, seperti Pencak Macan, sebuah seni budaya yang mengandung simbol-simbol keagamaan. Kota Gresik memiliki berbagai tempat wisata seperti Edu Wisata Lontar Sewu, Bukit Jamur, Bandar Grisse, Wisata Alam Gosari, Taman Bunder dan lain sebagainya. Banyaknya destinasi wisata akan memberikan pengunjung beragam pilihan. Namun di sisi lain, seiring dengan bertambahnya jumlah destinasi wisata, timbul permasalahan dalam mengidentifikasi pilihan wisata yang sesuai dengan harapan wisatawan. Dalam berwisata ke tempat wisata, hal yang paling penting untuk diperhatikan adalah efisiensi jarak yang ditempuh dan efektifitas jalur wisata yang ditempuh. Pemilihan rute yang tidak tepat dapat mempengaruhi jarak yang ditempuh, sehingga perlu dilakukan upaya untuk mencegah masalah tersebut.

Traveling Salesman Problem (TSP) atau dikenal juga dengan pencarian jalur terpendek merupakan suatu masalah optimasi dengan banyak aplikasi penting dalam mencari hasil yang optimal dengan tujuan memperoleh solusi yang mendekati nilai optimal dalam suatu permasalahan seperti routing proses dan penjadwalan produksi. Dalam TSP, seseorang harus menentukan mode perjalanan, dengan ketentuan orang tersebut memulai dari kota awal, mengunjungi semua kota tujuan sebanyak satu kali, dan kembali ke kota awal dengan jarak rute terpendek tanpa mengulang kota tujuan sebelumnya [2]. Algoritma genetika memiliki mekanisme evolusi, yang menjadikannya salah satu teknik optimasi yang paling umum digunakan untuk menyelesaikan masalah TSP. Seleksi, hibridisasi, mutasi, dan pembentukan populasi baru adalah bagian dari proses evolusi yang mencakup iterasi tertentu. Tujuan dari proses ini adalah untuk menghasilkan generasi baru yang memberikan solusi lebih baik dibandingkan generasi sebelumnya [3].

Optimalisasi rute perjalanan mengasumsikan bahwa pemilihan rute yang tepat dapat menjadi solusi permasalahan dan dengan demikian mengurangi jarak yang ditempuh dapat menjadi solusinya. Optimasi rute dapat dicapai dengan menggunakan Traveling Salesman Problem (TSP) [4]. Meskipun berbagai metode telah dikembangkan untuk mengatasi Traveling Salesman Problem (TSP), beberapa di antaranya masih menunjukkan keterbatasan dalam kinerja. Dalam situasi ini, Algoritma Genetika menjadi alternatif yang efektif (Fadhil-lah A et al., 2023), tidak hanya untuk menangani TSP, tetapi juga dapat diterapkan pada banyak hal lain, seperti distribusi, paket wisata, layanan ojek online, optimisasi rute penjualan, dan lainnya. Algoritma Genetika sesuai untuk menyelesaikan masalah seperti ini karena keunggulannya dan hasil terbaiknya. Berdasarkan permasalahan yang ada akan dibangun sistem untuk menentukan optimasi rute wisata di Kota Gresik dengan menggunakan metode Algoritma genetika dan dimodelkan menggunakan pendekatan Traveling Salesman Problem [5].

Pariwisata di Jawa Timur memiliki potensi yang besar dengan berbagai jenis destinasi seperti Wisata Edukasi, pantai, kuliner, dan wisata religi. Gresik, sebuah kota di Jawa Timur, terkenal dengan tradisi agama dan budaya yang kuat. Beberapa tempat wisata menarik di Gresik antara lain Edu Wisata Lontar Sewu, Bukit Jamur, Bandar Grisse, Wisata Alam Gosari, dan Taman Bundar. Pemilihan rute wisata di Kota Gresik seperti mempertimbangkan minat dan preferensi wistawan, destinasi wisata apa saja yang sering dikunjungi, pemilihan rute yang memberikan jarak tempuh yang efisien antar destinasi wisata, memilih rute yang mudah diakses oleh transportasi umum atau kendaraan pribadi dan lain sebagainya. Namun dengan semakin banyaknya destinasi wisata, efisiensi dan efektivitas rute yang dipilih perlu diperhatikan agar pengalaman wisatawan tetap optimal.

Analisis Sistem Penentuan Rute Jarak Wisata di Kota Gresik menggunakan metode Algoritma genetika didapatkan masalah utama yaitu belum adanya sistem untuk menentukan rute jarak wisata di Kota Gresik yang dapat membantu wisatawan dalam berwisata ke tempat wisata, agar mendapatkan efisiensi jarak yang ditempuh dan efektifitas jalur wisata yang ditempuh karena pemilihan rute yang tidak tepat dapat mempengaruhi jarak yang ditempuh. Dari permasalahan tersebut peneliti membuat Sistem Penentuan Rute Jarak Wisata di Kota Gresik. menggunakan metode Algoritma Genetika.

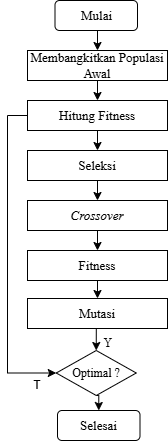
1. **Metode**

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (Optimasi), optimasi diartikan sebagai optimalisasi, yaitu proses, cara, dan kreasi untuk menghasilkan hal-hal terkini. Sedangkan optimasi juga berasal dari kamus bahasa inggris yaitu Optimization yang artinya optimasi. Menurut Suprodjo dan Purwandi, 1982, Tarmizi, 2005, Optimasi matematis adalah suatu teknik untuk mencapai harga ekstrim maksimum atau minimum untuk suatu fungsi tertentu dengan beberapa faktor pembatas (Ekonomi Manajemen).

Traveling Salesman Problem (TSP) adalah salah satu masalah paling populer dalam optimasi kombinatorial dan telah diterapkan pada masalah perencanaan kendaraan, penjadwalan, penempatan, dan perutean. TSP adalah masalah rute perjalanan ketika mengunjungi banyak kota dan setiap kota dimulai dan diakhiri di kota yang sama dengan jarak perjalanan yang paling sedikit [6]. TSP memiliki beberapa karakteristik, semua kota harus dilintasi tanpa kecuali, tidak dapat kembali ke kota awal jika masih ada kota yang belum dilintasi, dan hanya dapat dilintasi sekali [7]. Merencanakan jarak total minimum adalah masalah TSP .

Algoritma Genetika merupakan suatu metode optimasi yang berasal dari gagasan tentang proses seleksi alam. Algoritma genetika diawali dengan menyajikan solusi dari suatu permasalahan yang ingin diselesaikan dalam suatu rangkaian kromosom yang kemudian menghitung nilai fitness dan memilih individu mana yang mempunyai nilai fitness tersebut. Algoritma genetika menerapkan langkah-langkah seleksi pada proses optimasi dengan menggabungkan beberapa pilihan secara acak dalam suatu populasi untuk memperoleh generasi baru dengan nilai fitness tertinggi. Generasi baru dihasilkan dengan menggunakan operator genetik dari individu yang ada dalam populasi [8].

Dalam Algoritma Genetika untuk menyelesaikan TSP, nilai fitness terpendek diukur sebagai invers dari total jarak rute yang ditempuh. Semakin pendek jaraknya, semakin tinggi nilai fitnessnya. Langkah-langkahnya melibatkan perhitungan jarak total untuk setiap individu, diikuti dengan penghitungan nilai fitness dengan mengambil invers dari total jarak. Setelah itu, dilakukan seleksi berdasarkan nilai fitness untuk menentukan individu yang akan menjadi orangtua dalam reproduksi. Proses ini berulang secara iteratif hingga solusi yang mendekati optimal ditemukan.



**Gambar 1.** Flowchart Algoritma Genetika

Data dipetakan di lokasi setiap wisata yang dikunjungi berdasarkan titik koordinat Google Maps. Penulis mendapatkan 20 destinasi lokasi wisata yang ada di Kota Gresik, seperti Telaga Ngipik, Kampung Kemasan, Bandar Grissee, Dynasty Water Park dan lain sebagainya.

**Tabel 1.** Data Lokasi Wisata Di Kabupaten Gresik

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Lokasi** | **Latitude** | **Longitude** |
| 1 | Telaga Ngipik | -7,15181 | 112,63296 |
| 2 | Kampung Kemasan | -7,14774 | 112,65544 |
| 3 | Nyai Ageng Pinatih | -7,15192 | 112,65827 |
| 4 | Bandar Grissee | -7,15267 | 112,65609 |
| 5 | Alun-Alun Gresik | -7,15492 | 112,65683 |
| 6 | Museum Sunan Giri | -7,15841 | 112,65464 |
| 7 | Wisata Kampung Kreasi | -7,16307 | 112,65774 |
| 8 | Dynasty Water Park | -7,13872 | 112,61525 |
| 9 | Bukit Kapur Suci | -7,14254 | 112,60669 |
| 10 | Bukit Awan | -7,16202 | 112,62243 |
| 11 | Wisata Religi Sunan Giri | -7,16844 | 112,63102 |
| 12 | Mangrove Kalimereng | -7,10794 | 112,60678 |
| 13 | Ekowisata Mangrove Kali Lamong | -7,19466 | 112,63482 |
| 14 | Pantai Karang Kiring | -7,18868 | 112,66579 |
| 15 | Edu Wisata Lontar Sewu | -7,23828 | 112,58365 |
| 16 | Wisata Jati Sewu | -7,27289 | 112,62431 |
| 17 | Bukit Jamur | -7,04212 | 112,56638 |
| 18 | Wisata Telaga Palemwatu | -7,26462 | 112,58192 |
| 19 | Wisata Kemudi Warior | -7,12111 | 112,54738 |
| 20 | Telaga Perengan | -7,15358 | 112,62628 |

Jarak antar dua titik dalam koordinat desimal dihitung menggunakan rumus Haversine berikut dari beberapa lokasi yang akan dikunjungi. Perhitungan jarak antar titik koordinat lokasi ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Jarak Antar Titik Koordinat



Algoritma genetika terdiri dari empat proses utama. Pertama, inisialisasi awal digunakan menemukan solusi awal untuk masalah. Kemudian, proses reproduksi yang mencakup mutation dan crossover, menghasilkan keturunan baru. Selanjutnya, evaluasi dilakukan untuk mengukur nilai kecocokan setiap individu dalam populasi. Terakhir, seleksi digunakan untuk memilih individu baru berdasarkan nilai kecocokan, dengan memprioritaskan mereka yang memiliki nilai kecocokan yang paling tinggi.

1. Inisialisasi awal parameter Algoritma Genetika

Langkah awal algoritme genetika, kita menentukan parameter-parameter seperti jumlah generasi, ukuran populasi, tingkat persilangan, dan tingkat mutasi. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini untuk menyelesaikan masalah dengan algoritma genetika adalah:

Jumlah Generasi : 20

Popsize : 10

Crossover rate : 0,5

Mutation rate : 0,1

1. Mendefinisikan gen

Gen dalam hal ini merupakan representasi dari tempat yang dikunjungi oleh seorang wisatawan, dengan kata lain gen adalah titik suatu graf. Representasi gen dari Tabel 2 adalah sebagai berikut:

Gen 1 = Telaga Ngipik = Lokasi 1

Gen 2 = Kampung kemasan = Lokasi 2

Gen 3 = Nyai Ageng Pinatih = Lokasi 3

Gen 4 = Bandar Grissee = Lokasi 4

Gen 5 = Alun-Alun Gresik = Lokasi 5

Gen 6 = Musem Sunan Giri = Lokasi 6

Gen 7 = Wisata Kampung Kreasi = Lokasi 7

Gen 8 = Dynasty Water Park = Lokasi 8

Gen 9 = Bukit Kapur Suci = Lokasi 9

Gen 10 = Bukit Awan = Lokasi 10

Gen 11 = Wisata Religi Sunan Giri = Lokasi 11

Gen 12 = Mangrove Kalimereng = Lokasi 12

Gen 13 = Ekowisata Mangrove Kali Lamong = Lokasi 13

Gen 14 = Pantai Karang Kiring = Lokasi 14

Gen 15 = Edu Wisata Lontar Sewu = Lokasi 15

Gen 16 = Wisata Jati Suwe = Lokasi 16

Gen 17 = Bukit Jamur = Lokasi 17

Gen 18 = Wisata Telaga Palemwatu = Lokasi 18

Gen 19 = Wisata Kemudi Warior = Lokasi 19

Gen 20 = Telaga Perengan = Lokasi 20

Dalam satu kromosom terdapat 20 gen. Dalam kromosom berisi gen dari 1 sampai 20 yang membentuk suatu rute perjalanan yang berawal dan berakhir pada titik yang sama.

1. Membangkitkan populasi awal

Selanjutnya untuk pencarian rute jarak wisata di Kota Gresik adalah membangkitkan populasi awal untuk diagram alir seperti pada Gambar 3.2. Menggunakan random number generator pada excel dengan perintah =rand() didapatkan beberapa rute secara acak. Hasil pengambilan rute secara acak membentuk populasi pada generasi awal ditampilan pada Tabel 3

**Tabel 3**. Rute acak populasi awal

|  |  |
| --- | --- |
| **Kromosom** | **Susunan Gen** |
| 1 | 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20 |
| 2 | 3-5-16-17-9-2-8-1-13-12-7-11-10-6-14-15-4-18-20-19 |
| 3 | 4-11-6-8-12-16-19-10-3-18-15-2-13-14-5-7-17-1-9-20 |
| 4 | 9-12-17-1-4-13-15-6-10-3-7-11-20-2-18-19-5-14-16-8 |
| 5 | 8-17-16-10-2-3-12-19-20-11-13-15-18-14-4-7-5-6-9-1 |
| 6 | 7-13-10-17-15-4-1-16-6-3-12-9-5-8-19-20-14-11-18-2 |
| 7 | 12-1-16-11-13-7-2-20-15-4-3-6-8-9-17-18-19-14-5-10 |
| 8 | 15-8-16-17-20-11-7-2-5-3-10-9-14-12-19-1-4-13-18-6 |
| 9 | 13-11-20-1-3-16-10-15-17-9-6-14-4-5-7-8-12-2-18-19 |
| 10 | 19-9-16-5-3-12-8-20-6-7-1-10-13-2-15-14-18-4-11-17 |

1. Menentukan nilai fitness

Dalam algoritma genetika, fungsi fitness sangat penting karena mengukur seberapa baik kromosom dapat menyelesaikan masalah yang diberikan. Untuk permasalahan TSP, yang bertujuan meminimalkan jarak total, nilai fitness dihitung dengan membalikkan total jarak yang ditempuh oleh penjualan. Dengan kata lain, semakin pendek total jaraknya, semakin tinggi nilai fitnessnya, menunjukkan kualitas solusi yang lebih baik. Nilai fitness dapat dihitung menggunakan persamaan:

*Fitness* =

Nilai fitness masing-masing kromosom ditampilkan pada Tabel 4

**Tabel 4.** Nilai fitness masing-masing kromosom

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Kromosom** | **Total jarak** | ***Fitness*** |
| 1 | 130,2913 | 0,00767511 |
| 2 | 172,7382 | 0,00578911 |
| 3 | 150,1243 | 0,00666115 |
| 4 | 145,3345 | 0,00688068 |
| **5** | **124,3184** | **0,00804386** |
| 6 | 174,5012 | 0,00573062 |
| 7 | 155,3326 | 0,0064378 |
| 8 | 161,3478 | 0,00619779 |
| 9 | 152,7117 | 0,00654829 |
| 10 | 145,5479 | 0,00687059 |
| **Total *Fitness*** | | **0,06683499** |

1. Proses Seleksi

Total fitness semua kromosom pada populasi adalah 0,06683. Untuk menghitung nilai fitness relatif setiap kromosom adalah dengan persamaan:

*Prob* =

Kemudian menghitung fitness kumulatif setiap fitness relatif yang telah diperoleh. Hasil dari nilai probabilitas ditampilkan dalam Tabel 5

**Tabel 5**. Perhitungan probabilitas dan probabilitas kumulatif kromosom

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Kromosom ke-** | **Probabilitas (p)** | **Prob. Cumulatif (c)** |
| 1 | 0,1148 | 0,1148 |
| 2 | 0,0866 | 0,2014 |
| 3 | 0,0996 | 0,3011 |
| 4 | 0,1029 | 0,4040 |
| 5 | 0,1203 | 0,5244 |
| 6 | 0,0857 | 0,6101 |
| 7 | 0,0963 | 0,7064 |
| 8 | 0,0927 | 0,7992 |
| 9 | 0,0979 | 0,8972 |
| 10 | 0,1027 | 1 |

Dari hasil probabilitas kumulatif tersebut jika digambarkan dengan Roulette Wheel seperti pada Gambar 2

**Gambar 2**. Probabilitas kumulatif dalam Roulette Wheel

Kromosom induk yang terpilih untuk proses reproduksi ditampilkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Kromosom terpilih dari proses seleksi

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Induk** | **Ri** | **K.Terpilih** | **Susunan Gen** |
| 1 | 0,0433 | K.1 | 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20 |
| 2 | 0,1526 | K.2 | 3-5-16-17-9-2-8-1-13-12-7-11-10-6-14-15-4-18-20-19 |
| 3 | 0,2356 | K.3 | 4-11-6-8-12-16-19-10-3-18-15-2-13-14-5-7-17-1-9-20 |
| 4 | 0,3876 | K.4 | 9-12-17-1-4-13-15-6-10-3-7-11-20-2-18-19-5-14-16-8 |
| 5 | 0,5176 | K.5 | 8-17-16-10-2-3-12-19-20-11-13-15-18-14-4-7-5-6-9-1 |
| 6 | 0,6032 | K.6 | 7-13-10-17-15-4-1-16-6-3-12-9-5-8-19-20-14-11-18-2 |
| 7 | 0,6137 | K.7 | 12-1-16-11-13-7-2-20-15-4-3-6-8-9-17-18-19-14-5-10 |
| 8 | 0,7886 | K.8 | 15-8-16-17-20-11-7-2-5-3-10-9-14-12-19-1-4-13-18-6 |
| 9 | 0,8542 | K.9 | 13-11-20-1-3-16-10-15-17-9-6-14-4-5-7-8-12-2-18-19 |
| 10 | 0,98316 | K.10 | 19-9-16-5-3-12-8-20-6-7-1-10-13-2-15-14-18-4-11-17 |

1. Crossover

Pasangkan secara acak kromosom induk sebanyak setengah ukuran populasi dan tentukan nilai probabilitas crossover (Pc). Nilai Pc yang dinyatakan ialah 0,5. Misal susunan pasangan orangtua adalah:

|  |  |
| --- | --- |
| Pasangan 1 | induk 4 |
| induk7 |
| Pasangan 2 | induk 6 |
| induk 1 |
| Pasangan 3 | induk 2 |
| induk 5 |
| Pasangan 4 | induk 3 |
| induk 9 |
| Pasangan 5 | induk 10 |
| induk 8 |

Bangkitkan bilangan acak menggunakan excel dengan perintah =rand(). Pasangan ke-i akan mengalami crossover apabila bilangan acak Ri kurang atau sama dengan Pc dan sebaliknya, pasangan tersebut akan masuk ke tahap berikutnya.

1. Mutasi

Nilai probabilitas mutasi (Pm) dinyatakan sebesar 0,1. Membangkitkan bilangan acak antara 0 sampai 1 sebanyak jumlah populasi menggunakan excel dengan perintah =rand().

1. Etilism

Proses elitism ditambahkan karena kromosom terbaik dari generasi sebelumnya mungkin tidak termasuk dalam populasi baru atau nilai fitness kromosom terbaik telah menurun karena proses persilangan dan mutasi. Dalam elitism, kromosom terbaik dari evaluasi sebelumnya disalin untuk menggantikan kromosom dengan nilai fitness terendah dalam populasi baru. Nilai fitness dari populasi baru pada Tabel 7.

**Tabel 7**. Nilai fitness populasi baru

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kromosom** | **Total Jarak** | ***fitness*** |  |
| 1 | 130,2913 | 0,00767511 |  |
| **2** | **172,7382** | **0,00578911** | 0,008043 |
| 3 | 150,1243 | 0,0066115 |  |
| 4 | 143,3452 | 0,00697617 |  |
| 5 | 124,3184 | 0,0080439 |  |
| 6 | 168,8343 | 0,00592297 |  |
| 7 | 160,5408 | 0,00622894 |  |
| 8 | 161,3478 | 0,00619779 |  |
| 9 | 152,7117 | 0,00654829 |  |
| 10 | 145,5479 | 0,00687059 |  |

Berdasarkan nilai fitness kromosom Tabel 7, terlihat bahwa kromosom ke-2 mempunyai nilai fitness terendah dan digantikan oleh kromosom terbaik yang disimpan dari evaluasi sebelumnya. Jadi, populasi baru yang dihasilkan adalah:

**Tabel 8**. Populasi Baru Pada Generasi 1

|  |  |
| --- | --- |
| Kromosom 1 | 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20 |
| Kromosom 2 | 8-17-16-10-2-3-12-19-20-11-13-15-18-14-4-7-5-6-9-1 |
| Kromosom 3 | 4-11-6-8-12-16-19-10-3-18-15-2-13-14-5-7-17-1-9-20 |
| Kromosom 4 | 9-12-17-11-1-13-7-2-20-15-4-3-6-10-18-19-5-14-16-8 |
| Kromosom 5 | 8-17-16-10-2-3-12-19-20-11-13-15-18-14-4-7-5-6-9-1 |
| Kromosom 6 | 7-13-10-17-15-4-1-16-6-3-12-9-5-8-19-20-14-11-18-2 |
| Kromosom 7 | 12-1-16-11-9-17-4-13-15-6-3-7-20-2-8-18-19-14-5-10 |
| Kromosom 8 | 15-8-16-17-20-11-7-2-5-3-10-9-14-12-19-1-4-13-18-6 |
| Kromosom 9 | 13-11-20-1-3-16-10-15-17-9-6-14-4-5-7-8-12-2-18-19 |
| Kromosom 10 | 19-9-16-5-3-12-8-20-6-7-1-10-13-2-15-14-18-4-11-17 |

1. **Hasil dan Pembahasan**

Sistem optimasi rute wisata di Kabupaten Gresik yang dihasilkan adalah seperti pada Gambar 3



**Gambar 3**. Tampilan Hasil Penentuan Rute Wisata di Kabupaten Gresik

1. **Pengujian Ukuran Populasi**

Pengujian ini dilakukan menggunakan nilai dengan kelipatan 10 dimulai dari 10 sampai 100 sebanyak 10 kali uji coba. Jumlah lokasi wisata yang digunakan pada pengujian ini sebanyak 20 lokasi wisata di Kota Gresik.

**Tabel 9**. Pengujian hasil ukuran populasi

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ukuran Populasi** | **Nilai *Fitness* Pengujian Ke - *i*** | | | | | | **Nilai *Fitness*** |
| **1** | **2** | **3** | **….** | **9** | **10** |
| 10 | 0,0070 | 0,0068 | 0,0069 | **….** | 0,0075 | 0,0077 | 0,00727 |
| 20 | 0,0075 | 0,0072 | 0,0091 | **….** | 0,0074 | 0,0072 | 0,00763 |
| 30 | 0,0071 | 0,0081 | 0,0078 | **….** | 0,0078 | 0,0080 | 0,00775 |
| 40 | 0,0075 | 0,0080 | 0,0079 | **….** | 0,0079 | 0,0081 | 0,00798 |
| 50 | 0,0081 | 0,0088 | 0,0082 | **….** | 0,0085 | 0,0084 | 0,00835 |
| 60 | 0,0078 | 0,0085 | 0,0084 | **….** | 0,0085 | 0,0081 | 0,00837 |
| 70 | 0,0089 | 0,0083 | 0,0080 | **….** | 0,0081 | 0,0081 | 0,00841 |
| 80 | 0,0089 | 0,0082 | 0,0086 | **….** | 0,0084 | 0,0086 | 0,00847 |
| 90 | 0,0080 | 0,0091 | 0,0085 | **….** | 0,0084 | 0,0086 | 0,00854 |
| 100 | 0,0089 | 0,0083 | 0,0088 | **….** | 0,0092 | 0,0091 | 0,00872 |

Hasil pengujian ukuran populasi menghasilkan rata-rata nilai fitness tertinggi sebesar 0,00872. Dimana terdapat pada ukuran populasi 100 dan rata-rata nilai fitness terendah yang dihasilkan adalah 0,00727 pada ukuran populasi 10. Hal ini disebabkan ukuran populasi yang semakin besar akan menghasilkan individu yang banyak. Semakin banyak individu maka semakin beragam variasi yang dihasilkan sehingga nilai fitness yang dihasilkan semakin besar dan semakin baik.

1. **Pengujian Kombinasi Nilai Crossover Rate (Cr) dan Mutation Rate (Mr)**

Pengujian kombinasi nilai crossover rate (cr) dan mutation rate (mr) dilakukan dengan kombinasi nilai cr dan mr dimulai dari 0,1 sampai 1 sebanyak 10 kali uji coba. Jumlah lokasi wisata yang digunakan dalam pengujian ini sebanyak 20 lokasi wisata di Kota Gresik. Setiap nilai fitness dari masing-masing kombinasi cr dan mr dijumlahkan semua kemudian dihitung rata-rata sesuai dengan jumlah pengujian maka akan menghasilkan nilai fitness setiap kombinasi cr dan mr.

**Tabel 10**. Hasil Pengujian Kombinasi Nilai *Cr* dan *Mr*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kombinasi *Cr* ; *Mr*** | **Nilai *Fitness* Pengujian Ke - *i*** | | | | | | **Nilai *Fitness*** |
| **1** | **2** | **3** | **….** | **9** | **10** |
| 0,1 ; 1 | 0,0075 | 0,0070 | 0,0072 | **….** | 0,0080 | 0,0069 | 0,00739 |
| 0,2 ; 0,9 | 0,0067 | 0,0075 | 0,0086 | **….** | 0,0072 | 0,0082 | 0,00752 |
| 0,3 ; 0,8 | 0,0073 | 0,0073 | 0,0067 | **….** | 0,0084 | 0,0063 | 0,00770 |
| 0,4 ; 0,7 | 0,0069 | 0,0078 | 0,0073 | **….** | 0,0073 | 0,0089 | 0,00732 |
| 0,5 ; 0,6 | 0,0070 | 0,0068 | 0,0078 | **….** | 0,0088 | 0,0087 | 0,00783 |
| 0,6 ; 0,5 | 0,0070 | 0,0066 | 0,0076 | **….** | 0,0075 | 0,0077 | 0,00733 |
| 0,7 ; 0,4 | 0,0075 | 0,0078 | 0,0083 | **….** | 0,0075 | 0,0065 | 0,00736 |
| 0,8 ; 0,3 | 0,0068 | 0,0077 | 0,0072 | **….** | 0,0083 | 0,0069 | 0,00749 |
| 0,9 ; 0,2 | 0,0084 | 0,0075 | 0,0076 | **….** | 0,0074 | 0,0068 | 0,00753 |
| 1 ; 0,1 | 0,0074 | 0,0072 | 0,0066 | **….** | 0,0073 | 0,0078 | 0,00730 |

Hasil pengujian kombinasi cr dan mr dapat dilihat bahwa rata-rata nilai fitness tertinggi yang didapatkan dari hasil kombinasi cr 0,5 dan mr 0,6 sebesar 0,00783 dan rata-rata nilai fitness terendah yang didapatkan dari hasil kombinasi cr 1 dan mr 0,1 sebesar 0,00730. Hal ini disebabkan nilai crossover rate yang terlalu rendah dan mutation rate yang terlalu tinggi menyebabkan metode algoritme genetika tidak dapat memperluas area pencarian, sedangkan jika nilai crossover rate yang terlalu tinggi dan mutation rate terlalu rendah menyebabkan algoritme genetika tidak dapat mencari ruang pencarian yang lebih efektif.

1. **Hasil Analisis Global**

Berdasarkan hasil pengujian populasi dan pengujian kombinasi nilai crossover rate dan mutation rate didapatkan nilai optimal parameter algoritme genetika sebagai berikut:

Jumlah Generasi : 100

Popsize : 100

Crossover rate : 0,5

Mutation rate : 0,6

Berdasarkan parameter diatas maka dapat dilakukan analisis global untuk melakukan pengujian data wisata lokasi di Kota Gresik.

**Tabel 11**. Hasil selisih

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Percobaan** | **Jarak Awal (Km)** | **Jarak Akhir (Km)** | **Selisih** | **Rute Terbaik** |
| 1 | 129,716 | 114,124 | 15,59 | 1-15-3-6-5-14-7-2-4-12-11-17-8-9-19-16-18-10-13-20 |
| (12,02%) |
| 2 | 118,700 | 101,583 | 17,11 | 1-20-6-3-13-11-10-14-7-4-2-5-8-9-15-19-17-18-16-12 |
| (14,42%) |
| 3 | 118,964 | 103,441 | 15,52 | 1-2-3-8-6-14-5-20-7-4-10-9-15-18-13-11-12-17-19-16 |
| (13,05%) |

Diambil dari percobaan 2 dengan selisih yang lebih banyak yaitu 14,42% yang menunjukkan bahwa nilai tersebut mempunyai hasil yang optimal dengan rute terbaik yaitu 1-20-6-3-13-11-10-14-7-4-2-5-8-9-15-19-17-18-16-12. Dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibangun pada penelitian ini sudah berjalan dengan baik dan memberikan hasil yang optimal.

1. **Simpulan**

Berdasarkan hasil dari implementasi dan pengujian sistem ada beberapa kesimpulan yang didapat yaitu hasil analisis global menggunakan parameter hasil pengujian sebelumnya diketahui bahwa sistem memberikan hasil rekomendasi rute yang optimal dengan menunjukkan selisih perbandingan jarak awal dan jarak akhir pada sistem yaitu sebesar 17,11 km (14,42%) dengan rute terbaik yaitu 1-20-6-3-13-11-10-14-7-4-2-5-8-9-15-19-17-18-16-12.

**Daftar Pustaka**

[1] K. Meyers, *Pengertian Wisata*. Jakarta : Unesco Office, 2009.

[2] I. M. T. W. K. Yuda and i made Widiartha, “Perbandingan Kinerja Operator Partially Mapped Crossover , Cycle Crossover , Dan Order Crossover Dalam Algoritma Genetika Pada Pencarian Rute,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 6, no. 3, pp. 319–326, 2020.

[3] E. Sanggala, *Pengembangan Aplikasi Algoritma Genetika Berbasis Vba Excel Untuk Menyelesaikan Travelling Salesman Problem (Contoh Kasus: Tsp 20 Kota Di Rusia)*, vol. 12, no. 1. 2020. doi: 10.35194/mji.v12i1.1184.

[4] A. S. Jinggo Pratama, Abdul Khamid, and Yesy Diah Rosita, *Pencarian Rute Optimal Wisata Mojokerto Dalam Kasus Traveling Salesman Problem Menggunakan Algoritma Genetika*, vol. 5, no. 2. 2023. doi: 10.51401/jinteks.v5i2.2447.

[5] A. Wijanarko *et al.*, *Pencarian Rute Terpendek dengan Pendekatan TSP menggunakan Metode Algoritma Genetika (Studi Kasus Kabupaten Nganjuk)*. 2021.

[6] K. Bryan, *Genetic Algorithms and the Traveling Salesman Problem.* Master’s thesis, Harvey Mudd College., 2000.

[7] A. F. Sutanto, A. A. Soebroto, and I. Cholissodin, *Optimasi Rute Wisata Religi di Jawa Timur menggunakan Algoritme Genetika*, vol. 7, no. 4. 2023.

[8] S. Katoch, S. S. Chauhan, and V. Kumar, *Katoch2021\_Article\_AReviewOnGeneticAlgorithmPastP.pdf*, vol. 80. Multimedia Tools and Applications, 2021.