



---

**PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA PADA PENCARIAN RUTE TERPENDEK  
ANTARA TEMPAT WISATA DI PURWOREJO**

***APPLICATION OF GENETIC ALGORITHM IN FINDING THE SHORTEST ROUTE  
BETWEEN TOURIST DESTINATIONS IN PURWOREJO***

Aris Wicaksono, Prodi Matematika FMIPA UNY  
Caturiyati\*, Prodi Matematika FMIPA UNY  
\*e-mail: [caturiyati@uny.ac.id](mailto:caturiyati@uny.ac.id)

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rute terpendek antartempat wisata di Purworejo dengan menerapkan Algoritma Genetika. Penelitian ini menggunakan Algoritma Genetika untuk mengoptimalkan masalah *Travelling Salesman Problem* (TSP) dan menentukan rute terpendek untuk mengunjungi 10 tempat wisata di Purworejo. Data jarak antar tempat wisata dikumpulkan menggunakan aplikasi *Google Maps*. Teknik Algoritma Genetika yang digunakan adalah seleksi turnamen dengan ukuran turnamen 10% dari populasi, *order crossover* dengan probabilitas 0,9, *swap* mutasi dengan probabilitas 0,2 dan variasi ukuran populasi 50 dan 100, serta variasi jumlah generasi 500 dan 1000. Hasil penelitian ini didapat rute 1-2-6-3-5-8-4-10-9-7-1 yaitu rute: Alun-alun Kota Purworejo dan Museum Tosan Aji - Taman Kota Geger Menjangan - Wisata Bukit Sikepel - Taman Sidandang - Curug Siklotok - Goa Seplawan - Curug Silangit - Pantai Jatimalang - Pantai Ketawang - Taman Wisata Curug Kaliurip - Alun-alun Kota Purworejo dan Museum Tosan Aji atau sebaliknya dengan panjang rute 144,9 km.

**Kata kunci:** Algoritma Genetika, rute terpendek, tempat wisata Purworejo.

**Abstract**

*This research is to determine the shortest route between tourist destinations in Purworejo by applying the Genetic Algorithm. This study utilizes the Genetic Algorithm to optimize the Traveling Salesman Problem (TSP) and to identify the shortest route for visiting 10 tourist spots in Purworejo. Data on distances between tourist destinations are collected using the Google Maps application. The Genetic Algorithm technique employed includes tournament selection with a tournament size of 10% of the population, order crossover with a probability of 0.9, swap mutation with a probability of 0.2, along with variations in population sizes of 50 and 100, as well as variations in the number of generations, specifically 500 and 1000. The research results yield the route 1-2-6-3-5-8-4-10-9-7-1, which is as follows: Alun-alun Kota Purworejo and Museum Tosan Aji - Taman Kota Geger Menjangan - Wisata Bukit Sikepel - Taman Sidandang - Curug Siklotok - Goa Seplawan - Curug Silangit - Pantai Jatimalang - Pantai Ketawang - Taman Wisata Curug Kaliurip - Alun-alun Kota Purworejo and Museum Tosan Aji, or vice versa, with a total route length of 144.9 km.*

**Keywords:** Genetic Algorithm, shortest route, Purworejo tourist destinations.

## PENDAHULUAN

Pariwisata di Indonesia tumbuh dan berkembang dengan sangat cepat, hal ini berkaitan dengan peran masyarakat sekitar dalam mengembangkan obyek wisata di daerahnya. Dengan banyaknya tempat wisata, wisatawan akan mempertimbangkan kriteria tempat wisata seperti lokasi, kenyamanan lingkungan sekitar, pemandangan yang indah dan jarak tempat wisata yang akan dikunjungi.

Purworejo adalah sebuah kabupaten di Provinsi Jawa Tengah. Kabupaten ini berbatasan langsung dengan Kabupaten Wonosobo dan Kabupaten Magelang di Utara, Kabupaten Kulon Progo (Daerah Istimewa Yogyakarta) di Timur, Samudra Hindia di Selatan, serta Kabupaten Kebumen di Barat. Kabupaten Purworejo mungkin masih belum begitu dikenal bila dibandingkan dengan Kota atau Kabupaten lain di Jawa Tengah. Meskipun begitu Purworejo memiliki banyak tempat wisata yang menarik dan indah. Terlebih dengan kondisi alam yang masih alami sangat cocok untuk berlibur serta menjernihkan pikiran.

Informasi tentang lokasi tempat wisata dan rute terpendek yang dapat ditempuh oleh wisatawan sangat diperlukan khususnya bagi calon pengunjung dari luar daerah. Maka dibutuhkan rute terpendek agar tidak terlalu lama memakan waktu dalam perjalanan menuju ke tempat wisata yang dituju. Permasalahan mencari rute terpendek termasuk dalam *Travelling Salesman Problem* (TSP). TSP adalah masalah mencari rute terpendek yang dimulai dari satu kota dan kembali lagi ke kota yang sama dengan mempertimbangkan hanya satu lintasan yang melalui setiap kota (titik) yang jarak antar kota diketahui (Hacizade & Kaya, 2018).

Algoritma Genetika merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan TSP. Algoritma Genetika adalah sebuah metode pemecahan masalah yang menggunakan genetika sebagai model pemecahan masalahnya. Ini adalah sebuah teknik pencarian untuk menemukan solusi yang mendekati dari masalah optimisasi dan pencarian (Sivanandam & Deepa, 2007). Karakteristik Algoritma Genetika diantaranya: (1) pengkodean dalam Algoritma Genetika berasal dari himpunan solusi permasalahan bukan dari solusi itu sendiri, (2) pencarian dalam Algoritma Genetika menggunakan populasi solusi bukan dari satu solusi, (3) Algoritma Genetika menggunakan fungsi *fitness* untuk evaluasi bukan menggunakan fungsi turunan, (4) Algoritma Genetika menggunakan aturan transisi peluang dalam pencariannya bukan menggunakan aturan deterministik.

Penelitian terdahulu tentang algoritma genetika seperti yang dilakukan Bethel & Sevil (2021) yang menganalisis pendekatan *Genetic Algorithm* (GA) dan *Simulated Annealing* (SA) yang diterapkan pada masalah TSP. Hasil dari analisa adalah meskipun SA menyelesaikan tugas dengan waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan GA, namun SA membutuhkan lebih banyak iterasi untuk menemukan solusi. Selain itu, solusi GA lebih akurat secara signifikan dibandingkan solusi SA, di mana GA menemukan solusi dengan jumlah iterasi yang relatif lebih sedikit.

Penelitian dengan menerapkan Algoritma Genetika dalam mencari rute seperti yang dilakukan oleh Huda (2021) yang menerapkan Algoritma Genetika menggunakan teknik *roulette wheel selection*, *order crossover* dengan probabilitas 0,8, *swap mutation* dengan probabilitas 0,1 untuk mencari rute terpendek antar pondok pesantren di Yogyakarta dengan program Matlab. Variasi ukuran populasinya yaitu 30, 40, dan 50 dengan jumlah generasi 700, 800 dan 1000. Penelitian oleh Ihsani et al. (2022) yang menerapkan Algoritma Genetika menggunakan teknik *tournament selection*, *order crossover* dan *swap mutation* untuk mencari rute terpendek dalam pengiriman barang pada Kantor Pos Wates dengan program PHP yang diterapkan pada web.

Berdasarkan uraian tersebut muncul sebuah gagasan untuk mengimplementasikan Algoritma Genetika menggunakan teknik *tournament selection*, *order crossover* dengan probabilitas 0,9, *swap mutation* dengan probabilitas 0,2, populasi (50 dan 100) serta jumlah generasi (500 dan 1000) dalam mencari rute terpendek antar tempat wisata di Kabupaten

Purworejo dan menerapkannya pada program Python. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rute terpendek antar tempat wisata di Purworejo dengan menerapkan Algoritma Genetika.

## METODE

Data dalam penelitian ini berupa jarak antar 10 tempat wisata di Kabupaten Purworejo (Disporapar Provinsi Jawa Tengah, 2023). Pengambilan data dilakukan pada tanggal 10-11 April 2023 dengan bantuan aplikasi *Google Maps*. Tahapan penelitian ini sebagai adalah berikut.

### 1. Identifikasi Masalah

Tempat wisata yang akan diteliti hanya 10 yaitu Alun-alun Kota Purworejo dan Museum Tosan Aji, Taman Kota Geger Menjangan, Taman Sidandang, Curug Silangit, Curug Siklotok, Wisata Bukit Sikepel, Taman Wisata Curug Kaliurip, Goa Seplawan, Pantai Ketawang, Pantai Jatimalang.

### 2. Representasi Graf

Menurut Rahman (2017) sebuah graf  $G$  adalah sebuah himpunan terbatas  $V$  dari simpul (*vertices*) dan himpunan terbatas  $E$  dari sisi (*edges*) dimana simpul adalah elemen dasar dalam sebuah graf yang merepresentasikan objek dalam suatu sistem dan simpul-simpul ini dihubungkan oleh sisi-sisi yang merepresentasikan hubungan antara simpul-simpul tersebut. Graf dapat didefinisikan sebagai berikut.

- Graf  $G = (V, E)$  dimana  $V$  adalah himpunan simpul (*node* atau titik) dan  $E$  adalah himpunan sisi.
- $E \subseteq \{\{x, y\} \mid x, y \in V \text{ dan } x \neq y\}$  artinya  $E$  adalah himpunan dari semua himpunan bagian dengan dua elemen, yaitu  $\{x, y\}$ , dimana  $x$  dan  $y$  adalah elemen-elemen dari suatu himpunan  $V$ , dan  $x$  tidak sama dengan  $y$ .

### 3. Pengambilan Data

Data jarak antar tempat wisata diambil dari *Google Maps* dengan memilih jarak terpendek.

### 4. Pemodelan Matematika TSP

Menurut Davendra (2010) TSP merupakan masalah yang banyak dipelajari dalam bidang ilmu komputer dan matematika. TSP merupakan masalah optimasi terkenal dimana seorang salesman harus mengunjungi beberapa kota hanya satu kali dan kembali ke kota awal dengan meminimalkan jarak atau biaya total yang ditempuh. Penerapan TSP dalam kehidupan sehari-hari misalnya permasalahan dalam bidang transportasi dan pengiriman barang. Formulasi matematika pada permasalahan TSP adalah sebagai berikut.

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{jika melewati jalur dari kota } i \text{ ke kota } j \\ 0 & \text{tidak melewati jalur dari kota } i \text{ ke kota } j \end{cases}$$

$x_{ij}$  adalah variabel keputusan yang berkaitan dengan penugasan elemen  $i$  ke posisi elemen  $j$ . Jika  $x_{ij} = 1$ , maka terbentuk rute dari kota  $i$  ke kota  $j$ .

Secara khusus, tujuannya adalah untuk meminimalkan jarak rute perjalanan yang diformulasikan sebagai berikut.

Meminimumkan

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij}$$

dengan batasan

$$\sum_{i=1, i \neq j}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

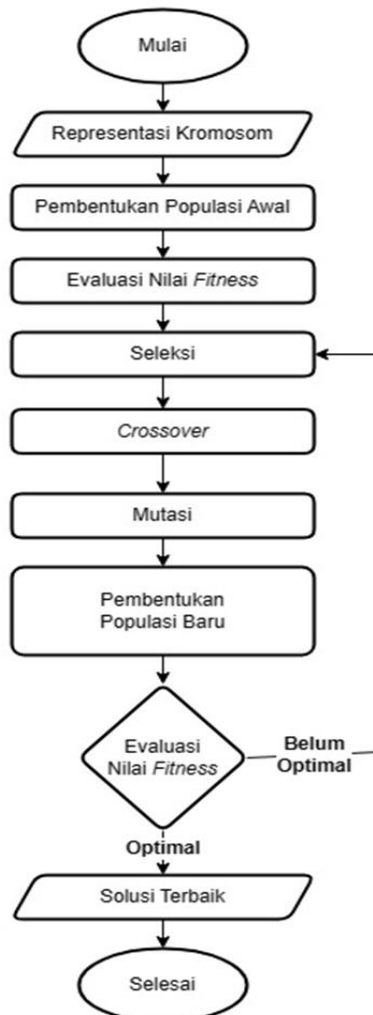
$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Jarak kota  $i$  ke kota  $j$  dilambangkan dengan  $d_{ij}$ .

Kota-kota dilambangkan dengan nomor  $1, 2, \dots, n$ .

#### 5. Algoritma Genetika

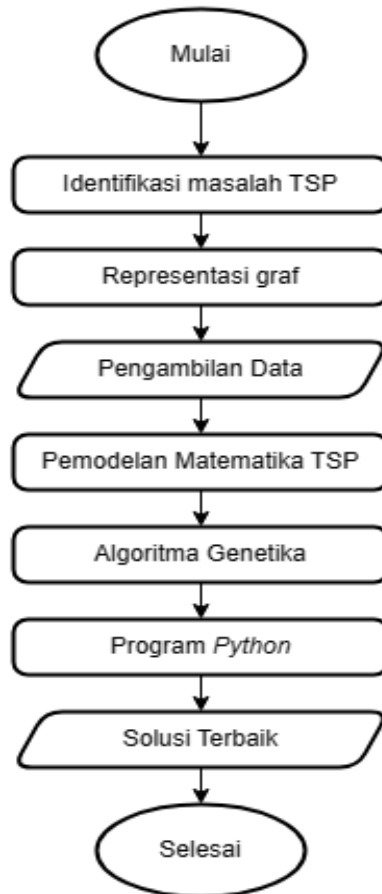
Secara praktis dalam Algoritma Genetika, mengadaptasi genetika sederhana ke dalam mekanisme algoritma. Algoritma Genetika menangani kumpulan solusi yang mungkin terjadi dengan setiap solusi direpresentasikan melalui kromosom. Selanjutnya menentukan set operator reproduksi. Operator reproduksi diterapkan pada kromosom dan digunakan untuk melakukan mutasi dan rekombinasi (*crossover*) pada solusi masalah. Selanjutnya menyeleksi fungsi kebugaran (*fitness*) dengan membandingkan setiap individu dalam populasi. Setiap kromosom memiliki nilai yang terkait dengan solusi yang direpresentasikannya. Kebugaran seharusnya sesuai dengan evaluasi seberapa baik solusi yang diusulkan dengan solusi optimal adalah yang memaksimalkan fungsi kebugaran. Proses algoritma genetika dapat digambarkan dengan *flowchart* pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Flowchart Algoritma Genetika

## 6. Program Python

Python adalah bahasa komputer tingkat tinggi dan umum yang cocok untuk banyak aplikasi (Kong et al., 2021). Python memiliki sedikit peraturan dan mudah dibaca sehingga kode Python dapat dipahami oleh programmer pemula (Sheppard, 2016). Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Flowchart tahapan penelitian

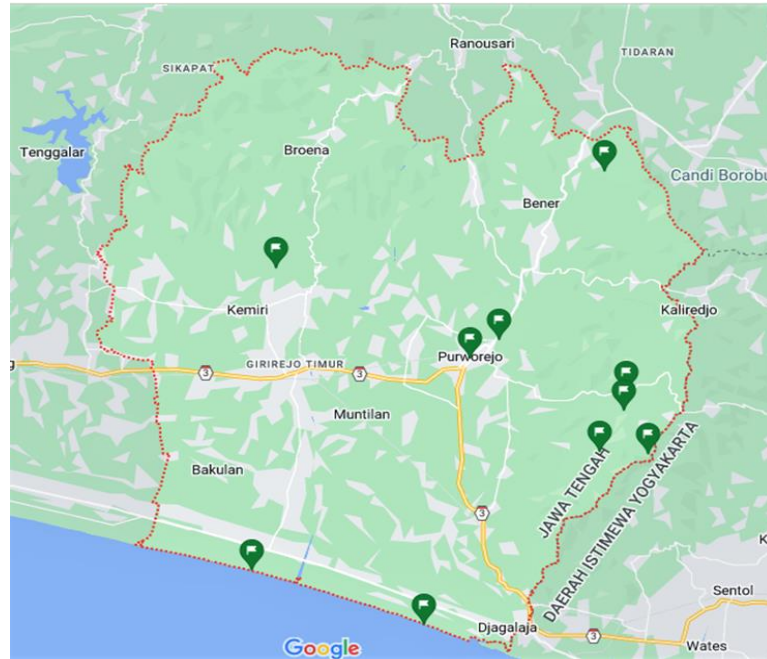
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pencarian rute terpendek antartempat wisata di Purworejo menggunakan Algoritma Genetika difokuskan pada permasalahan yang telah diidentifikasi, oleh karena itu dalam penyelesaiannya akan dibentuk beberapa asumsi sebagai berikut.

1. Tempat wisata yang akan diteliti hanya 10 yaitu Alun-alun Kota Purworejo dan Museum Tosan Aji, Taman Kota Geger Menjangan, Taman Sidandang, Curug Silangit, Curug Siklotok, Wisata Bukit Sikepel, Taman Wisata Curug Kaliurip, Goa Seplawan, Pantai Ketawang, Pantai Jatimalang.
2. Pencarian rute terpendek pada penelitian ini hanya mempertimbangkan jarak antartempat wisata. Tidak mempertimbangkan kondisi jalan, waktu buka tutup tempat wisata dan penutupan jalan sementara.
3. Setelah rute terbaik didapat, titik awal rute akan dimulai dari Alun-alun Kota Purworejo.

### Identifikasi Masalah

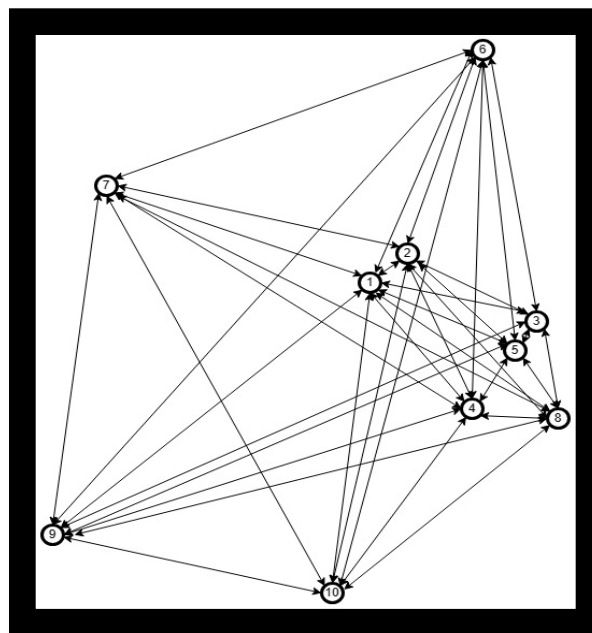
Sepuluh titik lokasi tempat wisata di Purworejo yang dijadikan bahan penelitian, dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Sepuluh titik lokasi tempat wisata di Purworejo

### Representasi Graf

Membuat graf yang merepresentasikan 10 titik lokasi tempat wisata di Purworejo. Representasi graf tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Representasi graf

### Keterangan

- Titik 1: Alun-alun Kota Purworejo dan Museum Tosan Aji
- Titik 2: Taman Kota Geger Menjangan
- Titik 3: Taman Sidandang
- Titik 4: Curug Silangit
- Titik 5: Curug Siklotok
- Titik 6: Wisata Bukit Sikepel

- Titik 7: Taman Wisata Curug Kaliurip
- Titik 8: Goa Seplawan
- Titik 9: Pantai Ketawang
- Titik 10: Pantai Jatimalang

**Pengambilan Data**

Pengambilan data jarak antartempat wisata diambil dari *Google Maps* dengan kriteria jarak terpendek. Data jarak yang digunakan untuk penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data jarak antartempat wisata

Jarak/km	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		2,9	13,3	15,5	12,7	19,8	19,9	18,7	23,8	20,7
2	2,9		13,5	15,8	13	17,2	20,2	18,9	26,2	22,7
3	13,3	13,5		12,9	2,3	23,2	32,6	8,2	36,2	28,1
4	15,5	15,8	12,9		12,4	32,7	34,8	6,2	34,8	25,6
5	12,7	13	2,3	12,4		25,5	32	7	36,8	27,6
6	19,8	17,2	23,2	32,7	25,5		37	29,8	43,1	39,5
7	19,9	20,2	32,6	34,8	32	37		37,9	25,4	36,3
8	18,7	18,9	8,2	6,2	7	29,8	37,9		38,1	28,8
9	23,8	26,2	36,2	34,8	36,8	43,1	25,4	38,1		15,2
10	20,7	22,7	28,1	25,6	27,6	39,5	36,3	28,8	15,2	

**Pemodelan Masalah**

Model permasalahan TSP yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Tabel pemodelan masalah

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$
$x_1$		2,9	13,3	15,5	12,7	19,8	19,9	18,7	23,8	20,7
$x_2$	2,9		13,5	15,8	13	17,2	20,2	18,9	26,2	22,7
$x_3$	13,3	13,5		12,9	2,3	23,2	32,6	8,2	36,2	28,1
$x_4$	15,5	15,8	12,9		12,4	32,7	34,8	6,2	34,8	25,6
$x_5$	12,7	13	2,3	12,4		25,5	32	7	36,8	27,6
$x_6$	19,8	17,2	23,2	32,7	25,5		37	29,8	43,1	39,5
$x_7$	19,9	20,2	32,6	34,8	32	37		37,9	25,4	36,3
$x_8$	18,7	18,9	8,2	6,2	7	29,8	37,9		38,1	28,8
$x_9$	23,8	26,2	36,2	34,8	36,8	43,1	25,4	38,1		15,2
$x_{10}$	20,7	22,7	28,1	25,6	27,6	39,5	36,3	28,8	15,2	

Meminimalkan rute antartempat wisata di Purworejo

$$\begin{aligned}
 Z = & 2,9x_{1,2} + 13,3x_{1,3} + 15,5x_{1,4} + 12,7x_{1,5} + 19,8x_{1,6} + 19,9x_{1,7} + 18,7x_{1,8} + 23,8x_{1,9} + \\
 & 20,7x_{1,10} + 2,9x_{2,1} + 13,5x_{2,3} + 15,8x_{2,4} + 13x_{2,5} + 17,2x_{2,6} + 20,2x_{2,7} + 18,9x_{2,8} + \\
 & 26,2x_{2,9} + 22,7x_{2,10} + 13,3x_{3,1} + 13,5x_{3,2} + 12,9x_{3,4} + 2,3x_{3,5} + 23,2x_{3,6} + 32,6x_{3,7} + \\
 & 8,2x_{3,8} + 36,2x_{3,9} + 28,1x_{3,10} + 15,5x_{4,1} + 15,8x_{4,2} + 12,9x_{4,3} + 12,4x_{4,5} + 32,7x_{4,6} + \\
 & 34,8x_{4,7} + 6,2x_{4,8} + 34,8x_{4,9} + 25,6x_{4,10} + 12,7x_{5,1} + 13x_{5,2} + 2,3x_{5,3} + 12,4x_{5,4} + \\
 & 25,5x_{5,6} + 32x_{5,7} + 7x_{5,8} + 36,8x_{5,9} + 27,6x_{5,10} + 19,8x_{6,1} + 17,2x_{6,2} + 23,2x_{6,3} + 32,7x_{6,4} + \\
 & 25,5x_{6,5} + 37x_{6,7} + 29,8x_{6,8} + 43,1x_{6,9} + 39,5x_{6,10} + 19,9x_{7,1} + 20,2x_{7,2} + 32,6x_{7,3} + \\
 & 34,8x_{7,4} + 32x_{7,5} + 37x_{7,6} + 37,9x_{7,8} + 25,4x_{7,9} + 36,3x_{7,10} + 18,7x_{8,1} + 18,9x_{8,2} + 8,2x_{8,3} + \\
 & 6,2x_{8,4} + 7x_{8,5} + 29,8x_{8,6} + 37,8x_{8,7} + 38,1x_{8,9} + 28,8x_{8,10} + 23,8x_{9,1} + 26,2x_{9,2} + \\
 & 36,2x_{9,3} + 34,8x_{9,4} + 36,8x_{9,5} + 43,1x_{9,6} + 25,4x_{9,7} + 38,1x_{9,8} + 15,2x_{9,10} + 20,7x_{10,1} +
 \end{aligned}$$

$$22,7x_{10,2} + 28,1x_{10,3} + 25,6x_{10,4} + 27,6x_{10,5} + 39,5x_{10,6} + 36,3x_{10,7} + 28,8x_{10,8} + 15,2x_{10,9}$$

dengan fungsi kendala

$$x_{1,2} + x_{1,3} + x_{1,4} + x_{1,5} + x_{1,6} + x_{1,7} + x_{1,8} + x_{1,9} + x_{1,10} = 1$$

$$x_{2,1} + x_{2,3} + x_{2,4} + x_{2,5} + x_{2,6} + x_{2,7} + x_{2,8} + x_{2,9} + x_{2,10} = 1$$

$$x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,4} + x_{3,5} + x_{3,6} + x_{3,7} + x_{3,8} + x_{3,9} + x_{3,10} = 1$$

$$x_{4,1} + x_{4,2} + x_{4,3} + x_{4,5} + x_{4,6} + x_{4,7} + x_{4,8} + x_{4,9} + x_{4,10} = 1$$

$$x_{5,1} + x_{5,2} + x_{5,3} + x_{5,4} + x_{5,6} + x_{5,7} + x_{5,8} + x_{5,9} + x_{5,10} = 1$$

$$x_{6,1} + x_{6,2} + x_{6,3} + x_{6,4} + x_{6,5} + x_{6,7} + x_{6,8} + x_{6,9} + x_{6,10} = 1$$

$$x_{7,1} + x_{7,2} + x_{7,3} + x_{7,4} + x_{7,5} + x_{7,6} + x_{7,8} + x_{7,9} + x_{7,10} = 1$$

$$x_{8,1} + x_{8,2} + x_{8,3} + x_{8,4} + x_{8,5} + x_{8,6} + x_{8,7} + x_{8,9} + x_{8,10} = 1$$

$$x_{9,1} + x_{9,2} + x_{9,3} + x_{9,4} + x_{9,5} + x_{9,6} + x_{9,7} + x_{9,8} + x_{9,10} = 1$$

$$x_{10,1} + x_{10,2} + x_{10,3} + x_{10,4} + x_{9,5} + x_{10,6} + x_{10,7} + x_{10,8} + x_{10,9} = 1$$

### Pembahasan Algoritme Genetika pada pencarian rute terpendek antartempat wisata di Purworejo

#### 1. Representasi Kromosom (representasi tempat wisata pada solusi rute)

Proses pengkodean titik tempat wisata ke suatu kromosom (solusi rute). Sehingga kromosom dapat menyampaikan informasi titik tempat wisata yang disimpan di dalam kromosom. Representasi kromosom dari tempat wisata di Purworejo yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Representasi kromosom (representasi tempat wisata pada solusi rute)

<i>Node/titik</i>	<i>Keterangan</i>
1	Alun-alun Kota Purworejo dan Museum Tosan Aji
2	Taman Kota Geger Menjangan
3	Taman Sidandang
4	Curug Silangit
5	Curug Siklotok
6	Wisata Bukit Sikepel
7	Taman Wisata Curug Kaliurip
8	Goa Seplawan
9	Pantai Ketawang
10	Pantai Jatimalang

#### 2. Pembuatan Populasi Awal (kumpulan solusi awal)

Pembuatan populasi (kumpulan solusi) awal adalah proses membuat kumpulan solusi yang terdiri dari beberapa individu (rute) berisikan kromosom (solusi rute) yang dibangkitkan secara acak. Setiap individu (rute) memiliki kromosom yang merepresentasikan solusi untuk masalah yang dihadapi. Sepuluh individu yang dibuat secara acak untuk dijadikan sampel pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.



**Tabel 4.** Sepuluh sampel individu

Individu	Rute
1	1-7-8-5-3-6-4-10-9-2-1
2	3-7-8-10-1-5-9-6-2-4-3
3	6-4-3-10-2-7-5-9-8-1-6
4	9-5-6-8-10-2-1-3-4-7-9
5	8-3-9-4-2-7-1-6-5-10-8
6	5-9-4-1-6-8-7-2-10-3-5
7	8-1-7-6-10-3-4-9-2-5-8
8	8-10-5-2-6-1-3-9-4-7-8
9	4-5-9-7-10-8-3-9-6-2-4
10	2-8-7-10-4-9-1-3-6-5-2

3. Evaluasi nilai *fitness* (panjang rute)

Evaluasi nilai *fitness* adalah pencarian panjang rute setiap individu (rute) dalam populasi awal (kumpulan rute). Evaluasi nilai *fitness* bertujuan untuk menghitung nilai *fitness* dari setiap individu dengan rumus  $f(i) = \frac{1}{\text{panjang rute}}$ . Semakin besar nilai *fitness*-nya berarti panjang rutenya akan semakin pendek.

**Tabel 1.** Populasi awal (kumpulan solusi rute) setelah evaluasi *fitness*

Individu	Rute	Panjang Rute (km)	Nilai <i>fitness</i>
1	1-7-8-5-3-6-4-10-9-2-1	192,9	0,005184
2	3-7-8-10-1-5-9-6-2-4-3	258,5	0,0038685
3	6-4-3-10-2-7-5-9-8-1-6	262	0,0038168
4	9-5-6-8-10-2-1-3-4-7-9	232,9	0,0042937
5	8-3-9-4-2-7-1-6-5-10-8	236,8	0,004223
6	5-9-4-1-6-8-7-2-10-3-5	247,9	0,0040339
7	8-1-7-6-10-3-4-9-2-5-8	237,1	0,0042176
8	8-10-5-2-6-1-3-9-4-7-8	263,4	0,0037965
9	4-5-9-7-10-8-3-9-6-2-4	214,0	0,0046729
10	2-8-7-10-4-9-1-3-6-5-2	252,3	0,0039635

4. Seleksi (memilih 2 rute terpendek)

Seleksi adalah proses memilih 2 kromosom induk (2 rute terpendek yang terpilih) dari populasi awal (kumpulan solusi) sesuai dengan nilai *fitness* (panjang rute) mereka. Proses seleksi bertujuan untuk memilih individu yang memiliki nilai *fitness* yang lebih baik untuk dijadikan induk dalam proses *crossover*. Teknik yang digunakan adalah *tournament selection* yaitu teknik seleksi yang memberikan tekanan selektif dengan mengadakan kompetisi turnamen di antara sejumlah individu/rute dalam populasi. 4 individu (rute) dipilih secara acak dari populasi awal (kumpulan solusi rute) yang diambil untuk mengikuti seleksi turnamen dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 2.** Seleksi turnamen pada populasi awal

Kontestan	Jarak dan <i>fitness</i>	Pemenang
Individu 10	252.3 dan 0,0039635	1 = 236.8 dan 0,004223
Individu 3	262 dan 0,0038168	(individu 5)
Individu 5	236.8 dan 0,004223	2 = 252.3 dan 0,0039635
Individu 8	263.4 dan 0,0037965	(individu 10)

5. *Crossover*/pindah silang (menukar sebagian rute dari 2 rute terpilih)

Proses *crossover* dilakukan setelah terpilih 2 pemenang dari seleksi turnamen yang dijadikan induk (rute terpendek terpilih), selanjutnya melakukan proses kawin silang (*crossover*) untuk mendapatkan individu baru (rute baru). Teknik yang digunakan pada proses *crossover* adalah *order crossover* dengan probabilitas *crossover* 0,9. Proses *crossover* dengan individu 5 sebagai induk 1 dan individu 10 sebagai induk 2 adalah sebagai berikut.

Langkah 1. memilih string (sebagian rute) dari kromosom induk (rute terpendek yang terpilih).

Induk 1	8	3	9	4	2	7	1	6	5	10
Induk 2	2	8	7	10	4	9	1	3	6	5

Langkah 2. menyalin string (sebagian rute) yang terpilih dari kromosom induk (rute terpendek yang terpilih) ke kromosom anak (rute baru) sesuai posisinya.

Anak 1			9	4	2	7	1	6		
Anak 2			7	10	4	9	1	3		

Langkah 3. menentukan sisa yaitu gen (titik tempat wisata) yang belum ada di kromosom anak (rute baru), yang akan diambil dari kromosom induk (rute terpendek yang terpilih) lainnya.

sisa 1		8		10				3		5
sisa 2	8				2			6	5	

Langkah 4. menyalin sisa ke kromosom anak (rute baru) berurutan dari kiri ke kanan.

Anak 1	8	10	9	4	2	7	1	6	3	5
Anak 2	8	2	7	10	4	9	1	3	6	5

6. Mutasi (menukar titik tempat wisata)

Proses mutasi terjadi dengan menukar secara acak posisi gen (titik tempat wisata) pada kromosom anak (rute baru). Teknik yang digunakan adalah *swap mutation* dengan *probabilitas mutation* 0,2. Teknik ini mengambil dua lokasi gen dalam kromosom secara acak dan kemudian menukar nilai mereka.

Individu sebelum melakukan mutasi (menukar titik tempat lokasi).

Anak 1	8	10	9	4	2	7	1	6	3	5
Anak 2	8	2	7	10	4	9	1	3	6	5

Individu setelah melakukan mutasi (menukar titik tempat lokasi).

Anak 1	8	10	9	4	2	7	1	6	3	5
Anak 2	8	2	7	10	6	9	1	3	4	5

Dikarenakan probabilitas *mutation* 0,2, Anak (rute baru) 1 tidak mengalami mutasi sedangkan anak (rute baru) 2 mengalami mutasi dengan menukar gen (titik tempat wisata) kelima yang bernilai 4 ke gen (titik tempat wisata) kesembilan yang bernilai 6. Kromosom individu/rute baru (anak 1 dan anak 2) setelah evaluasi *fitness* dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 3.** Kromosom anak (rute baru) setelah evaluasi *fitness* (panjang rute)

Anak	Rute	Panjang Rute (km)	Nilai <i>fitness</i>
1	8-10-9-4-2-7-1-6-3-5-8	187	0,0053476
2	7-2-7-10-6-9-1-3-4-5-7	227,4	0,0043975

7. Pembentukan Populasi Baru (kumpulan solusi rute baru)

Pembentukan populasi baru dilakukan dengan membandingkan nilai *fitness* dan panjang rute pada populasi (kumpulan solusi rute) awal dengan individu/rute baru. Nilai *fitness* yang kurang baik dari populasi (kumpulan solusi rute) awal akan digantikan dengan nilai *fitness* yang lebih baik dari individu/rute baru. Perbandingan nilai *fitness* dan panjang rute 2 individu/rute baru (anak 1 dan anak 2) dibandingkan dengan populasi awal dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 4.** Perbandingan evaluasi nilai *fitness* populasi (kumpulan solusi rute) awal dan individu/rute baru

Populasi Awal		Individu Baru	
Individu	Jarak dan <i>fitness</i>	Anak	Jarak dan <i>fitness</i>
1	192,9 dan 0,005184	1	187 dan 0,0053476
2	258,5 dan 0,0038685	2	227,4 dan 0,0043975
3	262 dan 0,0038168		
4	232.9 dan 0,0042937		
5	236.8 dan 0,004223		
6	247.9 dan 0,0040339		
7	237.1 dan 0,0042176		
8	263.4 dan 0,0037965		
9	214.0 dan 0,0046729		
10	252.3 dan 0,0039635		

Pembentukan populasi baru dengan melakukan pergantian 2 individu terburuk dari populasi awal (individu 3 dan individu 8) dengan 2 individu baru (anak 1 dan anak 2) dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 5.** Populasi baru

Individu	Rute	Panjang Rute (km)	Nilai <i>fitness</i>
1	1-7-8-5-3-6-4-10-9-2-1	192,9	0,005184
2	3-7-8-10-1-5-9-6-2-4-3	258,5	0,0038685
3	7-2-7-10-6-9-1-3-4-5-7	227,4	0,0043975
4	9-5-6-8-10-2-1-3-4-7-9	232.9	0,0042937
5	8-3-9-4-2-7-1-6-5-10-8	236.8	0,004223
6	5-9-4-1-6-8-7-2-10-3-5	247.9	0,0040339

7	8-1-7-6-10-3-4-9-2-5-8	237.1	0,0042176
8	8-10-9-4-2-7-1-6-3-5-8	187	0,0053476
9	4-5-9-7-10-8-3-9-6-2-4	214.0	0,0046729
10	2-8-7-10-4-9-1-3-6-5-2	252.3	0,0039635

Rute terpendek yang didapat saat ini adalah individu 8 dengan rute 1-6-3-5-8-10-9-4-2-7-1 dan panjang rute 187 km. Namun proses pencarian rute terdekat tidak hanya berhenti sampai disini saja, iterasi akan terus dilakukan pada individu di populasi baru yang terbentuk. Proses evaluasi nilai *fitness*, seleksi, *crossover*, mutasi sampai pembentukan populasi baru berikutnya dilakukan lagi dan menciptakan generasi-generasi baru. Iterasi dilakukan hingga menemukan nilai yang paling optimal yang ditandai dengan jarak terpendek yang tidak berubah atau konvergen pada generasi tertentu atau dibatasi dengan maksimum generasi.

### Hasil Penerapan Algoritme Genetika pada Pencarian Rute Terpendek Antar Tempat Wisata di Purworejo menggunakan Python

Hasil percobaan pencarian rute terpendek antartempat wisata di Purworejo dengan variasi parameter ukuran populasi (50 dan 100) dan jumlah generasi (500 dan 1000) dari rute awal tempat wisata 1 dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11.

**Tabel 6.** Tabel percobaan dengan populasi 50

Generasi	Nilai <i>fitness</i>	Rute	Panjang rute (km)
500	0.0063939	1-4-8-3-5-6-2-7-9-10-1	156,4
	0.0063532	1-2-10-9-7-6-3-5-8-4-1	157,4
	0.0065147	1-2-6-3-5-4-8-10-9-7-1	153,5
	0.0069013	1-2-6-3-5-8-4-10-9-7-1	144,9
	0.0060606	1-2-6-3-5-8-4-9-10-7-1	165
1000	0.0065402	1-4-8-5-3-6-2-7-9-10-1	152,9
	0.0069013	1-2-6-3-5-8-4-10-9-7-1	144,9
	0.0067385	1-2-6-5-3-8-4-10-9-7-1	148,4
	0.0069013	1-2-6-3-5-8-4-10-9-7-1	144,9
	0.0063776	1-2-6-7-9-10-3-5-8-4-1	156,8

**Tabel 7.** Tabel percobaan dengan populasi 100

Generasi	Nilai <i>fitness</i>	Rute	Panjang rute (Km)
500	0.0069013	1-2-6-3-5-8-4-10-9-7-1	144,9
	0.0064226	1-2-4-8-5-3-6-7-9-10-1	155,7
	0.0062228	1-5-3-8-4-2-6-7-9-10-1	160,7
	0.0069013	1-2-6-3-5-8-4-10-9-7-1	144,9
	0.0063735	1-4-8-5-3-10-9-7-2-6-1	156,9
1000	0.0069013	1-2-6-3-5-8-4-10-9-7-1	144,9
	0.0065402	1-4-8-5-3-6-2-7-9-10-1	152,9
	0.0069013	1-2-6-3-5-8-4-10-9-7-1	144,9
	0.0069013	1-2-6-3-5-8-4-10-9-7-1	144,9
	0.0067385	1-2-6-5-3-8-4-10-9-7-1	148,4

Setelah melakukan 20 kali percobaan dengan variasi parameter ukuran populasi (50 dan 100) dengan jumlah generasi (500 dan 1000) didapat individu/rute dengan nilai *fitness* optimal sebesar 0,0069013. Dapat dilihat pada Tabel 11, dengan bertambahnya populasi dan generasi akan menghasilkan nilai *fitness* yang lebih baik.

Rute terpendek yang dihasilkan dari percobaan di atas adalah rute 1-2-6-3-5-8-4-10-9-7-1 yaitu rute Alun-alun Kota Purworejo dan Museum Tosan Aji - Taman Kota Geger Menjangan - Wisata Bukit Sikepel - Taman Sidandang - Curug Siklothok - Goa Seplawan - Curug Silangit - Pantai Jatimalang - Pantai Ketawang - Taman Wisata Curug Kaliurip - Alun-alun Kota Purworejo dan Museum Tosan Aji atau sebaliknya dengan panjang rute 144,9 km.

## SIMPULAN

Penerapan Algoritma Genetika dalam mencari rute terpendek antartempat wisata di Purworejo adalah sebagai berikut.

1. Merepresentasi setiap tempat wisata kedalam kromosom dan memasukkan data berupa jarak antartempat wisata.
2. Pembuatan populasi awal secara acak.
3. Evaluasi nilai *fitness*.
4. Seleksi menggunakan teknik seleksi turnamen dengan ukuran turnamen 10% dari populasi.
5. Penyilangan (*crossover*) menggunakan teknik *order crossover* dengan probabilitas *crossover* sebesar 0.9.
6. Mutasi menggunakan teknik *swap* mutasi dengan probabilitas mutasi sebesar 0.2.
7. Pembentukan populasi baru.
8. Penggunaan variasi ukuran populasi 50 dan 100.
9. Penggunaan variasi jumlah generasi 500 dan 1000.

Rute terpendek yang didapat dari hasil penelitian adalah rute 1-2-6-3-5-8-4-10-9-7-1 yaitu rute: Alun-alun Kota Purworejo dan Museum Tosan Aji - Taman Kota Geger Menjangan - Wisata Bukit Sikepel - Taman Sidandang - Curug Siklothok - Goa Seplawan - Curug Silangit - Pantai Jatimalang - Pantai Ketawang - Taman Wisata Curug Kaliurip - Alun-alun Kota Purworejo dan Museum Tosan Aji atau sebaliknya dengan panjang rute 144,9 km.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada seluruh Dosen Pendidikan Matematika yang telah memberikan ilmu hingga terselesainya artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bethel, D., & Sevil, H. E. (2021). Revisiting Traveling Salesman Problem (TSP): Analysis of GA and SA based Solutions. *International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (IJES)*, 9(2), 44. <https://doi.org/10.3991/ijes.v9i2.22317>
- Davendra, D. (2010). *Traveling Salesman Problem, Theory and Applications* (D. Davendra (ed.)). InTech. <https://doi.org/10.5772/547>
- Disporapar Provinsi Jawa Tengah. (2023). *Destinasi Wisata Kabupaten Purworejo*. Visit Jawa Tengah. <https://visitjawatengah.jatengprov.go.id/id/regency/kabupaten-purworejo/destinasi-wisata>
- Hacizade, U., & Kaya, I. (2018). GA Based Traveling Salesman Problem Solution and its Application to Transport Routes Optimization. *IFAC-PapersOnLine*, 51(30), 620–625. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.224>
- Huda, N. (2021). *Algoritma Genetika dan Penerapannya pada Penentuan Rute Terpendek antar Pondok Pesantren di Yogyakarta*. UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA.

- Ihsani, I., Pramuntadi, A., Gutama, D. H., & Wijaya, D. P. (2022). Implementasi Algoritma Genetika dalam Penentuan Rute Optimal untuk Kurir Kantor Pos Berbasis Web (Studi Kasus: Kantor Pos Wates). *Indonesian Journal of Business Intelligence (IJUBI)*, 5(2), 76–86. <https://doi.org/10.21927/ijubi.v5i2.2662>
- Kong, Q., Siau, T., & Bayen, A. M. (2021). Python Programming and Numerical Methods. In *Python Programming and Numerical Methods*. Elsevier.
- Rahman, M. saidur. (2017). *Basic Graph Theory* (I. Mackie (ed.)). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49475-3>
- Sheppard, C. (2016). *Genetic Algorithm with Python* (Illustrate). Clinton Sheppard.
- Sivanandam, S. N., & Deepa, S. N. (2007). Introduction to Genetic Algorithms. In *Introduction to Genetic Algorithms* (Springer). Springer Berlin Heidelberg.