

**PENGARUH PROSES ELITISM PADA ALGORITMA  
GENETIKA DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK**

**SKRIPSI**

**OLEH:  
ROHMATUL ANISA  
NIM. 19610063**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2025**

**PENGARUH PROSES ELITISM PADA ALGORITMA  
GENETIKA DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)**

**Oleh  
Rohmatul Anisa  
NIM. 19610063**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2025**

**PENGARUH PROSES ELITISM PADA ALGORITMA  
GENETIKA DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Rohmatul Anisa**  
**NIM. 19610063**

Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diuji

Malang, 26 Mei 2025

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

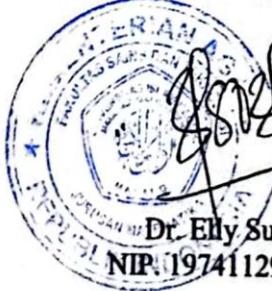


Mohammad Nafie Jauhari, M.Si.  
NIPPPK. 19870218 202321 1 018



Erna Herawati, M.Pd.  
NIPPPK. 19760723 202321 2 006

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika

Dr. Elly Susanti, M.Sc.  
NIP. 19741129 200012 2 005

**PENGARUH PROSES ELITISM PADA ALGORITMA  
GENETIKA DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Rohmatul Anisa**  
NIM. 19610063

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima  
Sebagai Salah Satu Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika  
(S.Mat)

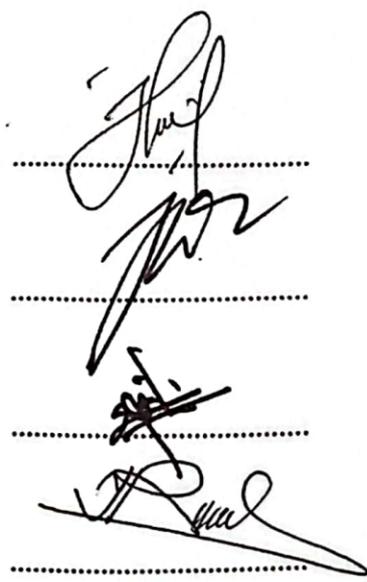
Tanggal 16 Juni 2025.

Ketua Penguji : Juhari, M.Si

Anggota Penguji 1 : Muhammad Khudzaifah, M.Si

Anggota Penguji 2 : Mohammad Nafie Jauhari, M.Si

Anggota Penguji 3 : Erna Herawati, M.Pd



Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc.  
NIP. 19741129 200012 2 005

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Rohmatul Anisa  
NIM : 19610063  
Program Studi : Matematika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Skripsi : Pengaruh Proses Elitism pada Algoritma Genetika  
dalam Menentukan Rute Terpendek

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya sendiri, bukan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber culikan pada daftar pustaka di halaman terakhir. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan atau tiruan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perilaku tersebut.

Malang, 16 Juni 2025  
Yang membuat pernyataan,



Rohmatul Anisa  
NIM. 19610063

## **MOTO**

*“Jadilah manusia yang bermanfaat bagi makhluk Allah yang lain”*

*“Sedalam apapun lukamu, tetaplah berusaha untuk menjadi perempuan yang baik, rasa dendam hanya akan semakin melukaimu”*

## PERSEMBAHAN

*Bismillaahirrahmaanirrahiim*

Segala puji dan syukur tiada henti penulis ucapkan kepada Allah SWT, atas rahmat, petunjuk, serta bantuan dan kemudahan yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan setiap tahap skripsi ini. Dengan sepenuh hati, penulis mempersembahkan skripsi ini kepada:

Dua orang yang sangat berpengaruh dalam hidup penulis, yaitu Bapak Darminto dan Ibu Samsiyah sebagai kedua orangtua penulis, yang telah banyak berkorban serta memberikan nasihat dan doa restu yang tulus, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Selain itu penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada Fauzan sebagai kakak kandung penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa tiada henti untuk penulis. Penulis juga ingin mengapresiasi diri sendiri yang telah bertahan dan tidak menyerah dalam perjalanan ini, serta tetap percaya pada rencana indah dari Allah SWT. Tak lupa, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada satu orang spesial yang telah banyak memberikan bantuan, dukungan, doa dan mau menemani proses perjalanan penulis dalam menulis skripsi ini sampai selesai. Kemudian, penulis juga menyampaikan rasa terima kasih kepada teman-teman yang dengan ikhlas memberikan dukungan, semangat, dan doa dalam proses penyelesaian skripsi ini. Semoga semua usaha dan dukungan ini mendatangkan berkah bagi kita semua.

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Pengaruh Proses Elitism pada Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Terpendek” dilakukan dengan baik dan lancar. Semoga sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Agung Muhammad saw yang telah membimbing manusia dari zaman jahiliyyah menuju ke zaman islamiah.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua yang selalu memberikan dukungan serta bantuan dalam penyusunan proposal skripsi ini. Karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., sebagai rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si., sebagai dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Elly Susanti, M.Sc., sebagai ketua Program Studi Matematika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Mohammad Nafie Jauhari, M.Si., sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan pengetahuan, motivasi, dan bimbingan kepada penulis.
5. Erna Herawati, M.Pd., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan nasehat kepada penulis.
6. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

7. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu mendoakan dan memotivasi serta memberi dukungan tanpa henti untuk penulis.
8. Seluruh mahasiswa Matematika Angkatan 2019 dan teman teman lainnya yang selalu memberikan semangat dan bantuan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Penulis memohon maaf sebesar-besarnya atas segala kesalahan dalam proses penyusunan skripsi ini. Selain itu, penulis berharap adanya skripsi ini dapat memberikan banyak manfaat dan menambah pengetahuan bagi penulis dan pembaca.

Malang, 16 Juni 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvii</b>
<b>مستخلص البحث</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	6
<b>BAB II KAJIAN TEORI</b> .....	<b>7</b>
2.1 Graf .....	7
2.2 Algoritma .....	12
2.3 Algoritma Genetika .....	13
2.4 Uji Normalitas .....	20
2.5 Uji Hipotesis .....	22
2.6 Kajian Integrasi Topik dalam Perspektif Islam .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>28</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	28
3.2 Data dan Sumber Data .....	28
3.3 Tahapan Penelitian .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>33</b>
4.1 Deskriptif Data .....	33
4.2 Menentukan Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika ..	36
4.3 Menentukan Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika Tanpa Elitism .....	48
4.4 Menentukan Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika dengan Elitism .....	53
4.5 Perbandingan Pengaruh Penggunaan Proses Elitism pada Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Terpendek .....	58
4.6 Uji Normalitas Menggunakan Metode Uji Kolmogorov-Smirnov ..	61
4.7 Uji Hipotesis .....	67
4.8 Penentuan Rute Terpendek dalam Pandangan Islam .....	70
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>73</b>
5.1 Kesimpulan .....	73

5.2 Saran .....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>75</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>78</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>85</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Data Top 15 Pariwisata Batu dan Sekitarnya.....	28
<b>Tabel 4.1</b> Data Simbol Top 15 Pariwisata Batu dan Sekitarnya .....	33
<b>Tabel 4.2</b> Matriks Jarak .....	34
<b>Tabel 4.3</b> Perbandingan Hasil Perhitungan .....	58
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Uji KS pada Data Hasil dengan Proses Elitism .....	62
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Uji KS pada Data Hasil tanpa Elitism.....	65

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Graf G .....	7
<b>Gambar 2.2</b> Graf Berbobot .....	11
<b>Gambar 2.3</b> Graf Berarah .....	11
<b>Gambar 2.4</b> Penentuan Offspring .....	19
<b>Gambar 4.1</b> Letak Data pada Maps .....	34
<b>Gambar 4.2</b> Graf Pariwisata Batu.....	35
<b>Gambar 4.3</b> Graf Rute Tanpa Proses Elitism .....	52
<b>Gambar 4.4</b> Graf Rute Tanpa Proses Elitism pada Peta.....	52
<b>Gambar 4.5</b> Graf Rute dengan Proses Elitism.....	57
<b>Gambar 4.6</b> Graf Rute dengan Proses Elitism pada Peta .....	57

## DAFTAR SIMBOL

- $C_k$  : Total jarak yang ditempuh pada kromosom ke- $k$ .
- $F_k$  : Nilai dari fungsi fitness pada kromosom ke- $k$ .
- $P_k$  : Probabilitas kromosom ke- $k$ .
- $R$  : Bilangan acak dengan rentang 0-1.
- $T_f$  : Total dari nilai fitness pada populasi.
- $q_k$  : Probabilitas kumulatif pada kromosom ke- $k$ .
- $D_{max}$  : Simpangan terbesar pada Uji Normalitas.
- $F_t(x_i)$  : Fungsi distribusi kumulatif teoritis pada Uji Normalitas.
- $F_s(x_i)$  : Fungsi distribusi kumulatif data observasi pada Uji Normalitas.
- $\alpha$  : Taraf signifikan.
- $D_{max}$  : Batas simpangan terbesar pada Uji Normalitas.
- $F$  : Frekuensi kumulatif.
- $x_i$  : Data ke- $i$ .
- $\bar{x}$  : Rata-rata data pada Uji Statistika.
- $n$  : Banyaknya data.
- TE : Hasil tanpa proses elitism.
- DE : Hasil dengan proses elitism.
- $H_0$  : Hipotesis nol pada Uji Hipotesis.
- $H_1$  : Hipotesis alternatif.
- $Z$  : Uji hipotesis menggunakan Uji  $Z$ .

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Script Code Perhitungan tanpa Elitism.....	78
<b>Lampiran 2.</b> Script Code Perhitungan dengan Elitism.....	79
<b>Lampiran 3.</b> Script Code Perhitungan Perbandingan .....	80
<b>Lampiran 4.</b> Z Table ( $z \leq 0$ ) .....	82
<b>Lampiran 5.</b> Z Table ( $z \geq 0$ ) .....	83
<b>Lampiran 6.</b> Tabel Kritis Uji Kolmogorov Smirnov.....	84

## ABSTRAK

Anisa, Rohmatul. 2025. **Pengaruh Proses Elitism pada Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Terpendek**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (1) Mohammad Nafie Jauhari, M.Si. (2) Erna Herawati, M.Pd.

**Kata Kunci:** Algoritma Genetika, *Elitism*, Rute Terpendek, Uji Statistika.

Algoritma genetika memiliki salah satu proses perhitungan yang dinamakan proses elitism. Beberapa penelitian Algoritma Genetika dalam menentukan rute terpendek ada yang memakai proses elitism dan ada yang tidak memakai proses elitism. Penelitian ini memiliki tujuan untuk memahami pengaruh dari proses elitism dalam menentukan rute terpendek. Penelitian ini menggunakan data top 15 pariwisata yang ada di daerah Batu dan sekitarnya. Penelitian diperoleh dengan cara hitungan secara manual dan dibantu dengan program python kemudian di uji statistika sehingga menghasilkan hasil yang signifikan. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa proses elitism sangat berpengaruh dalam menentukan rute terpendek. Dapat dilihat hasil dari rute yang dihasilkan oleh penggunaan proses elitism memiliki total jarak sebesar 65,12 km. Sedangkan rute yang dihasilkan oleh tanpa proses elitism memiliki total jarak sebesar 80,32 km. Kemudian diperkuat dengan adanya perbandingan perhitungan menggunakan program python dengan 50 iterasi dalam 100 kali hitungan yang menghasilkan rata rata 72,445 km pada perhitungan dengan menggunakan proses elitism dan rata-rata 73,505 km pada perhitungan tanpa menggunakan proses elitism.

## ABSTRACT

Anisa, Rohmatul. 2025. **The Effect of the Elitism Process in Genetic Algorithms on Determining the Shortest Path.** Undergraduate Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (1) Mohammad Nafie Jauhari, M.Si. (2) Erna Herawati, M.Pd.

**Keywords:** Genetic Algorithm, Elitism, Shortest Route, Statistical Test.

The genetic algorithm contains a computational mechanism known as elitism. In the context of determining the shortest route, some studies employ this elitism process, while others omit it. This research aims to evaluate the impact of elitism on the determination of the shortest route. The data set consists of the top 15 tourist destinations in Batu and its surrounding area. The analysis was conducted both manually and with the assistance of a Python program, followed by statistical testing, which yielded significant results. The results demonstrate that the elitism process has a substantial effect on finding the shortest route. Specifically, the route produced with elitism has a total distance of 65.12 km, whereas the route produced without elitism totals 80.32 km. This finding is further corroborated by a comparison using the Python program, executed over 100 runs with 50 iterations each. The mean distance with elitism was 72.445 km, compared to 73.505 km without elitism.

## مستخلص البحث

أنيسة، رحمتول. ٢٠٢٥. تأثير عملية النخبوية في الخوارزمية الجينية على تحديد أقصر مسار. رسالة تخرج. برنامج الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانغ. المعرفة: (١) محمد نافع جوهرى، الماجستير في العلوم. (٢) إرنا هيراواتي، الماجستير في تعيم اللغة العربية.

### الكلمات الأساسية: الخوارزمية الجينية، النخبوية، أقصر مسار، التحليل الإحصائي

تحتوي الخوارزميات الجينية على إحدى العمليات الحسابية التي تسمى عملية النخبوية. استخدمت بعض دراسات الخوارزميات الجينية في تحديد أقصر طريق عملية النخبوية وبعضها لم يستخدم عملية النخبوية. تهدف هذه الدراسة إلى فهم تأثير عملية النخبوية في تحديد أقصر طريق، وتستخدم هذه الدراسة بيانات عن أفضل ١٥ سياحة في باتو والمناطق المحيطة بها. تم الحصول على البحث عن طريق الحساب يدويًا وبمساعدة برنامج بايثون ثم اختبارها إحصائيًا للحصول على نتائج مهمة. يمكن استنتاج نتائج هذه الدراسة أن عملية النخبوية مؤثرة جدًا في تحديد أقصر الطرق، حيث يمكن ملاحظة أن نتائج الطريق الذي تم إنشاؤه باستخدام عملية النخبوية يبلغ إجمالي المسافة التي تم إنشاؤها باستخدام عملية النخبوية ٦٥،١٢ كم. بينما تبلغ المسافة الإجمالية للمسار الذي تم إنشاؤه بدون عملية النخبوية ٨٠،٣٢ كم. ثم يتم تعزيز ذلك من خلال مقارنة الحسابات باستخدام برنامج بايثون مع ٥٠ تكرارًا في ١٠٠ عملية حسابية والتي تنتج متوسط ٧٢،٤٤٥ كم في الحسابات باستخدام عملية النخبوية ومتوسط ٧٣،٥٠٥ كم في الحسابات بدون استخدام عملية النخبوية.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Graf pertama kali diperkenalkan oleh matematikawan Swiss, Leonhard Euler yang membahas tentang masalah Jembatan Konigsberg (Aziz, 2021). Graf terdiri atas dua himpunan, yaitu himpunan titik dan himpunan sisi, dinotasikan dengan  $G(V, E)$  (Adiwijaya, 2006). Semakin pesatnya perkembangan teknologi dari zaman ke zaman, graf terbukti semakin berkembang sampai sekarang. Graf telah banyak dimanfaatkan sebagai alat pemodelan untuk menyelesaikan berbagai masalah dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu penerapan graf yang paling banyak dibahas adalah tentang penentuan rute terpendek.

Masalah penentuan rute terpendek dilakukan dari seluruh jalan yang mempunyai hubungan antara satu jalan dengan jalan yang lainnya sehingga membentuk graf. Dalam konteks penentuan rute terpendek, titik dapat merepresentasikan sebuah tempat atau lokasi, sedangkan sisi mewakili jarak atau waktu tempuh antara lokasi tersebut.

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ini adalah melalui penggunaan algoritma genetika. Algoritma genetika merupakan suatu teknik penelitian dan teknik penelitian optimasi yang metode kerjanya diambil dari proses evolusi dan perubahan struktur genetik pada makhluk hidup. Prinsip utama dari kerja algoritma genetika diambil dari seleksi alam dan ilmu genetika. Dalam seleksi alam, individu bersaing untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Individu yang lebih sehat memiliki peluang lebih tinggi untuk

terus bertahan hidup dan berkembang biak. Sebaliknya, individu yang kurang sehat akan mati dan punah. Dalam proses seleksi alam, individu-individu baru yang lebih sehat dari induknya akan lahir melalui proses persilangan (crossover) dan mutasi. Proses persilangan (crossover) dan mutasi terjadi pada kromosom-kromosom individu yang melakukan proses reproduksi. Proses persilangan dan mutasi berulang kali terjadi sampai menghasilkan individu yang paling sehat atau baik. Individu yang paling sehat atau baik ini yang akan menjadi solusi dari masalah yang dihadapi (Arkeman, dkk., 2012).

Algoritma genetika biasanya digunakan untuk mendapatkan solusi optimal atau perkiraan terhadap masalah optimasi dengan banyak kemungkinan solusi. Masalah seperti ini seringkali sulit atau tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan metode eksak. Algoritma genetika dapat menyelesaikan masalah optimasi dengan permasalahan yang kompleks dan ruang pencarian yang sangat besar. Penerapannya antara lain adalah masalah Travelling Salesman Problem (TSP), penjadwalan, dan penentuan rute terpendek. Tidak ada jaminan bahwa algoritma genetika selalu memberikan solusi yang optimal dari permasalahan optimasi, namun setelah melalui proses evolusi pada beberapa iterasi dalam algoritma genetika pada umumnya akan mampu memberikan solusi yang baik. (Syarif, 2014)

Berbicara mengenai algoritma genetika untuk menemukan jalur paling efektif, Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surah Ar-Rad ayat 11 yang berbunyi (Kemenag, 2024) :

لَهُ مَعْقِبَاتٌ مِّنْ بَيْنِ يَدَيْهِ وَمِنْ خَلْفِهِ يَحْفَظُونَهُ مِنْ أَمْرِ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُعِيرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُعِيرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ وَإِذَا أَرَادَ اللَّهُ بِقَوْمٍ سُوءًا فَلَا مَرَدَّ لَهُ ۗ وَمَا لَهُمْ مِّنْ دُونِهِ مِنْ وَالٍ

*Artinya: “....Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum hingga mereka mengubah apa yang ada pada diri mereka. Apabila Allah menghendaki keburukan terhadap suatu kaum, tidak ada yang dapat menolaknya, dan sekali-kali tidak ada pelindung bagi mereka selain Dia.”*

Menurut tafsir Al-Mishbah, Quraish Shihab menjelaskan bahwa Allah SWT tidak mengubah keadaan suatu kaum dari positif menjadi negatif atau sebaliknya dari negatif menjadi positif sehingga mereka mengubah apa yang ada pada diri mereka, yakni sikap mental dan pikiran mereka sendiri. Dan apabila Allah SWT menghendaki keburukan terhadap suatu kaum, tetapi ingat bahwa Dia tidak menghendakinya kecuali jika manusia mengubahnya dengan sikapnya terlebih dahulu. Jika Allah SWT menghendaki keburukan terhadap suatu kaum, maka ketika itu berlaku ketentuan-Nya berdasarkan sunnatullah atau hukum-hukum kemasyarakatan yang ditetapkan-Nya. Apabila hal ini terjadi, maka tak ada yang dapat menolaknya dan pastilah sunnatullah menyimpannya, dan sekali kali tak ada pelindung bagi mereka yang jatuh atasnya ketentuan tersebut selain Dia (Permatasari & Muttaqin, 2023).

Buya Hamka berargumentasi dalam tafsirnya bahwa Allah SWT menengaskan bahwa tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri (Mauluddin, dkk., 2021). Ayat ini memberikan pesan agar setiap manusia mau merenungkan dengan serius bahwa segala sesuatu yang buruk bisa diubah menjadi hal yang baik apabila dikerjakan dengan usaha dan perjuangan yang maksimal, serta berlandaskan pada keyakinan bahwa semua yang Allah SWT berikan pada dasarnya adalah yang terbaik. Sama halnya dengan penentuan rute terpendek dalam penelitian ini, selain memerlukan usaha dan kerja keras yang sungguh-sungguh juga diperlukan kesabaran, keikhlasan, dan keyakinan untuk mendapatkan rute yang paling efektif.

Penelitian mengenai masalah optimasi dalam algoritma genetika telah berhasil diaplikasikan pada Implementasi Algoritma Genetika pada Pencarian Rute Terpendek Studi Kasus Pengantaran Dokumen di Universitas Diponegoro Semarang yang ditulis oleh Bery Orindi dan Nurdin Bahtiar (2017) dengan faktor penyebabnya adalah penentuan rute yang harus didahulukan untuk pengiriman dokumen. Hasil dari penelitian ini adalah pencarian rute terpendek menggunakan algoritma genetika, di mana dalam proses perhitungannya tanpa menggunakan proses elitism (Orindi dan Bahtiar, 2017).

Adapun penelitian lain yaitu pada Optimasi Jalur Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika yang ditulis oleh Jasmani dan Ali Mahmudi (2022) dengan faktor penyebabnya adalah penghematan waktu dan biaya. Hasil dari penelitian ini adalah pencarian jalur terpendek yang perlu diselesaikan menggunakan algoritma genetika. Penelitian pada jurnal tersebut proses perhitungannya menggunakan proses elitism dan juga melakukan percobaan dengan mengubah nilai parameter probabilitas crossover, probabilitas mutasi, dan ukuran populasi dalam banyak iterasi yang sama. Sehingga dapat menemukan rute yang lebih efisien untuk diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari (Jasmani & Mahmudi, 2023).

Berdasarkan uraian diatas, pengaruh dari pemakaian proses elitism menjadikan sebuah perbandingan, apakah proses elitism perlu digunakan atau tidak pada algoritma genetika. Sehingga pada penelitian ini akan mengkaji algoritma genetika untuk memahami pengaruh dari proses elitism dalam menentukan rute terpendek. Algoritma genetika yang akan diterapkan pada penelitian ini akan menggunakan data berupa rute terpendek menuju tempat wisata di batu dan sekitarnya. Banyak iterasi yang dilakukan dalam perhitungan manual akan diuji

coba satu kali dengan menggunakan proses elitism dan tidak menggunakan proses elitism. Sedangkan untuk proses melihat pengaruh dari pemakaian proses elitism dilakukan dengan uji coba program python. Setelah diperoleh hasil dari penggunaan proses elitism akan dilakukan uji hipotesis untuk memperkuat apakah ada perbedaan antara pemakaian proses elitism dan tanpa proses elitism.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah di bahas sebelumnya, penelitian ini akan membahas tentang bagaimana pengaruh proses elitism pada algoritma genetika dalam penentuan rute terpendek?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk memahami seberapa berpengaruh proses elitism pada algoritma genetika dalam menentukan rute terpendek.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

### **1. Bagi Penulis**

Penelitian ini dapat digunakan untuk menambah pemahaman tentang algoritma genetika serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari terutama dalam menentukan rute terpendek.

## 2. Bagi Perusahaan

Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pengambilan keputusan dalam menentukan rute dalam pengiriman barang yang optimal, sehingga perusahaan dapat menghemat biaya pengeluaran dalam pengiriman barang.

## 3. Bagi pembaca

Penelitian ini dapat dijadikan bahan informasi tambahan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu banyak iterasi yang digunakan dalam menentukan rute terpendek adalah 50 dan 70.

**BAB II**  
**KAJIAN PUSTAKA**

**2.1 Graf**

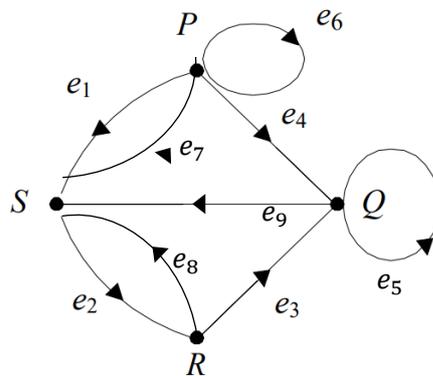
**Graf** merupakan struktur diskrit yang terdiri atas dua himpunan, yaitu himpunan titik dan himpunan sisi, dinotasikan dengan  $G(V,E)$ .  $V$  adalah notasi himpunan (tak kosong) berhingga atau disebut dengan titik, dan  $E$  adalah notasi dari himpunan sisi yang menghubungkan titik di himpunan  $V$  (Adiwijaya, 2006). Graf disajikan dalam bentuk grafik atau gambar. Titik digambarkan dalam bentuk noktah atau lingkaran kecil dan sisi digambarkan dalam bentuk garis atau kurva yang menghubungkan dua titik. (Abdussakir, 2009).

Perhatikan graf  $G$  yang memuat himpunan titik  $V(G)$  dan himpunan sisi  $E(G)$  seperti berikut ini.

$$V(G) = \{a, b, c, d, e, f\}$$

$$E(G) = \{(a, b), (a, d), (a, f), (b, c), (b, e), (b, f), (c, d), (c, e), (d, f)\}$$

Graf  $G$  tersebut lebih jelas dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Graf G

### 2.1.1 Bertetangga (Adjacent)

Dua buah titik dikatakan bertetangga atau bisa dikatakan terhubung langsung apabila terdapat sisi yang terkait dengan kedua titik tersebut (Adiwijaya, 2016).

Contoh dari bertetangga ada pada graf  $G$  (gambar 2.1), di mana titik  $P$  bertetangga atau terhubung langsung dengan titik  $Q$  dan  $S$ , tetapi titik  $P$  tidak bertetangga dengan titik  $R$ .

### 2.1.2 Bersisian (Incidency)

Suatu sisi  $e$  dikatakan bersisian dengan titik  $v_1$  dan titik  $v_2$  jika  $e$  merupakan sisi yang terkait dengan kedua titik tersebut, dengan kata lain  $e = (v_1, v_2)$ . (Adiwijaya, 2016).

Contoh dari bersisian dapat dilihat pada graf  $G$  (gambar 2.1), di mana  $e_1$  dikatakan bersisian dengan titik  $P$  dan titik  $S$ , tetapi sisi tersebut tidak bersisian dengan titik  $R$ .

### 2.1.3 Derajat (Degree)

Derajat suatu titik merupakan banyaknya sisi yang terkait dengan titik tersebut. (Adiwijaya, 2016). Misalkan, suatu titik  $v$  mempunyai 4 buah sisi yang terkait dengannya, maka dapat dikatakan titik tersebut berderajat 4, atau dinotasikan oleh  $d(v) = 4$ .

Pada graf  $G$  (gambar 2.1) dapat dilihat bahwa  $d(P) = d(Q) = d(S) = 5$  sedangkan  $d(R) = 2$ .

### 2.1.4 Jalan (Walk)

$G$  adalah sebuah graf (Ibrahim & Mussafi, 2013).

1. Sebuah jalan di  $G$  adalah sebuah barisan tak kosong dan berhingga  $W = (v_0, e_1, v_1, e_2, \dots, e_k, v_k)$  yang suku-sukunya bergantian titik dan sisi, sedemikian hingga  $v_{i-1}$  dan  $v_i$  adalah titik-titik akhir sisi  $e_i$ , untuk  $1 \leq i \leq k$ .  $W$  dikatakan sebagai jalan dari  $v_0$  ke  $v_k$ , atau jalan  $(v_0, v_k)$ .
2. Titik  $v_0$  ke  $v_k$  berturut-turut disebut titik awal dan titik akhir  $W$ .
3. Panjang dari jalan  $W$  adalah banyaknya sisi dalam  $W$ .
4. Jalan  $W$  disebut jalan tertutup jika titik awal dan titik akhir  $W$  sama.

(Mussafi, 2013)

Contoh:

Suatu jalan dari  $v_0$  ke  $v_k$  pada graf  $G$  (gambar 2.1) misalnya

$$W_1 = (P, e_1, S, e_2, R),$$

$$W_2 = (P, e_1, S, e_2, R, e_3, Q),$$

$$W_3 = (P, e_4, Q, e_3, R, e_8, S), \text{ atau}$$

$$W_4 = (P, e_4, Q, e_9, S, e_2, R, e_3, Q, e_9, S, e_7, P)$$

### 2.1.5 Jalur (Trail)

1. Misal  $W = (v_0, e_1, v_1, e_2, \dots, e_k, v_k)$  adalah sebuah jalan di graf  $G$ .
2.  $W$  disebut jalur (trail) jika semua sisi  $e_1, e_2, \dots, e_k$  dalam jalan  $W$  yang berbeda. Dengan kata lain, jalur (trail) adalah jalan tanpa sisi berulang. (Ibrahim & Mussafi, 2013).

Perhatikan pada graf  $G$  (gambar 2.1). Yang disebut jalur (trail) adalah

$W_1 = (P, e_4, Q, e_3, R, e_8, S)$  atau  $W_2 = (R, e_3, Q, e_9, S, e_7, P, e_4, Q)$  di mana tidak melalui sisi yang sama.

### 2.1.6 Lintasan (Path)

Jalur (trail) dari suatu titik awal  $v_0$  ke titik tujuan  $v_T$  di dalam suatu graf  $G$  merupakan barisan sebuah sisi atau lebih pada  $G$  sehingga tidak mengalami pengulangan sisi. Jalur dapat dinotasikan oleh titik-titik yang dilewati, yaitu:

$$x_0, x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$$

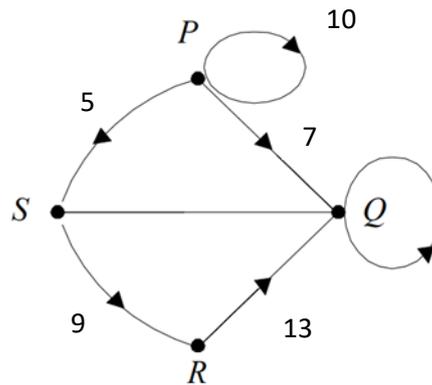
Jika jalur yang digunakan tidak melakukan pengulangan titik maka jalur ini dinamakan lintasan (path). Suatu lintasan dikatakan memiliki panjang  $n$ , jika lintasan ini memuat  $n$  buah sisi, yang dilewati dari suatu titik awal  $v_0$  ke titik tujuan  $v_T$  di dalam suatu graf  $G$ . Suatu jalur yang berawal dan berakhir pada titik yang sama disebut dengan sirkuit (circuit). Sementara itu, lintasan yang berawal dan berakhir di titik yang sama disebut dengan siklus/lingkaran (cycle). (Ibrahim & Mussafi, 2013).

Perhatikan graf  $G$  (gambar 2.1), dapat dilihat bahwa  $W_1 = (P, e_4, Q, e_3, R, e_8, S)$  adalah sebuah lintasan, di mana tidak ada pengulangan sisi dan titik yang sama.

### 2.1.7 Graf Berbobot

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya diberi label atau nilai, yang dikenal sebagai bobot. Misalkan  $G$  adalah graf dan  $e$  adalah sisi di  $G$ , maka bobot dari  $e$  dinotasikan dengan  $w(e)$ . Bobot ini merupakan bilangan real positif yang dipasangkan pada  $e$ . Panjang lintasan pada graf berbobot adalah jumlah dari masing-masing bobot sisi yang ada pada lintasan tersebut. Misalkan ada dua titik terhubung  $P$  dan  $S$  pada graf berbobot  $G$ , maka jarak antara  $P$  dan  $S$  dinotasikan dengan  $d(P, S)$  (Abdussakir, 2009).

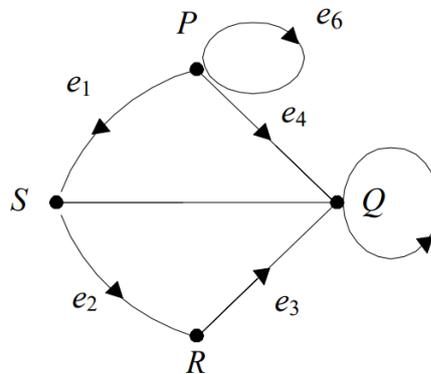
Contoh:



Gambar 2.2 Graf Berbobot

### 2.1.8 Graf Berarah

Graf berarah adalah graf yang setiap sisinya mempunyai arah dan tidak mempunyai dua sisi yang berlawanan antara dua buah titik. Seperti yang telah dijelaskan dalam contoh berikut (Adiwijaya, 2016):



Gambar 2.3 Graf Berarah

### 2.1.9 Graf Ganda Berarah

Graf ganda berarah adalah graf berarah yang membolehkan adanya sisi ganda pada graf tersebut (boleh mempunyai dua sisi yang berlawanan antara dua buah titik) (Adiwijaya, 2016). Graf G (gambar 2.1) merupakan contoh dari graf

ganda berarah, dimana antara titik P dan S memiliki sisi yang berlawanan yaitu sisi  $e_1$  dan  $e_7$ .

## 2.2 Algoritma

Algoritma adalah urutan langkah demi langkah atau urutan langkah yang terbatas dari awal hingga akhir yang disusun secara logis dan sistematis untuk menyelesaikan suatu masalah, baik memecahkannya benar atau salah (Arkeman, dkk., 2012).

Ciri-ciri algoritma tertentu disebutkan dalam beberapa buku yang di tulis oleh Donald E. Knuth tentang algoritma abad ke-20, yaitu:

1. Algoritma memiliki jumlah langkah yang terbatas, yang berarti algoritma harus berhenti setelah menyelesaikan serangkaian tugas.
2. Setiap Langkah harus didefinisikan secara tepat.
3. Memiliki kondisi awal atau masukan.
4. Memiliki kondisi akhir atau keluaran.
5. Algoritma yang diikuti dengan benar pasti akan menyelesaikan masalah.

Secara umum terdapat dua metode algoritma untuk melakukan penyelesaian kasus optimasi, yaitu:

1. Metode Konvensional (Deterministik)

Metode Konvensional (deterministik) adalah metode yang menggunakan cara matematis. Ada beberapa jenis metode algoritma yang umum, diantaranya adalah Dijkstra, Bellman-Ford, Floyd-Warshall, dan lain-lain.

2. Metode Heuristik

Metode Heuristik adalah metode yang diterapkan berdasarkan perhitungan kecerdasan buatan dengan landasan pengetahuan dan perhitungan. Ada

beberapa jenis algoritma yang dapat digunakan dalam metode heuristik, termasuk Genetika, Ant Colony, Logika Fuzzy, Bee Colony, dan lain-lain.

### **2.3 Algoritma Genetika**

Algoritma genetika pertama kali dikembangkan pada tahun 1970-an oleh John Holland. John Holland adalah seorang profesor di University of Michigan, Amerika. Tujuan John Holland saat itu adalah mengabstraksikan proses evolusi yang terjadi di alam dan merancang perangkat lunak yang prinsip pengoperasiannya sama dengan proses evolusi. John Holland memperoleh hasil bahwa algoritma genetika dapat memecahkan masalah yang tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan perhitungan matematika biasa. Algoritma genetika secara khusus dapat menyelesaikan masalah optimasi dengan baik. Algoritma genetika juga hanya mencakup operasi matematika yang sederhana (Arkeman, dkk., 2012).

Algoritma genetika merupakan suatu teknik penelitian dan teknik penelitian optimasi yang metode kerjanya diambil dari proses evolusi dan perubahan struktur genetik pada makhluk hidup. Prinsip utama dari kerja algoritma genetika diambil dari seleksi alam dan ilmu genetika. Dalam seleksi alam, individu bersaing untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Individu yang lebih sehat memiliki peluang lebih tinggi untuk terus bertahan hidup dan berkembang biak. Sebaliknya, individu yang kurang sehat akan mati dan punah. Dalam proses seleksi alam, individu-individu baru yang lebih sehat dari induknya akan lahir melalui proses persilangan (crossover) dan mutasi. Proses persilangan (crossover) dan mutasi terjadi pada kromosom-kromosom individu yang melakukan proses reproduksi. Proses persilangan dan mutasi berulang kali terjadi sampai menghasilkan individu yang

paling sehat atau baik. Individu yang paling sehat atau baik ini yang akan menjadi solusi dari masalah yang dihadapi (Arkeman, dkk., 2012).

Dalam Algoritma Genetika ada beberapa parameter yang digunakan antara lain adalah ukuran populasi, probabilitas crossover, probabilitas mutasi, dan banyak iterasi.

### 2.3.1 Parameter Algoritma Genetika

Hal yang harus dilakukan saat mengaplikasikan algoritma genetika pada suatu persoalan adalah menentukan nilai-nilai dari beberapa parameter diantaranya sebagai berikut (Syarif, 2014):

#### 1. Ukuran populasi

Nilai parameter ukuran populasi adalah jumlah kromosom pada populasi di setiap generasi. Jika jumlah kromosom dalam suatu populasi terlalu kecil, maka akan semakin sedikit kromosom yang melakukan crossover dan mutasi. Hal ini berpengaruh pada kualitas solusi yang akan diperoleh nantinya. Namun jika ukuran populasi terlalu besar, maka proses algoritma genetika akan semakin lambat.

#### 2. Probabilitas Crossover ( $P_c$ )

Parameter  $P_c$  mempunyai nilai antara 0-1. Nilai ini menunjukkan seberapa sering proses crossover akan dilakukan. Jika nilai  $P_c$  adalah 0, maka tidak dilakukan proses crossover atau seluruh kromosom pada generasi yang baru dibuat dengan kromosom pada generasi sebelumnya. Sebaliknya, jika  $P_c$  bernilai satu, maka semua kromosom berpeluang akan melakukan crossover meskipun tidak harus semua.

### 3. Probabilitas Mutasi ( $P_m$ )

Parameter  $P_m$  memiliki nilai antara 0-1. Parameter ini menunjukkan seberapa sering proses mutasi terhadap kromosom akan dilakukan. Jika nilai  $P_m$  adalah 0, maka tidak dilakukan proses mutasi terhadap kromosom. Turunan (offspring) hanya diperoleh melalui proses crossover. Namun apabila nilai  $P_m$  adalah satu, maka semua kromosom mempunyai kesempatan untuk melakukan proses mutasi.

### 4. Banyak Iterasi

Parameter banyak iterasi memberikan jumlah banyak iterasi yang dilakukan pada proses algoritma genetika. Parameter ini merupakan suatu parameter yang dipakai sebagai kriteria pemberhentian dari proses algoritma genetika.

## **2.3.2 Representasi Kromosom**

Representasi kromosom digunakan untuk menjelaskan setiap individu atau kromosom dalam setiap populasi. Setiap individu atau kromosom tersusun atas urutan gen dari suatu alfabet. Suatu alfabet terdiri dari digit biner, floating point, integer, symbol-simbol seperti A, B, C, dan matriks.

## **2.3.3 Menentukan Populasi Awal**

Menentukan populasi awal merupakan proses menentukan jumlah populasi dan panjang kromosom yang akan digunakan pada proses perhitungan.

### 2.3.4 Evaluasi Fitness

Evaluasi fitness merupakan proses menghitung nilai fitness di setiap kromosom. Nilai fitness menggambarkan kualitas dari kromosom dalam sebuah populasi (Mardiyah, dkk., 2018). Semakin tinggi nilai fitness maka akan semakin baik kromosom untuk digunakan sebagai calon solusi. Fitness adalah nilai yang mengetahui tingkat kecocokan kromosom terhadap kriteria yang ingin dicapai. Untuk menghitung nilai fitness menggunakan persamaan berikut:

$$F_k = \frac{1}{C_k}$$

Keterangan:

$F_k$  = Nilai fitness dari masing masing-masing kromosom

$C_k$  = Jumlah jarak yang ditempuh dalam satu kromosom

$k$  = Indeks kromosom

### 2.3.5 Seleksi

Salah satu proses penting pada algoritma genetika adalah bagaimana memilih kromosom yang akan digunakan untuk generasi selanjutnya. Berdasarkan teori evolusi Darwin, hanya kromosom terbaik yang dipilih untuk generasi berikutnya. Pada proses algoritma genetika dikenal beberapa metode yang digunakan untuk memilih kromosom. Metode seleksi secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok (Syarif, 2014).

Kelompok pertama adalah metode seleksi yang melibatkan pemilihan kromosom berdasarkan nilai fitness relative terhadap nilai fitness kromosom lain yang ada pada populasi atau biasa disebut dengan metode proporsional

(proportional selection methods). Yang termasuk kelompok ini adalah roulette wheel selection, stochastic universal selection, dan lain sebagainya.

Kelompok kedua adalah metode seleksi berdasarkan ranking suatu kromosom pada populasi. Pemberian ranking ini berdasarkan pada nilai fitness kromosom tersebut. kelompok ini sering dikenal dengan ordinal-based selection methods. Adapun metode seleksi pada kelompok ini adalah elitist selection, tournament selection, rank selection, dan lain sebagainya.

Pada penelitian ini, metode seleksi yang dipakai adalah metode Roulette Wheel Selection. Metode ini dimulai dengan memberikan suatu nilai peluang pada masing-masing kromosom untuk terpilih ke generasi berikutnya berdasarkan nilai fitness kromosom tersebut. Kromosom yang lebih baik tentu saja akan mempunyai peluang yang lebih besar untuk terpilih ke generasi berikutnya.

Prosedur seleksi dengan metode roulette wheel adalah sebagai berikut (Syarif, 2014):

Step 1. Hitung total fitness pada populasi awal.

Step 2. Hitung probabilitas masing-masing kromosom untuk terpilih ke generasi berikutnya ( $P_k$ ) dengan rumus sebagai berikut:

$$P_k = \frac{F_k}{T_F}$$

*Keterangan:*

$P_k$  = Probabilitas kromosom

$F_k$  = Nilai fitness dari masing-masing kromosom

$T_F$  = Total fitness

Step 3. Hitung probabilitas kumulatif  $q_k$  untuk masing-masing kromosom dengan rumus berikut:

$$q_k = P_{k-1} + P_k$$

Keterangan:

$q_k$  = Probabilitas kumulatif

$P_k$  = Probabilitas kromosom

Step 4. Kromosom dipilih dengan menggunakan metode roulette wheel. Metode ini dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak pada range [0,1] sebanyak ukuran populasi kali. Apabila  $q_{n-1} < r_i < q_n$ , kromosom  $v_n$  terpilih ke generasi berikutnya.

Membangkitkan bilangan acak  $R$  pada tahap ini menggunakan media excel dengan fungsi  $' = RAND()'$ . Fungsi  $' = RAND()'$  pada excel menghasilkan angka desimal acak yang terdistribusi antara 0 dan 1, hal ini memiliki makna bahwa hasil dari fungsi ini adalah nilai acak antara dua angka tersebut. Setiap angka dalam rentang [0, 1] memiliki peluang yang sama untuk muncul, oleh karena itu fungsi  $' = RAND()'$  ini berguna untuk tahap ini (Aprilia, 2025).

Menggunakan metode roulette wheel akan nampak sangat jelas bahwa kromosom satu mempunyai peluang yang sangat besar untuk terpilih ke generasi berikutnya, sedangkan kromosom lainnya memiliki peluang terpilih yang sangat kecil ke generasi berikutnya. Hal ini dapat menyebabkan berkurangnya keragaman kromosom dalam suatu populasi sehingga pada akhirnya menghasilkan solusi yang kurang baik.

### 2.3.6 Crossover

Crossover adalah suatu proses pembentukan kromosom turunan (offspring) dengan menggabungkan elemen dari kromosom induk yang terpilih (parent). Proses ini dilakukan untuk mendapatkan kromosom baru dengan solusi yang lebih baik. Proses crossover tidak terjadi pada seluruh kromosom induk, namun hanya sebagian saja. Ukuran probabilitas crossover ( $P_c$ ) yang akan digunakan untuk menentukan berapa banyak kromosom yang akan dilakukan crossover (Syarif, 2014).

Ada banyak metode crossover yang dapat digunakan, metode crossover yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Ordered Crossover (OX). Ordered Crossover (OX) pertama kali diperkenalkan oleh Syswerda (1989). Cara kerja metode Ordered Crossover (OX) ini adalah sebagai berikut (Syarif, 2014):

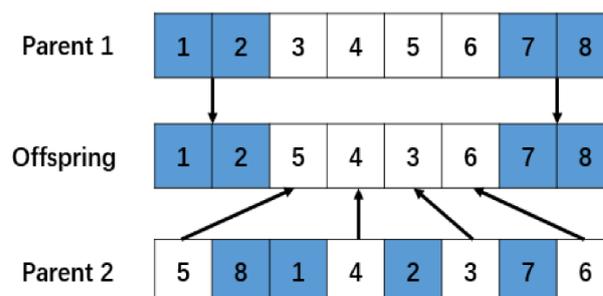
Step 1. Membangkitkan bilangan acak  $R$  menggunakan excel dengan fungsi

$$' = RAND()' \text{ sebanyak jumlah populasi.}$$

Step 2. Pilih kromosom ke  $k$  sebagai induk dengan syarat jika  $R_k < P_k$ .

Kromosom ke  $k$  yang tidak terpilih sebagai induk tetap disimpan untuk populasi di step berikutnya.

Step 3. Menentukan offspring atau keturunan dengan cara menyilangkan induk satu dengan induk lainnya. Persilangan dilakukan dengan cara berikut:



Gambar 2.4 Penentuan Offspring

Step 4. Menggabungkan kromosom yang tersimpan dengan offspring sehingga membentuk suatu populasi baru untuk proses selanjutnya.

### **2.3.7 Mutasi**

Proses mutasi dilakukan dengan merubah gen pada suatu kromosom. Proses Memiliki tujuan untuk keragaman kromosom yang ada pada populasi sehingga tidak terbawa pada solusi optimum local (local optimum). Penelitian ini menggunakan metode mutasi yang disebut dengan metode penukaran (swap mutation). Metode swap mutation adalah jenis mutasi yang melibatkan pertukaran gen pada kromosom dengan memilih satu gen tertentu. Selanjutnya kedua gen tersebut ditukarkan dengan gen yang ada dibelakangnya (Syarif, 2014).

### **2.3.8 Elitism**

Metode elitism adalah metode yang digunakan untuk menghindari kemungkinan kromosom dengan nilai fitness terbaik tidak terpilih ke generasi berikutnya. Cara kerja metode ini adalah dengan mengganti kromosom dengan nilai fitness paling rendah pada perhitungan mutasi dengan nilai fitness tertinggi diawal perhitungan. Dengan begitu akan didapatkan populasi baru yang akan digunakan untuk iterasi selanjutnya sampai batas iterasi yang telah di tentukan (Syarif, 2014).

## 2.4 Uji Normalitas

Uji normalitas adalah metode yang digunakan untuk menilai apakah suatu data berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas data dapat dilakukan dengan berbagai metode, dalam penelitian ini metode uji normalitas yang digunakan adalah Uji Kolmogorov-Smirnov. Uji Kolmogorov-Smirnov adalah uji hipotesis non parametrik untuk menguji apakah suatu kelompok data berdistribusi normal (Nasrum, 2018). Rumus uji kolmogorov-smirnov didefinisikan sebagai berikut:

$$D_{max} = \max \{|F_s(x_i) - F_t(x_i)|\}$$

Dengan  $i = 1, 2, 3, 4, \dots$ ,  $F_t(x_i)$  adalah fungsi distribusi kumulatif teoritis yang biasa disebut dengan CDF teoritis dan  $F_s(x_i)$  adalah fungsi distribusi kumulatif data observasi yang biasa disebut dengan CDF empiris.

Prinsip uji normalitas menggunakan Kolmogorov-smirnov adalah mencari simpangan terbesar ( $D_{max}$ ) dari fungsi distribusi kumulatif data observasi terhadap fungsi distribusi kumulatif teoritisnya. Jika penyimpangan maksimum yang terbentuk tidak terlalu besar maka data observasi dapat dikategorikan berdistribusi normal. Sebaliknya, jika penyimpangan maksimum yang terbentuk sangat besar maka data observasi dikatakan tidak berdistribusi normal.

Besar atau kecilnya simpangan yang terbentuk tidak dapat ditentukan jika tidak ada pembandingnya. Kolmogorov sudah menentukan besaran pembanding untuk nilai  $D_{max}$  yang diperoleh. Besaran ini diberi symbol  $D_{tabel}$  dan nilainya dapat dilihat pada lampiran.  $D_{tabel}$  dapat diartikan sebagai batas penyimpangan terbesar agar suatu data masih bisa dikategorikan berdistribusi normal.

Berdasarkan penjelasan tersebut, jika  $D_{max} \leq D_{tabel}$  maka data yang diuji berdistribusi normal. Sebaliknya jika  $D_{max} > D_{tabel}$  maka data tidak berdistribusi

normal. Adapun langkah-langkah untuk menentukan nilai  $D_{max}$  adalah sebagai berikut:

1. Formulasikan hipotesis.
2. Tentukan taraf signifikan ( $\alpha$ ).
3. Tentukan kriteria pengujian.
4. Tentukan  $D_{tabel}$ , lihat pada lampiran.
5. Urutkan data dari yang terkecil ke yang terbesar.
6. Buat daftar frekuensi ( $f$ ) dan daftar frekuensi kumulatif ( $F$ ) untuk setiap data.
7. Hitung nilai CDF empiris  $F_s(x_i) = \frac{F_i}{n}$ , di mana  $n$  adalah banyaknya data.
8. Konversi nilai  $x_i$  ke nilai  $Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$ . Di mana  $x_i$  adalah data ke  $i$ ,  $\bar{x}$  adalah rata-rata data, dan  $\sigma$  adalah standar deviasi dari data.
9. Hitung nilai CDF teoritis  $F_t(x_i) = \Phi(Z)$ .
10. Hitung selisih absolut antara  $F_s(x_i)$  dan  $F_t(x_i)$ .
11. Ambil nilai maksimum dari hasil selisih tersebut ( $D_{max}$ ).
12. Bandingkan hasil  $D_{max}$  dengan  $D_{tabel}$ , sehingga diperoleh Keputusan berdasarkan kriteria pengujian.

## 2.5 Uji Hipotesis

Hipotesis adalah pernyataan sementara tentang populasi yang masih harus diuji kebenarannya, dengan kata lain hipotesis merupakan kesimpulan sementara tentang hubungan suatu variable dengan satu atau lebih variable yang lain (Putri & Suryati, 2017). Pengujian terhadap hipotesis akan menghasilkan suatu keputusan menerima atau menolak hipotesis tersebut. Adapun macam macam uji hipotesis

yaitu uji rerata, uji beda rerata, dan uji beda dua rerata (Harlyan, 2012). Karena memiliki dua rata rata yang berbeda dan memiliki lebih dari 30 sampel maka penelitian ini menggunakan uji Z. Uji hipotesis ini memerlukan beberapa langkah yaitu sebagai berikut (Mustofa, 2013):

1. Menentukan formulasi hipotesis

Ada dua hipotesis dalam suatu pengujian yaitu hipotesis nol ( $H_0$ ) atau hipotesis yang akan diuji. Hipotesis ini berisi anggapan bahwa suatu pernyataan tidak berbeda dengan pernyataan yang lain. Hipotesis yang kedua adalah hipotesis alternative ( $H_1$ ) yang merupakan kebalikan dari  $H_0$  di mana hipotesis ini memiliki perbedaan antara suatu pernyataan dengan pernyataan lain.

2. Menentukan taraf nyata Uji Hipotesis

Taraf nyata adalah besarnya batas toleransi dalam menerima kesalahan hasil hipotesis terhadap nilai parameter populasinya. Taraf nyata dilambangkan dengan  $\alpha$ . Semakin tinggi taraf nyata yang digunakan maka semakin rendah penolakan terhadap hipotesis nol. Biasanya taraf nyata yang digunakan adalah sebesar 1% (0,01), 5% (0,05) dan 10% (0,1).

3. Menentukan kriteria pengujian

Dalam membuat Keputusan apakah  $H_0$  diterima atau ditolak maka nilai  $Z_{tabel}$  dibandingkan dengan nilai uji Z nya ( $Z_{hitung}$ ). Kriteria penerimaan atau penolakan  $H_0$  adalah  $H_0$  diterima jika nilai  $Z_{hitung} \leq Z_{tabel}$ , sedangkan  $H_0$  ditolak jika nilai  $Z_{hitung} \geq Z_{tabel}$ .

4. Hitung nilai uji Z

Perhitungan nilai uji Z akan dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Z = \frac{\bar{x}_{TE} - \bar{x}_{DE}}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{TE}^2}{n_{TE}}\right) + \left(\frac{\sigma_{DE}^2}{n_{DE}}\right)}}$$

Keterangan:

TE = Hasil tanpa proses elitism

DE = Hasil dengan proses elitism

$\bar{x}$  = Rata-rata

$\sigma$  = Simpangan baku / standar deviasi

n = Banyak data

## 5. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan penetapan Keputusan dalam penerimaan atau penolakan hipotesis nol yang sesuai dengan kriteria pengujiannya.

## 2.6 Kajian Integrasi Topik dalam Perspektif Islam

Islam mengajarkan banyak hal dalam segala aspek kehidupan. Salah satunya ialah tentang kerja keras. Sesuai dengan kodratnya, setiap manusia termotivasi untuk memenuhi berbagai kebutuhan dan keperluannya. Oleh karena itu, manusia senantiasa berusaha keras untuk memperoleh sumber daya yang diperlukan dalam memenuhi kebutuhan hidupnya seperti pangan, tempat tinggal, pakaian, dan kebutuhan lainnya.

Al-Qur'an dan hadits berperan penting sebagai pedoman dan pendukung untuk menjalankan kehidupan sehari-hari sesuai dengan syariat islam. Berpegang teguh kepada Al-Qur'an dan hadits merupakan kewajiban. Hal tersebut akan sangat mempengaruhi kehidupan, baik dalam sikap maupun menyelesaikan masalah yang

ada. Di zaman modern yang serba mudah dan praktis ini, membuat pola hidup manusia menjadi malas dan enggan untuk bekerja keras dalam mendapatkan sesuatu yang diinginkan. Al-Qur'an selalu mengajarkan bahwa segala sesuatu yang memang sudah menjadi tujuan, harus diusahakan dengan tekun dan kerja keras. Setiap orang yang bekerja keras untuk mendapatkan berbagai sarana dan pra sarana hidup adalah selaras dengan fitrah yang dimilikinya, sedangkan orang yang malas bekerja keras artinya menentang fitrahnya.

Penentuan rute terpendek merupakan masalah untuk menentukan urutan suatu tempat yang harus dikunjungi dalam sebuah perjalanan. Menentukan rute terpendek tentunya memerlukan ketekunan dan kerja keras untuk menghasilkan rute yang paling pendek atau yang paling efektif. Tekun berarti bersungguh-sungguh dan tidak mudah menyerah dalam melakukan suatu aktivitas meskipun tekanan dan kesulitan menghadang. Dalam Al-Qur'an telah diberikan ayat yang membahas mengenai hal ini.

Pada surah At-Taubah ayat 105 yang berbunyi:

وَقُلْ أَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَىٰ عِلْمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ  
فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ

Artinya: “Katakanlah (Nabi Muhammad), “Bekerjalah! Maka, Allah SWT, Rasul-Nya, dan orang-orang mukmin akan melihat pekerjaanmu. Kamu akan dikembalikan kepada (Zat) yang mengetahui yang gaib dan yang nyata. Lalu, Dia akan memberitakan kepada kamu apa yang selama ini kamu kerjakan.”

Ayat tersebut menjelaskan bahwa bahwa Allah SWT memerintahkan kepada Rasul-Nya, agar beliau mengatakan kepada kaum Muslimin yang bertobat, “Bekerjalah kamu, dengan berbagai pekerjaan yang mendatangkan manfaat, maka Allah SWT akan melihat pekerjaanmu, yakni memberikan penghargaan atas

pekerjaanmu, begitu juga Rasul-Nya dan orang-orang mukmin juga akan menyaksikan dan menilai pekerjaanmu, dan kamu akan dikembalikan, yakni meninggal dunia dan pada hari kebangkitan semua makhluk akan kembali kepada Allah SWT yang mengetahui yang gaib dan yang nyata, lalu diberitakannya kepada kamu apa yang telah kamu kerjakan di dunia, baik yang kamu tampilkan atau yang kamu sembunyikan.” (Kemenag, 2024).

Dalam tafsir Al-Maraghi, dijelaskan bahwa Allah SWT melihat perbuatan manusia, baik itu rahasia maupun terbuka. Allah SWT mengetahui niat dan tujuan dari suatu perbuatan. Dari perbuatan yang dilakukan seseorang, dapat diketahui keikhlasannya. Pada hari kiamat semua itu akan diketahui dan setiap orang akan menerima akibatnya. Perbuatan yang baik akan dibalas dengan pahala, sedangkan perbuatan yang buruk akan memperoleh siksa (Istighfarini, 2020).

Tafsir Al-Misbah juga menjelaskan bahwa setiap perbuatan yang dilakukan akan mendapatkan balasan yang setimpal. Allah SWT mengetahui apa yang gaib, yaitu bagaimana perbuatan yang dikerjakan. Semua perbuatan yang dilakukan akan diperlihatkan pada hari kiamat, sehingga seluruh manusia mengetahui hakikat perbuatan yang dikerjakannya. Pada hari itu, tidak ada perbuatan yang disembunyikan, perbuatan yang baik dan buruk hakikatnya akan nampak. Oleh karena itu, sebagai manusia harus senantiasa mawas diri (Istighfarini, 2020).

Seperti yang telah dicontohkan oleh Nabi Muhammad saw, bekerja keras merupakan hal yang selalu diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Beliau tidak hanya menghabiskan waktu untuk mengingat Allah SWT saja, tetapi juga bekerja keras berdakwah, baik di Makkah maupun Madinah. Berdasarkan hal tersebut Rasulullah menjadi suri tauladan yang baik bahwa manusia diperintahkan oleh

Allah dan RasulNya untuk membiasakan perilaku bekerja keras. Adapun hadist yang membahas tentang anjuran untuk ikhtiar atau bekerja keras yaitu dalam HR.

Bukhari yang berbunyi,

*Artinya: Telah menceritakan kepada kami Ibrahim bin Musa telah mengabarkan kepada kami 'Isa binYunus dari Tsa'ur dari Khalid bin Ma'dari Al Miqdam radliallahu 'anhu dari Rasulullah saw bersabda: "Tidak ada seorang yang memakan satu makananpun yang lebih baik dari makanan hasil usaha tangannya sendiri. Dan sesungguhnya Nabi Allah Daud as memakan makanan dari hasil usahanya sendiri."*

Hadist tersebut menjelaskan bahwa betapa banyaknya keutamaan bagi orang yang bekerja keras. Baik untuk mencukupi kebutuhan diri sendiri dan keluarga dengan usahanya sendiri. Bahkan hal ini termasuk sifat-sifat yang akan ditemui pada para Nabi as dan orang-orang shaleh. Allah SWT hanya akan memberi rezeki kepada orang-orang yang mau berusaha dan bekerja keras mencari rezeki (Haidar, 2017).

Kesimpulan yang dapat diambil dari penjelasan ayat dan hadist tersebut adalah Allah SWT memerintahkan manusia untuk senantiasa berusaha dan bekerja keras. Setiap usaha pasti akan di ketahui oleh Allah SWT, Rasulullah saw dan orang-orang beriman secara keseluruhan. Dalam usaha itu sendiri dipastikan akan mendapatkan balasan/hasil sesuai dengan apa yang telah diusahakannya. Sama halnya dengan penentuan rute terpendek dalam penelitian ini, pentingnya usaha dan kerja keras yang sungguh-sungguh untuk mendapatkan rute yang paling efektif. Sehingga dapat memberikan banyak manfaat untuk kehidupan.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan utama, yaitu metode kuantitatif dan studi lapangan dengan bantuan Google Maps. Metode kuantitatif digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi data secara statistik dan matematis, sehingga peneliti dapat menentukan hasil yang signifikan. Metode ini dimulai dengan mencari sumber data tentang objek yang diteliti, kemudian dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan kesimpulan kuantitatif.

#### 3.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder berupa data top 15 pariwisata di Batu dan sekitarnya berdasarkan banyak pengunjung. Sumber data berasal dari web Badan Pusat Statistik.

Berikut data yang akan digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 3.1 Data Top 15 Pariwisata Batu dan Sekitarnya

NO	TEMPAT WISATA	ALAMAT
1	Jatim Park III	Jl. Ir. Soekarno No.144, Beji, Kec. Junrejo, Kota Batu
2	BNS (Batu Night Spectacular)	Jalan Hayam Wuruk No. 1, Oro-Oro Ombo, Batu, Batu, Kota Batu
3	Museum Angkut	Jl. Terusan Sultan Agung Atas No. 2 di kawasan Kota Batu
4	Alun-alun Kota Wisata Batu	Jalan Diponegoro, Sisir, Kecamatan Batu, kota Batu

NO	TEMPAT WISATA	ALAMAT
5	Jatim Park II	Jl.Raya Oro-Oro Ombo No. 9, Kecamatan Batu, Kota Batu
6	Coban Rais	Jalur Lkr. Bar. No.8, Oro-Oro Ombo, Kec. Batu, Kota Batu, Jawa Timur 65316
7	Paralayang	Desa Songgokerto, Kecamatan Batu, Kota Batu
8	Selecta	Jl. Raya Selecta No. 1, Tulungrejo, Bumiaji, Batu
9	Batu Love Garden	Jl. Raya Pandanrejo No.91, Pandanrejo, Kec. Bumiaji
10	Coban Rondo	Jl. Coban Rondo, Pandesari, Kec. Pujon
11	Batu Flower Garden	Oro-Oro Ombo, Kehutanan, Kec. Batu, Kota Batu
12	Taman Dolan	Jl. Raya Pandanrejo No.308, Giripurno, Kec. Bumiaji, Kota Batu
13	Wisata Petik Apel Rakyat	Jl. Raya Sidomulyo, Sidomulyo, Kec. Batu, Kota Batu, Jawa Timur 65317
14	Santera De Laponte	Jalan Trunojoyo, Jurangrejo, Desa Pandesari, Kecamatan Pujon
15	Jatim Park I	Jl. Kartika no.2, Sisir, Kecamatan Batu, Kota Batu

### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan pada penelitian ini dimulai dengan membuat simbol untuk setiap titik atau lokasi wisata pada data di subbab sebelumnya. Kemudian dilakukan pemilihan titik awal yang akan digunakan pada setiap rute perjalanan. Pemilihan titik awal menggunakan media excel yang memanfaatkan fungsi ' $=RAND()$ ' dengan ketentuan pilihan pada titik yang teracak memiliki posisi paling awal diantara yang lain. Setelah titik awal dipilih, dilakukan penentuan jarak antar titik awal dan titik lainnya menggunakan Google Maps yang disajikan dalam tabel

matriks jarak, sehingga dari data jarak tersebut dapat diimplementasikan pada graf. Simbol akan dijadikan sebagai titik dalam sebuah graf, sedangkan bobot sisi dalam graf akan diambil dari data jarak. Kemudian, menghitung rute terpendek dengan perhitungan secara manual dengan banyak iterasi 1, yang dijelaskan dalam langkah-langkah berikut:

1. Menentukan parameter yang berisi panjang kromosom, ukuran populasi, probabilitas crossover ( $P_c$ ), probabilitas mutasi ( $P_m$ ), dan banyak iterasi.
2. Menyusun gen atau titik secara acak pada data penelitian sehingga membentuk sebuah kromosom.
3. Menyusun beberapa kromosom sehingga membentuk sebuah populasi.
4. Menghitung evaluasi fitness yang digunakan untuk mengetahui nilai fitness ( $F_k$ ) di setiap kromosom dengan menggunakan rumus:

$$F_k = \frac{1}{C_k}$$

5. Menghitung seleksi yaitu dengan memilih kromosom yang akan digunakan untuk proses crossover.
6. Menghitung crossover dengan metode Ordered Crossover (OX) untuk mendapatkan keturunan / offspring sehingga membentuk populasi baru yang akan digunakan pada proses mutasi.
7. Menghitung mutasi dengan metode penukaran (swap mutation) untuk mendapatkan keragaman kromosom sehingga terbentuk populasi baru yang akan digunakan pada proses elitism.
8. Proses elitism. Pada langkah ini akan dilakukan penukaran kromosom yang memiliki nilai fitness terendah pada populasi yang dihasilkan oleh proses mutasi dengan kromosom yang memiliki nilai fitness tertinggi pada

populasi awal. Dengan demikian akan diperoleh populasi baru yang lebih baik karena sudah mengganti kromosom yang kurang baik menjadi kromosom yang lebih baik untuk proses iterasi selanjutnya. Karena dalam perhitungan manual ini menggunakan iterasi sebanyak 1 kali, maka dari populasi baru yang dihasilkan oleh proses elitism dipilih 1 kromosom yang memiliki nilai fitness paling tinggi diantara nilai fitness pada kromosom lain. Kromosom ini menjadi hasil dari penentuan rute terpendeknya.

Setelah perhitungan manual, akan dilakukan penentuan rute terpendek menggunakan proses elitism dan tanpa menggunakan proses elitism. Perhitungan kali ini menggunakan langkah-langkah yang sama seperti perhitungan manual sebelumnya, hanya saja dibantu dengan penggunaan program python yang memiliki iterasi lebih dari 1 kali. Dalam proses perbandingan ini menggunakan 70 iterasi. Dengan demikian akan diperoleh rute terpendek dengan menggunakan proses elitism dan tanpa menggunakan proses elitism.

Setelah itu, akan dilakukan proses perhitungan memakai program python yang menggunakan seratus kali hitungan, di mana setiap satu kali hitungan tersebut memiliki iterasi sebanyak 50 iterasi dengan populasi awal yang sama. Hal ini bertujuan untuk membandingkan hasil rute terpendek dengan proses elitism dan tanpa proses elitism.

Kemudian akan dilakukan Uji Statistika pada data hasil perbandingan rute terpendek dengan proses elitism dan tanpa proses elitism menggunakan Uji Hipotesis. Karena data yang diperoleh memiliki seratus data maka Uji Hipotesis yang digunakan adalah Uji Z. Sebelum melakukan Uji Z, data perlu diuji apakah berdistribusi normal atau tidak menggunakan Uji Normalitas Kolmogorov-

Smirnov. Apabila data yang diuji berdistribusi normal maka Uji Z bisa dilakukan, sebaliknya apabila data tidak berdistribusi normal, maka Uji Z tidak dapat dilakukan. Uji Z ini bertujuan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh dari hasil penentuan rute terpendek dengan elitism dan tanpa elitism ini memiliki perbedaan atau tidak. Apabila memiliki perbedaan, jelas dapat diperoleh kesimpulan dari pengaruh proses elitism pada algoritma genetika dalam menentukan rute terpendek.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Deskriptif Data

Pada subbab ini akan menyajikan data yang digunakan dalam proses penelitian. Data tersebut adalah data top 15 pariwisata di Batu dan sekitarnya berdasarkan yang masih banyak diminati oleh pengunjung. Data yang digunakan akan disimbolkan untuk memudahkan dalam proses perhitungan. Data tersebut disajikan dalam table berikut:

Tabel 4.1 Data Simbol Top 15 Pariwisata Batu dan Sekitarnya

Nama Tempat	Simbol
Jatim Park 3	A
Batu Night Spectacular (BNS)	B
Museum Angkut	C
Alun-alun Kota Wisata Kota Batu	D
Jatim Park 2	E
Coban Rais	F
Paralayang	G
Selecta	H
Batu Love Garden (Baloga)	I
Coban Rondo	J
Batu Flower Garden	K
Taman Dolan	L
Wisata Petik Apel Agro Rakyat	M
Santera De Laponte	N
Jatim Park 1	O

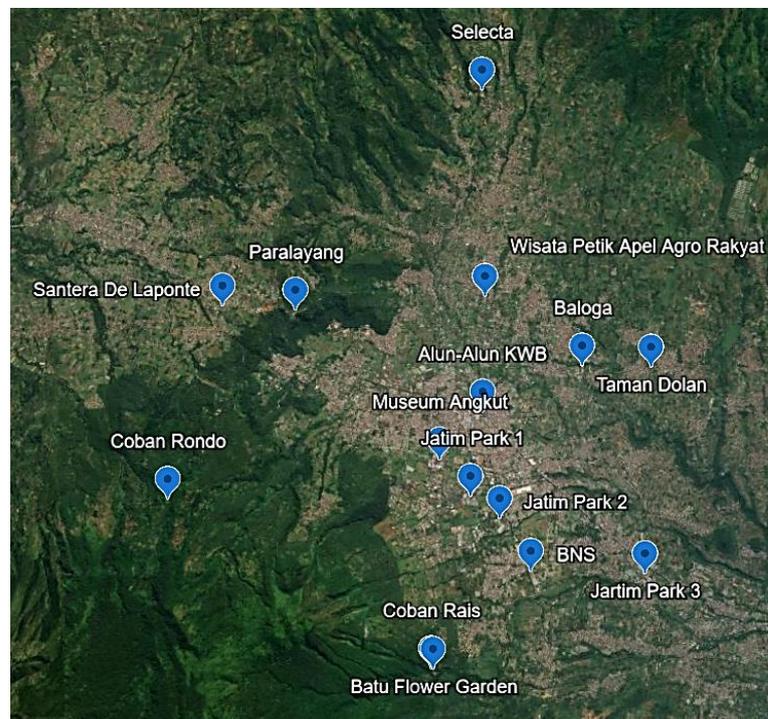
Dari data tersebut, dipilihlah titik awal dari semua rute menggunakan media excel dengan fungsi ' $=RAND()$ ' yaitu Jatim Park 3 (A) karena memiliki posisi

pertama dari hasil proses acak pada excel. Oleh karena itu, dari data jarak pada google maps dapat diperoleh matriks jarak yang disajikan pada tabel berikut:

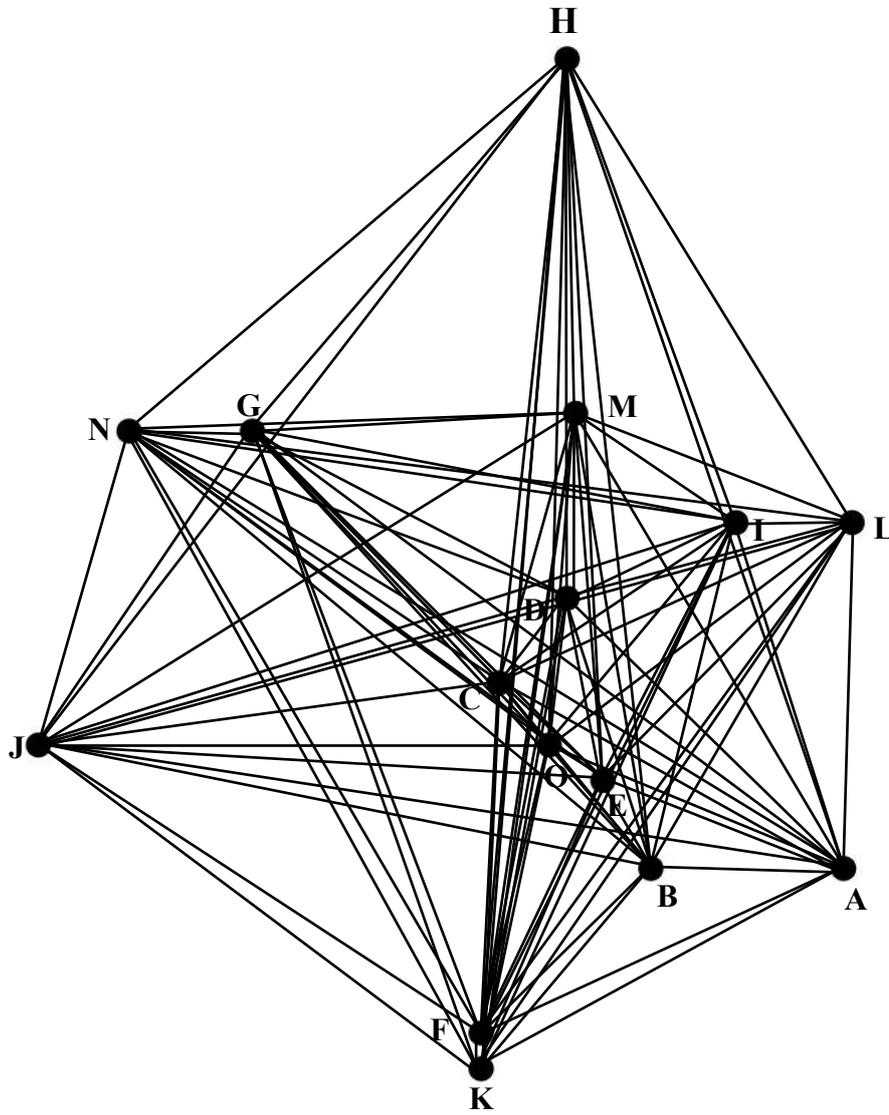
Tabel 4.2 Matriks Jarak

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
A	0	3,2	5,2	5,4	3,9	6,3	14	12	6,7	16	6,3	7,8	7,7	13	4,5
B	3,2	0	3,2	3,5	1,2	3,3	11	10	5,8	14	3,3	7	5,8	11	2,5
C	5,2	3,2	0	2,2	2	5,8	8	7,6	4,1	11	5,7	5,3	3,4	7,7	1,3
D	5,4	3,5	2,2	0	2,8	7,2	7,4	6,5	3	11	7,2	4,2	2,3	7,2	2,1
E	3,9	1,2	2	2,8	0	4,4	9,9	9	4,8	13	4,4	6	4,7	9,6	1,2
F	6,3	3,3	5,8	7,2	4,4	0	12	13	9,3	15	0,02	10	8,6	12	5,6
G	14	11	8	7,4	9,9	12	0	10	8,8	6,8	11	10	7,7	2,3	8,2
H	12	10	7,6	6,5	9	13	10	0	7,1	16	14	8,3	4,2	13	8,8
I	6,7	5,8	4,1	3	4,8	9,3	8,8	7,1	0	13	9,2	1,3	3	9,9	4,6
J	16	14	11	11	13	15	6,8	16	13	0	15	14	12	4,2	12
K	6,3	3,3	5,7	7,2	4,4	0,02	11	14	9,2	15	0	10	8,6	12	5,6
L	7,8	7	5,3	4,2	6	10	10	8,3	1,3	14	10	0	4,2	11	6,5
M	7,7	5,8	3,4	2,3	4,7	8,6	7,7	4,2	3	12	8,6	4,2	0	9,2	4,7
N	13	11	7,7	7,2	9,6	12	2,3	13	9,9	4,2	12	11	9,2	0	4,6
O	4,5	2,5	1,3	2,1	1,2	5,6	8,2	8,8	4,6	12	5,6	6,5	4,7	4,6	0

Matriks jarak tersebut akan diimplementasikan terhadap graf, sehingga diperoleh graf sebagai berikut:



Gambar 4.1 Letak Data pada Maps



Gambar 4.2 Graf Pariwisata Batu

## 4.2 Menentukan Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika

Menentukan rute terpendek menggunakan algoritma genetika akan melalui beberapa langkah yaitu menentukan parameter, kemudian dilanjutkan dengan menentukan gen atau titik, menyusun kromosom sehingga membentuk sebuah populasi, kemudian menentukan evaluasi fitness, menghitung seleksi menggunakan metode roulette wheel, menghitung crossover dengan menggunakan metode Ordered Crossover (OX), menghitung mutasi menggunakan metode penukaran (swap mutation), menghitung elitism, rute terpendek ditemukan.

### 4.2.1 Menentukan Parameter

Dalam menentukan rute terpendek dengan menggunakan algoritma genetika, langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan parameter. Adapun parameter tersebut sebagai berikut:

Ukuran Populasi = 7, terdiri dari tujuh rute yang dipilih secara acak.

Panjang Kromosom = 15, diambil dari banyaknya titik atau data yang digunakan.

Banyak Iterasi = 1, akan dilakukan satu kali perhitungan secara manual.

Probabilitas Crossover ( $P_c$ ) = 0,5

untuk menentukan berapa rute yang akan mengalami proses crossover.

Probabilitas Mutasi ( $P_m$ ) = 0,3

untuk menentukan berapa titik yang akan mengalami proses mutasi.

#### 4.2.2 Menentukan Gen atau Titik

Langkah kedua dalam menentukan rute terpendek menggunakan algoritma genetika adalah menentukan gen atau titik. Kemudian pilih salah satu titik sebagai titik pusat atau titik awal dalam sebuah rute. Penentuan gen dalam penelitian ini menggunakan data yang sudah disajikan pada tabel

#### 4.2.3 Menyusun Kromosom

Langkah ke tiga adalah menyusun kromosom. Menentukan populasi awal dalam penelitian ini menggunakan jumlah dan panjang kromosom yang ditentukan secara acak menggunakan excel berdasarkan data yang ada. Kemudian dari Kumpulan kromosom tersebut membentuk sebuah populasi yang disebut dengan populasi awal. Berikut adalah populasi awal yang digunakan:

1. Kromosom 1 = A – B – C – D – E – F – G – H – I – J – K – L – M – N – O
2. Kromosom 2 = A – C – B – F – K – L – O – H – J – N – M – E – G – D – I
3. Kromosom 3 = A – F – O – B – C – G – H – D – K – I – N – L – E – J – M
4. Kromosom 4 = A – D – F – O – N – K – L – B – I – M – G – C – E – H – J
5. Kromosom 5 = A – M – L – C – E – G – B – D – J – K – N – O – I – F – H
6. Kromosom 6 = A – E – N – O – F – K – I – B – D – M – L – C – H – G – J
7. Kromosom 7 = A – K – O – M – B – F – G – L – I – C – D – J – N – E – H

#### 4.2.4 Evaluasi Fitness

Setelah terbentuknya populasi awal, maka langkah selanjutnya adalah menghitung total jarak dari setiap kromosom yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Kromosom 1 =  $3,2 + 3,2 + 2,2 + 2,8 + 4,4 + 12 + 10 + 7,1 + 13 + 15 + 10 + 4,2 + 9,2 + 4,6 = 100,9$

2. Kromosom 2 =  $5,2 + 3,2 + 3,3 + 0,02 + 10 + 6,5 + 8,8 + 16 + 4,2 + 9,2 + 4,7 + 9,9 + 7,4 + 3 = 91,42$
3. Kromosom 3 =  $6,3 + 5,6 + 2,5 + 3,2 + 8 + 10 + 6,5 + 7,2 + 9,2 + 9,9 + 11 + 6 + 13 + 12 = 110,4$
4. Kromosom 4 =  $5,4 + 7,2 + 5,6 + 4,6 + 12 + 10 + 7 + 5,8 + 3 + 7,7 + 8 + 2 + 9 + 16 = 103,3$
5. Kromosom 5 =  $7,7 + 4,2 + 5,3 + 2 + 9,9 + 11 + 3,5 + 11 + 15 + 12 + 4,6 + 4,6 + 9,3 + 13 = 113,1$
6. Kromosom 6 =  $3,9 + 9,6 + 4,6 + 5,6 + 0,02 + 9,2 + 5,8 + 3,5 + 2,3 + 4,2 + 5,3 + 7,6 + 10 + 6,8 = 78,42$
7. Kromosom 7 =  $6,3 + 5,6 + 4,7 + 5,8 + 3,3 + 12 + 10 + 1,3 + 4,1 + 2,2 + 11 + 4,2 + 9,6 + 9 = 89,1$

Setelah itu akan menghitung akan dihitung Nilai Fitness dari setiap kromosom menggunakan rumus sebagai berikut

$$F_k = \frac{1}{C_k}$$

Maka diperoleh:

1.  $F_1 = \frac{1}{C_1} = \frac{1}{100,9} = 0,00991080278$
2.  $F_2 = \frac{1}{C_2} = \frac{1}{91,42} = 0,0109385255$
3.  $F_3 = \frac{1}{C_3} = \frac{1}{110,4} = 0,00905797101$
4.  $F_4 = \frac{1}{C_4} = \frac{1}{103,3} = 0,00968054211$
5.  $F_5 = \frac{1}{C_5} = \frac{1}{113,1} = 0,00884173298$

$$6. F_6 = \frac{1}{c_6} = \frac{1}{78,42} = 0,012751849$$

$$7. F_7 = \frac{1}{c_7} = \frac{1}{89,1} = 0,0112233446$$

Kromosom yang memiliki nilai fitness paling tinggi yaitu kromosom 6 akan disimpan untuk proses elitism.

#### 4.2.5 Seleksi

Langkah kelima adalah proses seleksi. Proses seleksi ini memiliki beberapa langkah yang harus dikerjakan satu persatu, yaitu sebagai berikut:

##### **Langkah 1.** Menghitung total fitness pada populasi awal

$$\begin{aligned} \text{Total fitness } (T_F) &= 0,00991080278 + 0,0109385255 + 0,00905797101 + \\ &0,00968054211 + 0,00884173298 + 0,012751849 + 0,0112233446 = \\ &0,072404768 \end{aligned}$$

**Langkah 2.** Menghitung probabilitas masing-masing kromosom untuk memilih kromosom mana yang bisa digunakan untuk iterasi selanjutnya.

$$1. P_1 = \frac{F_1}{T_F} = \frac{0,00991080278}{0,072404768} = 0,136880542$$

$$2. P_2 = \frac{F_2}{T_F} = \frac{0,0109385255}{0,072404768} = 0,151074674$$

$$3. P_3 = \frac{F_3}{T_F} = \frac{0,00905797101}{0,072404768} = 0,125101872$$

$$4. P_4 = \frac{F_4}{T_F} = \frac{0,00968054211}{0,072404768} = 0,133700355$$

$$5. P_5 = \frac{F_5}{T_F} = \frac{0,00884173298}{0,072404768} = 0,122115355$$

$$6. P_6 = \frac{F_6}{T_F} = \frac{0,012751849}{0,072404768} = 0,176118932$$

$$7. P_7 = \frac{F_7}{T_F} = \frac{0,0112233446}{0,072404768} = 0,155008381$$

**Langkah 3.** Menghitung probabilitas kumulatif ( $q_k$ ) untuk masing-masing kromosom.

1.  $q_1 = P_1 = 0,136880542$
2.  $q_2 = \sum_1^2 P_2 = 0,136880542 + 0,151074674 = 0,287955216$
3.  $q_3 = \sum_1^3 P_3 = 0,136880542 + 0,151074674 + 0,125101872$   
 $= 0,413057088$
4.  $q_4 = \sum_1^4 P_4 = 0,136880542 + 0,151074674 + 0,125101872 +$   
 $0,133700355 = 0,546757443$
5.  $q_5 = \sum_1^5 P_5 = 0,136880542 + 0,151074674 + 0,125101872 +$   
 $0,133700355 + 0,122115355 = 0,668872798$
6.  $q_6 = \sum_1^6 P_6 = 0,136880542 + 0,151074674 + 0,125101872 +$   
 $0,133700355 + 0,122115355 + 0,176118932$   
 $= 0,84499173$
7.  $q_7 = \sum_1^7 P_7 = 0,136880542 + 0,151074674 + 0,125101872 +$   
 $0,133700355 + 0,122115355 + 0,176118932 +$   
 $0,155008381 = 1$

**Langkah 4.** Membangkitkan bilangan acak  $R$  dengan range 0-1 menggunakan fungsi ' $RAND()$ ' pada excel untuk proses pemilihan kromosom yang digunakan untuk proses selanjutnya. Diperoleh bilangan acak  $R$  sebagai berikut:

$$R_1 = 0,081$$

$$R_2 = 0,237$$

$$R_3 = 0,543$$

$$R_4 = 0,174$$

$$R_5 = 0,238$$

$$R_6 = 0,347$$

$$R_7 = 0,895$$

Jika  $R_1 < q_1$  maka pilih kromosom 1 untuk dipakai pada iterasi selanjutnya. Selain itu pilih kromosom ke- $k$  untuk dipakai pada iterasi selanjutnya dengan syarat  $q_{k-1} < R_k < q_k$ . Kemudian menggunakan metode seleksi roulette wheel sebanyak tujuh kali dan pada setiap putaran pilih satu kromosom untuk populasi baru, maka diperoleh:

Kromosom 1 = Kromosom 1

Kromosom 2 = Kromosom 2

Kromosom 3 = Kromosom 4

Kromosom 4 = Kromosom 2

Kromosom 5 = Kromosom 2

Kromosom 6 = Kromosom 3

Kromosom 7 = Kromosom 7

Sehingga diperoleh populasi baru dari hasil seleksi, yaitu sebagai berikut:

1. Kromosom 1 = A - B - C - D - E - F - G - H - I - J - K - L - M - N - O
2. Kromosom 2 = A - C - B - F - K - L - O - H - J - N - M - E - G - D - I
3. Kromosom 3 = A - D - F - O - N - K - L - B - I - M - G - C - E - H - J
4. Kromosom 4 = A - C - B - F - K - L - O - H - J - N - M - E - G - D - I
5. Kromosom 5 = A - C - B - F - K - L - O - H - J - N - M - E - G - D - I
6. Kromosom 6 = A - F - O - B - C - G - H - D - K - I - N - L - E - J - M
7. Kromosom 7 = A - K - O - M - B - F - G - L - I - C - D - J - N - E - H

#### 4.2.6 Crossover

Setelah diperoleh populasi baru dari hasil seleksi, langkah selanjutnya adalah proses crossover. Proses ini dimulai dengan membangkitkan bilangan acak  $R$  dengan range 0-1 menggunakan excel untuk memilih induk dengan probabilitas crossover 0,5 atau 50% dari populasi yang akan dipilih untuk disilangkan sehingga menghasilkan offspring atau kromosom baru dengan syarat  $R < P_c$ .

$$R_1 = 0,972 > 0,5$$

$$R_2 = 0,431 < 0,5$$

$$R_3 = 0,073 < 0,5$$

$$R_4 = 0,772 > 0,5$$

$$R_5 = 0,819 > 0,5$$

$$R_6 = 0,324 < 0,5$$

$$R_7 = 0,249 < 0,5$$

Berdasarkan pembangkitan bilangan acak  $R$  diperoleh hasil bahwa kromosom yang terpilih sebagai induk adalah Kromosom 2, Kromosom 3, Kromosom 6, dan Kromosom 7. Setelah melakukan pemilihan induk selanjutnya adalah proses persilangan antar induk secara random yang disimbolkan dengan ( $\times$ ) untuk menghasilkan offspring atau anak dengan menggunakan metode Order Crossover, yaitu sebagai berikut:

Offspring 2 = Kromosom 2  $\times$  Kromosom 3

$$= A - C - B - F - K - L - O - H - J - N - M - E - G - D - I$$

$\times$

$$A - D - F - O - N - K - L - B - I - M - G - C - E - H - J$$

$$= A - D - B - F - K - L - O - H - J - N - M - E - I - G - C$$

Offspring 3 = Kromosom 3 >< Kromosom 6

= A - D - F - O - N - K - L - B - I - M - G - C - E - H - J

><

A - F - O - B - C - G - H - D - K - I - N - L - E - J - M

= **A - F - H - O - N - K - L - B - I - M - G - C - D - E - J**

Offspring 6 = Kromosom 6 >< Kromosom 7

= A - F - O - B - C - G - H - D - K - I - N - L - E - J - M

><

A - K - O - M - B - F - G - L - I - C - D - J - N - E - H

= **A - O - M - B - C - G - H - D - K - I - N - L - F - J - E**

Offspring 7 = Kromosom 7 >< Kromosom 2

= A - K - O - M - B - F - G - L - I - C - D - J - N - E - H

><

A - C - B - F - K - L - O - H - J - N - M - E - G - D - I

= **A - K - O - M - B - F - G - L - I - C - D - J - H - N - E**

Sehingga diperoleh populasi baru dari hasil crossover yaitu sebagai berikut:

Kromosom 1 = Kromosom 1

Kromosom 2 = Offspring 2

Kromosom 3 = Offspring 3

Kromosom 4 = Kromosom 4

Kromosom 5 = Kromosom 5

Kromosom 6 = Offspring 6

Kromosom 7 = Offspring 7

Dijabarkan sebagai berikut :

Kromosom 1 = A – B – C – D – E – F – G – H – I – J – K – L – M – N – O

Kromosom 2 = A – D – B – F – K – L – O – H – J – N – M – E – I – G – C

Kromosom 3 = A – F – H – O – N – K – L – B – I – M – G – C – D – E – J

Kromosom 4 = A – C – B – F – K – L – O – H – J – N – M – E – G – D – I

Kromosom 5 = A – C – B – F – K – L – O – H – J – N – M – E – G – D – I

Kromosom 6 = A – O – M – B – C – G – H – D – K – I – N – L – F – J – E

Kromosom 7 = A – K – O – M – B – F – G – L – I – C – D – J – H – N – E

#### 4.2.7 Mutasi

Langkah selanjutnya adalah proses mutasi. Proses mutasi pada penelitian ini menggunakan metode swap mutation, di mana perhitungan tersebut memerlukan beberapa langkah, yaitu sebagai berikut:

##### **Langkah 1. Menghitung panjang total titik dalam 1 populasi**

$$\begin{aligned} \text{Total Titik} &= \text{jumlah titik dalam kromosom} \times \text{jumlah populasi} \\ &= 15 \times 7 \\ &= 105 \end{aligned}$$

##### **Langkah 2. Menentukan banyak titik yang mengalami mutasi**

$$\begin{aligned} \text{Banyak titik yang mengalami mutasi} &= \text{total titik} \times P_m \\ &= 105 \times 0,3 \\ &= 32 \text{ titik dimutasi} \end{aligned}$$

##### **Langkah 3. Proses mutasi dengan metode swap mutation**

Kromosom 1 = A – B – C – D – E – F – G – H – I – J – K – L – M – N – O

Kromosom 2 = A – D – B – F – K – L – O – H – J – N – M – E – I – G – C

Kromosom 3 = A – F – H – O – N – K – L – B – I – M – G – C – D – E – J

Kromosom 4 = A – C – B – F – K – L – O – H – J – N – M – E – G – D – I

Kromosom 5 = A – C – B – F – K – L – O – H – J – N – M – E – G – D – I

Kromosom 6 = A – O – M – B – C – G – H – D – K – I – N – L – F – J – E

Kromosom 7 = A – K – O – M – B – F – G – L – I – C – D – J – H – N – E

Sehingga diperoleh populasi dari hasil mutasi yaitu sebagai berikut:

Kromosom 1 = A – B – D – C – E – G – F – I – H – J – L – K – M – O – N

Kromosom 2 = A – D – B – K – F – L – H – O – N – J – M – I – E – C – G

Kromosom 3 = A – H – F – O – K – N – L – B – M – I – G – C – E – D – J

Kromosom 4 = A – C – F – B – K – O – L – H – J – M – N – E – D – G – I

Kromosom 5 = A – B – C – K – F – L – H – O – J – M – N – E – D – G – I

Kromosom 6 = A – O – B – M – C – H – G – D – I – K – N – F – L – J – E

Kromosom 7 = A – O – K – M – F – B – G – I – L – C – D – H – J – E – N

#### 4.2.8 Elitism

Langkah terakhir adalah proses elitism, di mana kromosom dengan nilai fitness terendah dalam populasi yang dihasilkan oleh proses mutasi akan ditukar dengan kromosom yang memiliki nilai fitness terbaik pada populasi awal.

Maka akan dihitung total jarak setiap kromosom dari populasi yang dihasilkan oleh proses mutasi, yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kromosom 1} &= 3,2 + 3,5 + 2,2 + 2 + 9,9 + 12 + 9,3 + 7,1 + 16 + 14 + 10 + 8,6 + \\ &\quad 4,7 + 4,6 + \\ &= 107,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kromosom 2} &= 5,4 + 3,5 + 3,3 + 0,02 + 10 + 8,3 + 8,8 + 4,6 + 4,2 + 12 + 3 + 4,8 \\ &\quad + 2 + 8 \\ &= 77,92\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kromosom 3} &= 12 + 13 + 5,6 + 12 + 11 + 7 + 5,8 + 3 + 8,8 + 8 + 2 + 2,8 + 1 \\ &= 107,6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kromosom 4} &= 5,2 + 5,8 + 3,3 + 3,3 + 5,6 + 6,5 + 8,3 + 16 + 12 + 9,2 + 9,6 + 2,8 \\ &\quad + 7,4 + 8,8 \\ &= 103,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kromosom 5} &= 3,2 + 3,2 + 5,7 + 0,02 + 10 + 8,3 + 8,8 + 12 + 12 + 9,2 + 9,6 + 2,8 \\ &\quad + 7,4 + 8,8 \\ &= 101,02\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kromosom 6} &= 4,5 + 2,5 + 5,8 + 3,4 + 7,6 + 10 + 7,4 + 3 + 9,2 + 12 + 12 + 10 + \\ &\quad 14 + 13 \\ &= 114,4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kromosom 7} &= 4,5 + 5,6 + 8,6 + 8,6 + 3,3 + 11 + 8,8 + 1,3 + 5,3 + 2,2 + 6,5 + \\ &\quad 16 + 13 + 9,6 \\ &= 104,3\end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung nilai fitness dari masing-masing kromosom yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kromosom 1} = F_1 = \frac{1}{107,1} = 0,009333706816$$

$$\text{Kromosom 2} = F_2 = \frac{1}{77,92} = 0,0128336756$$

$$\text{Kromosom 3} = F_3 = \frac{1}{107,6} = 0,0092936803$$

$$\text{Kromosom 4} = F_4 = \frac{1}{103,8} = 0,00963391137$$

$$\text{Kromosom 5} = F_5 = \frac{1}{101,02} = 0,0098990299$$

$$\text{Kromosom 6} = F_6 = \frac{1}{114,4} = 0,00874125874$$

$$\text{Kromosom 7} = F_7 = \frac{1}{104,3} = 0,00958772771$$

Berdasarkan hasil nilai fitness, diperoleh kromosom 6 merupakan kromosom yang memiliki nilai fitness terendah, maka kromosom 6 akan diganti dengan kromosom elit yang ada di populasi awal, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

Kromosom 1 = A – B – D – C – E – G – F – I – H – J – L – K – M – O – N

Kromosom 2 = A – D – B – K – F – L – H – O – N – J – M – I – E – C – G

Kromosom 3 = A – H – F – O – K – N – L – B – M – I – G – C – E – D – J

Kromosom 4 = A – C – F – B – K – O – L – H – J – M – N – E – D – G – I

Kromosom 5 = A – B – C – K – F – L – H – O – J – M – N – E – D – G – I

Kromosom 6 = A – E – N – O – F – K – I – B – D – M – L – C – H – G – J

Kromosom 7 = A – O – K – M – F – B – G – I – L – C – D – H – J – E – N

Dari populasi baru yang diperoleh, maka rute terpendeknya adalah pada kromosom 2 yaitu sebagai berikut :

A – D – B – K – F – L – H – O – N – J – M – I – E – C – G =

Jatim Park 3 → Alun-Alun Kota Wisata batu → BNS → Batu flower garden →

Coban Rais → Taman Dolan → Selecta → Jatim Park 1 → Santer De Laponte

→ Coban Rondo → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Baloga → Jatim Park 2

→ Museum Angkut → Paralayang

Dengan total rute yaitu : 77,92 km

### 4.3 Menentukan Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika Tanpa Elitism

Pada subbab ini akan dilakukan penentuan rute terpendek menggunakan algoritma genetika tanpa proses elitism. Proses perhitungan ini dilakukan menggunakan program python dengan parameter sebagai berikut:

Ukuran Populasi = 15

Panjang Kromosom = 15

Banyak Iterasi = 70

Probabilitas Crossover ( $P_c$ ) = 0,5

Probabilitas Mutasi ( $P_m$ ) = 0,3

Diperoleh inisialisasi populasi yaitu sebagai berikut:

Kromosom 1 = Jatim Park 3 → BNS → Coban Rais → Paralayang → Museum Angkut → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Coban Rondo → Jatim Park 1 → Baloga → Alun Alun KWB → Selecta → Jatim Park 2 → Santera De Laponte → Taman Dolan → Batu Flower Garden

Kromosom 2 = Jatim Park 3 → Selecta → Jatim Park 2 → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Jatim Park 1 → Santera De Laponte → Alun Alun KWB → Coban Rais → Batu Flower Garden → BNS → Coban Rondo → Museum Angkut → Taman Dolan → Balog → Paralayang

Kromosom 3 = Jatim Park 3 → Coban Rondo → Jatim Park 2 → Museum Angkut → Baloga → Taman Dolan → BNS → Batu Flower Garden → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Jatim Park 1 → Alun Alun KWB → Santera De Laponte → Selecta → Coban Rais → Paralayang

Kromosom 4 = Jatim Park 3 → Selecta → BNS → Alun Alun KWB → Jatim Park 1 → Museum Angkut → Taman Dolan → Santera De Laponte → Baloga → Jatim Park 2 → Batu Flower Garden → Coban Rondo → Paralayang → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Coban Rais

Kromosom 5 = Jatim Park 3 → Museum Angkut → Jatim Park 1 → Selecta → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Taman Dolan → Santera De Laponte → Alun Alun KWB → Coban Rais → Paralayang → BNS → Coban Rondo → Jatim Park 2 → Baloga → Batu Flower Garden

Kromosom 6 = Jatim Park 3 → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → BNS → Selecta → Coban Rondo → Baloga → Coban Rais → Museum Angkut → Santera De Laponte → Jatim Park 1 → Taman Dolan → Jatim Park 2 → Paralayang → Batu Flower Garden → Alun Alun KWB.

Kromosom 7 = Jatim Park 3 → BNS → Batu Flower Garden → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Coban Rais → Santera De Laponte → Coban Rondo → Taman Dolan → Paralayang → Jatim Park 1 → Jatim Park 2 → Museum Angkut → Selecta → Alun Alun KWB → Baloga.

Kromosom 8 = Jatim Park 3 → Paralayang → Selecta → Taman Dolan → Jatim Park 2 → BNS → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Coban Rondo → Batu Flower Garden → Museum Angkut → Coban Rais → Santera De Laponte → Jatim Park 1 → Baloga → Alun Alun KWB.

Kromosom 9 = Jatim Park 3 → Paralayang → Jatim Park 2 → Alun Alun KWB → Taman Dolan → Selecta → Museum Angkut → Jatim Park 1 →

Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Batu Flower Garden → Coban Rais → BNS → Baloga → Coban Rondo → Santera De Laponte.

Kromosom 10 = Jatim Park 3 → Selecta → Santera De Laponte → Alun Alun KWB → Coban Rondo → Baloga → BNS → Jatim Park 2 → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Taman Dolan → Museum Angkut → Paralayang → Jatim Park 1 → Batu Flower Garden → Coban Rais.

Kromosom 11 = Jatim Park 3 → Batu Flower Garden → Alun Alun KWB → Santera De Laponte → Baloga → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Selecta → Paralayang → Taman Dolan → Coban Rondo → Coban Rais → Jatim Park 2 → Museum Angkut → BNS → Jatim Park 1.

Kromosom 12 = Jatim Park 3 → Santera De Laponte → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Batu Flower Garden → Taman Dolan → Alun Alun KWB → Jatim Park 1 → BNS → Museum Angkut → Selecta → Baloga → Coban Rais → Coban Rondo → Paralayang → Jatim Park 2

Kromosom 13 = Jatim Park 3 → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Taman Dolan → Selecta → Paralayang → Coban Rais → Baloga → Batu Flower Garden → Museum Angkut → Coban Rondo → Jatim Park 1 → BNS → Jatim Park 2 → Santera De Laponte → Alun Alun KWB.

Kromosom 14 = Jatim Park 3 → Coban Rondo → Alun Alun KWB → Coban Rais → Taman Dolan → Museum Angkut → Santera De Laponte → Jatim Park 1 → Selecta → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → BNS → Jatim Park 2 → Batu Flower Garden → Baloga → Paralayang.

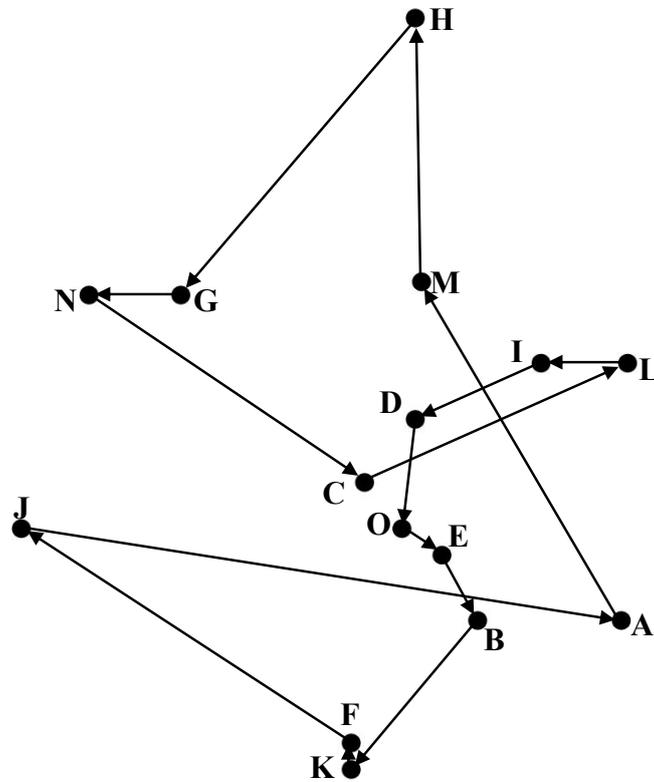
Kromosom 15 = Jatim Park 3 → Baloga → Selecta → Museum Angkut → Alun  
Alun KWB → Jatim Park 2 → Wisata Petik Apel Agro Rakyat →  
Batu Flower Garden → Paralayang → Coban Rondo → Coban Rais  
→ Santera De Laponte → Jatim Park 1 → Taman Dolan → BNS.

Dari perhitungan program phyton diperoleh rute terpendek tanpa proses  
elitism adalah sebagai berikut:

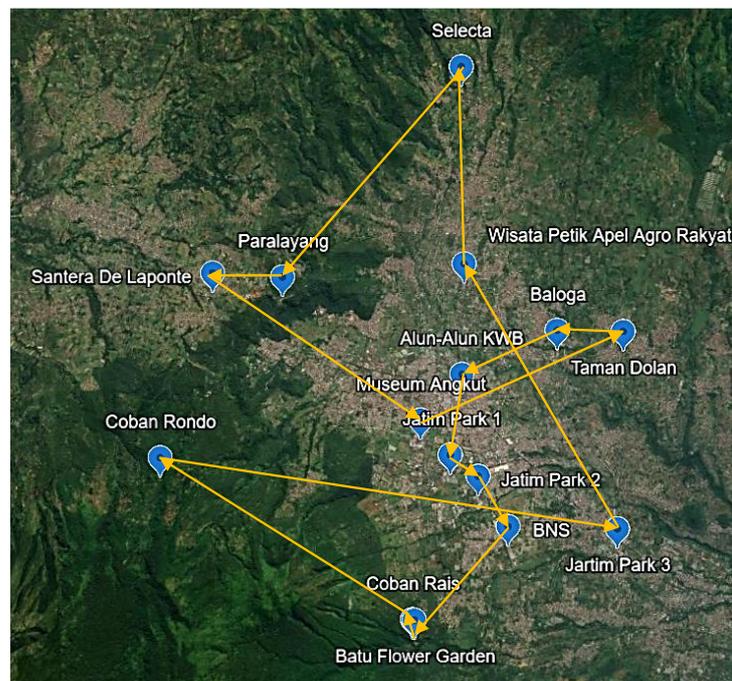
Jatim Park 3 → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Selecta → Paralayang →  
Santera De Laponte → Museum Angkut → Taman Dolan → Baloga → Alun Alun  
KWB → Jatim Park 1 → Jatim Park 2 → BNS → Batu Flower Garden → Coban  
Rais → Coban Rondo → Jatim Park 3.

Dengan total jarak: 80,32 km

Rute tersebut akan di implementasikan ke dalam graf sehingga membentuk graf sebagai berikut:



Gambar 4.3 Graf Rute Tanpa Proses Elitism



Gambar 4.4 Graf Rute Tanpa Proses Elitism pada Peta

#### 4.4 Menentukan Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika dengan Elitism

Pada subbab ini akan dilakukan penentuan rute terpendek menggunakan algoritma genetika tanpa proses elitism. Proses perhitungan ini dilakukan menggunakan program python dengan parameter sebagai berikut:

Ukuran Populasi = 15

Panjang Kromosom = 15

Banyak Iterasi = 70

Probabilitas Crossover ( $P_c$ ) = 0,5

Probabilitas Mutasi ( $P_m$ ) = 0,3

Diperoleh inisialisasi populasi yaitu sebagai berikut:

Kromosom 1 = Jatim Park 3 → Jatim Park 2 → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Alun Alun KWB → BNS → Selecta → Paralayang → Baloga → Coban Rondo → Coban Rais → Museum Angkut → Santera De Laponte → Taman Dolan → Jatim Park 1 → Batu Flower Garden.

Kromosom 2 = Jatim Park 3 → Santera De Laponte → Baloga → Batu Flower Garden → Taman Dolan → Selecta → Alun Alun KWB → Coban Rais → Museum Angkut → Coban Rondo → Jatim Park 1 → Paralayang → BNS → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Jatim Park 2.

Kromosom 3 = Jatim Park 3 → BNS → Selecta → Jatim Park 2 → Taman Dolan → Baloga → Museum Angkut → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Coban Rais → Batu Flower Garden → Jatim Park 1 →

Paralayang → Santera De Laponte → Alun Alun KWB → Coban Rondo.

Kromosom 4 = Jatim Park 3 → Jatim Park 2 → Santera De Laponte → Taman Dolan → Coban Rondo → Jatim Park 1 → Alun Alun KWB → Paralayang → Coban Rais → Museum Angkut → Batu Flower Garden → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Baloga → Selecta → BNS.

Kromosom 5 = Jatim Park 3 → BNS → Jatim Park 1 → Baloga → Coban Rondo → Santera De Laponte → Coban Rais → Batu Flower Garden → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Alun Alun KWB → Taman Dolan → Paralayang → Selecta → Jatim Park 2 → Museum Angkut.

Kromosom 6 = Jatim Park 3 → Baloga → Alun Alun KWB → Paralayang → BNS → Santera De Laponte → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Jatim Park 1 → Taman Dolan → Batu Flower Garden → Coban Rais → Selecta → Museum Angkut → Coban Rondo → Jatim Park 2.

Kromosom 7 = Jatim Park 3 → Paralayang → Santera De Laponte → Selecta → Coban Rondo → Baloga → Jatim Park 1 → Jatim Park 2 → BNS → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Museum Angkut → Coban Rais → Batu Flower Garden → Alun Alun KWB → Taman Dolan.

Kromosom 8 = Jatim Park 3 → Baloga → Taman Dolan → BNS → Selecta → Jatim Park 1 → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Jatim Park 2 → Coban Rondo → Museum Angkut → Paralayang → Coban Rais

→ Santera De Laponte → Alun Alun KWB → Batu Flower Garden.

Kromosom 9 = Jatim Park 3 → Paralayang → Coban Rondo → Baloga → Museum Angkut → Alun Alun KWB → BNS → Coban Rais → Batu Flower Garden → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Selecta → Santera De Laponte → Jatim Park 2 → Jatim Park 1 → Taman Dolan.

Kromosom 10 = Jatim Park 3 → Jatim Park 1 → Santera De Laponte → Baloga → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Museum Angkut → Taman Dolan → Coban Rondo → Selecta → Coban Rais → Alun Alun KWB → Paralayang → Jatim Park 2 → BNS → Batu Flower Garden.

Kromosom 11 = Jatim Park 3 → Coban Rais → Jatim Park 2 → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Taman Dolan → Museum Angkut → Selecta → BNS → Coban Rondo → Santera De Laponte → Baloga → Jatim Park 1 → Batu Flower Garden → Alun Alun KWB → Paralayang.

Kromosom 12 = Jatim Park 3 → Coban Rais → Coban Rondo → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Baloga → Museum Angkut → BNS → Alun Alun KWB → Paralayang → Jatim Park 2 → Taman Dolan → Santera De Laponte → Selecta → Jatim Park 1 → Batu Flower Garden.

Kromosom 13 = Jatim Park 3 → Santera De Laponte → Jatim Park 2 → Baloga → Selecta → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Museum Angkut → Coban Rais → Taman Dolan → Jatim Park 1 → Paralayang → Alun Alun KWB → Coban Rondo → Batu Flower Garden → BNS.

Kromosom 14 = Jatim Park 3 → Santera De Laponte → Taman Dolan → Batu Flower Garden → Coban Rondo → BNS → Alun Alun KWB → Jatim Park 2 → Jatim Park 1 → Baloga → Coban Rais → Selecta → Museum Angkut → Paralayang → Wisata Petik Apel Agro Rakyat.

Kromosom 15 = Jatim Park 3 → Jatim Park 1 → Paralayang → Baloga → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → BNS → Santera De Laponte → Taman Dolan → Museum Angkut → Batu Flower Garden → Coban Rais → Coban Rondo → Selecta → Jatim Park 2 → Alun Alun KWB.

Dari perhitungan program phyton diperoleh rute terpendek dengan proses elitism adalah sebagai berikut:

Jatim Park 3 → Coban Rais → Batu Flower Garden → Alun Alun KWB → Wisata Petik Apel Agro Rakyat → Baloga → Taman Dolan → Coban Rondo → Santera De Laponte → Paralayang → Selecta → Museum Angkut → Jatim Park 1 → Jatim Park 2 → BNS → Jatim Park 3

Dengan total jarak: 65,12 km.



#### 4.5 Perbandingan Pengaruh Penggunaan Proses Elitism pada Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Terpendek

Dalam subbab ini akan dilakukan penentuan rute terpendek menggunakan algoritma genetika dengan proses elitism dan tanpa proses elitism. Proses penentuan rute terpendek akan dilakukan dengan menggunakan program python.

Adapun parameter yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

Ukuran Populasi	= 15
Panjang Kromosom	= 15
Banyak Iterasi	= 50
Probabilitas Crossover ( $P_c$ )	= 0,5
Probabilitas Mutasi ( $P_m$ )	= 0,3

Penentuan rute ini akan dihitung ulang menggunakan program python yang dihitung sebanyak 100 kali proses perhitungan dengan populasi awal yang sama, di mana setiap 1 kali proses perhitungan ada 50 iterasi yang dilakukan, sehingga menghasilkan perbandingan yang disajikan dalam data berikut:

Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Perhitungan

Banyak proses hitung	Hasil dengan menggunakan Elitism	Hasil tanpa menggunakan Elitism
1	79,02000	79,02000
2	73,82000	73,82000
3	61,62000	74,02000
4	73,42000	73,42000
5	68,02000	68,02000
6	75,70000	79,30000
7	69,02000	69,02000
8	71,22000	71,22000
9	67,62000	67,62000
10	76,30000	85,20000
11	70,32000	70,32000

Banyak proses hitung	Hasil dengan menggunakan Elitism	Hasil tanpa menggunakan Elitism
12	84,52000	84,52000
13	78,80000	81,60000
14	68,02000	68,02000
15	78,82000	79,42000
16	69,30000	69,30000
17	73,32000	76,61999
18	70,02000	70,02000
19	81,41999	81,41999
20	74,32000	74,32000
21	63,12000	63,12000
22	74,70000	78,50000
23	77,32000	77,32000
24	65,02000	70,72000
25	74,32000	75,02000
26	78,32000	78,32000
27	64,82000	64,82000
28	74,29999	75,39999
29	76,00000	76,10000
30	80,11999	80,32000
31	78,50000	80,80000
32	83,02000	83,02000
33	68,30000	68,30000
34	74,61999	74,61999
35	67,32000	67,32000
36	76,12000	76,12000
37	60,72000	69,12000
38	71,22000	75,42000
39	77,02000	77,42000
40	82,32000	82,32000
41	63,22000	66,22000
42	63,62000	67,22000
43	61,32000	61,32000
44	62,92000	64,22000
45	70,12000	70,12000
46	78,22000	78,22000
47	77,30000	77,50000
48	84,22000	84,22000
49	69,12000	69,12000
50	73,72000	73,72000
51	82,40000	82,40000
52	72,42000	72,42000

Banyak proses hitung	Hasil dengan menggunakan Elitism	Hasil tanpa menggunakan Elitism
53	68,42000	69,52000
54	70,92000	70,92000
55	64,02000	64,02000
56	66,72000	66,72000
57	81,72000	81,72000
58	71,22000	72,42000
59	66,52000	66,52000
60	73,32000	73,32000
61	79,60000	79,60000
62	87,02000	87,02000
63	68,52000	70,32000
64	75,19999	75,50000
65	67,02000	68,22000
66	70,72000	87,42000
67	73,40000	73,40000
68	74,32000	74,32000
69	62,72000	62,72000
70	71,72000	71,72000
71	77,42000	77,42000
72	58,52000	58,52000
73	71,02000	71,02000
74	65,52000	65,52000
75	80,92000	80,92000
76	65,61999	65,61999
77	76,02000	76,02000
78	69,62000	69,62000
79	76,82000	78,82000
80	80,80000	80,80000
81	63,92000	63,92000
82	70,30000	70,30000
83	80,80000	80,80000
84	72,82000	72,82000
85	77,02000	77,02000
86	70,61999	70,61999
87	64,32000	64,32000
88	69,22000	69,22000
89	75,12000	75,12000
90	71,82000	71,82000
91	69,32000	71,92000
92	72,52000	72,71999
93	73,00000	78,20000

Banyak proses hitung	Hasil dengan menggunakan Elitism	Hasil tanpa menggunakan Elitism
94	71,22000	71,22000
95	86,72000	86,72000
96	66,02000	67,62000
97	68,32000	68,32000
98	75,90000	78,40000
99	63,32000	66,32000
100	76,40000	76,40000
Rata-rata	72,44500	73,50500
Standar Deviasi	6,242751961	6,253050016

Berdasarkan tabel 4.3, menunjukkan bahwa hasil perhitungan memiliki perbedaan nilai sebesar 33%. Melalui perbandingan tersebut, dapat diidentifikasi bahwa hasil perhitungan menggunakan proses elitism memberikan hasil yang lebih unggul dibandingkan dengan hasil perhitungan tanpa menggunakan proses elitism. Sehingga dapat dikatakan bahwa proses penggunaan proses elitism pada algoritma genetika dalam penentuan rute terpendek ini sangat berpengaruh terhadap hasil yang lebih akurat. Namun, untuk memberikan hasil yang jauh lebih signifikan akan dilakukan proses uji Z.

#### 4.6 Uji Normalitas Menggunakan Metode Uji Kolmogorov-Smirnov

Pada subbab ini akan dilakukan uji normalitas menggunakan metode uji Kolmogorov Smirnov atau yang biasa disebut dengan KS. Proses perhitungan dilakukan dengan menggunakan data pada tabel 4.3. Adapun langkah-langkah dalam uji normalitas dengan menggunakan uji Kolmogorov Smirnov sebagai berikut:

## 1. Formulasikan hipotesis

Uji KS dalam penelitian ini mengajukan hipotesis sebagai berikut:

$H_0$  = data berdistribusi normal.

$H_1$  = data tidak berdistribusi normal.

2. Menentukan taraf signifikan ( $\alpha$ ).

Pilih taraf signifikan yang digunakan dalam penelitian ini  $\alpha = 0,05$ .

## 3. Tentukan kriteria pengujian

$H_0$  ditolak jika  $D_{max} > D_{tabel}$

$H_0$  diterima jika  $D_{max} \leq D_{tabel}$

4. Uji KS dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan dengan 2 data yang berbeda, yaitu perhitungan uji KS pada data hasil dengan menggunakan proses elitism dan uji KS pada data hasil tanpa menggunakan proses elitism yang sudah tertera pada *table 4.3*. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan excel, di mana hasilnya akan dijabarkan dalam table berikut:**a. Uji KS pada Data Hasil dengan Menggunakan Proses Elitism**

Tabel 4.4 Hasil Uji KS pada Data Hasil dengan Proses Elitism

BINS	$f$	$F$	$F_s(x_i)$	$Z$	$F_t(x_i)$	$F_s(x_i) - F_t(x_i)$	$ F_s(x_i) - F_t(x_i) $
58,52000	1	1	0,01	-2,230586669	0,01285426	-0,00285426	0,00285426
60,72000	1	2	0,02	-1,878177985	0,03017841	-0,01017841	0,01017841
61,32000	1	3	0,03	-1,782066526	0,037369192	-0,007369192	0,007369192
61,62000	1	4	0,04	-1,734010797	0,041458084	-0,001458084	0,001458084
62,72000	1	5	0,05	-1,557806455	0,059639568	-0,009639568	0,009639568
62,92000	1	6	0,06	-1,525769302	0,063533664	-0,003533664	0,003533664
63,12000	1	7	0,07	-1,493732149	0,067622821	0,002377179	0,002377179
63,22000	1	8	0,08	-1,477713572	0,06974223	0,01025777	0,01025777
63,32000	1	9	0,09	-1,461694996	0,071912405	0,018087595	0,018087595
63,62000	1	10	0,1	-1,413639266	0,078733923	0,021266077	0,021266077
63,92000	1	11	0,11	-1,365583536	0,086034858	0,023965142	0,023965142

BINS	$f$	$F$	$F_s(x_i)$	$Z$	$F_t(x_i)$	$F_s(x_i) - F_t(x_i)$	$ F_s(x_i) - F_t(x_i) $
64,02000	1	12	0,12	-1,34956496	0,088577785	0,031422215	0,031422215
64,32000	1	13	0,13	-1,30150923	0,096542104	0,033457896	0,033457896
64,82000	1	14	0,14	-1,221416348	0,11096421	0,02903579	0,02903579
65,02000	1	15	0,15	-1,189379195	0,117145242	0,032854758	0,032854758
65,52000	1	16	0,16	-1,109286312	0,133653344	0,026346656	0,026346656
65,61999	1	17	0,17	-1,093269337	0,137137781	0,032862219	0,032862219
66,02000	1	18	0,18	-1,02919343	0,151694395	0,028305605	0,028305605
66,52000	1	19	0,19	-0,949100547	0,171284738	0,018715262	0,018715262
66,72000	1	20	0,2	-0,917063394	0,179554711	0,020445289	0,020445289
67,02000	1	21	0,21	-0,869007664	0,192421469	0,017578531	0,017578531
67,32000	1	22	0,22	-0,820951935	0,205836823	0,014163177	0,014163177
67,62000	1	23	0,23	-0,772896205	0,219791905	0,010208095	0,010208095
68,02000	2	25	0,25	-0,708821899	0,239217503	0,010782497	0,010782497
68,30000	1	26	0,26	-0,663969885	0,253354793	0,006645207	0,006645207
68,32000	1	27	0,27	-0,660766169	0,254381141	0,015618859	0,015618859
68,42000	1	28	0,28	-0,644747593	0,259545384	0,020454616	0,020454616
68,52000	1	29	0,29	-0,628729016	0,264763239	0,025236761	0,025236761
69,02000	1	30	0,3	-0,548636134	0,291627592	0,008372408	0,008372408
69,12000	1	31	0,31	-0,532617557	0,297149173	0,012850827	0,012850827
69,22000	1	32	0,32	-0,516598981	0,302718064	0,017281936	0,017281936
69,30000	1	33	0,33	-0,50378412	0,307206544	0,022793456	0,022793456
69,32000	1	34	0,34	-0,500580404	0,308333228	0,031666772	0,031666772
69,62000	1	35	0,35	-0,452524675	0,325445525	0,024554475	0,024554475
70,02000	1	36	0,36	-0,388450369	0,348841388	0,011158612	0,011158612
70,12000	1	37	0,37	-0,372431792	0,354785694	0,015214306	0,015214306
70,30000	1	38	0,38	-0,343598354	0,365574181	0,014425819	0,014425819
70,32000	1	39	0,39	-0,340394639	0,366779678	0,023220322	0,023220322
70,61999	1	40	0,4	-0,292340511	0,385013144	0,014986856	0,014986856
70,72000	1	41	0,41	-0,276320333	0,39115102	0,01884898	0,01884898
70,92000	1	42	0,42	-0,24428318	0,403505755	0,016494245	0,016494245
71,02000	1	43	0,43	-0,228264603	0,40972027	0,02027973	0,02027973
71,22000	4	47	0,47	-0,19622745	0,422216072	0,047783928	0,047783928
71,82000	2	49	0,49	-0,100115991	0,46012612	0,02987388	0,02987388
72,42000	1	50	0,5	-0,004004532	0,498402427	0,001597573	0,001597573
72,52000	1	51	0,51	0,012014045	0,504792795	0,005207205	0,005207205
72,82000	1	52	0,52	0,060069774	0,523949968	-0,003949968	0,003949968
73,00000	1	53	0,53	0,088903212	0,535420585	-0,005420585	0,005420585
73,32000	2	55	0,55	0,140162657	0,555734262	-0,005734262	0,005734262
73,40000	1	56	0,56	0,152977518	0,560791998	-0,000791998	0,000791998
73,42000	1	57	0,57	0,156181233	0,562054916	0,007945084	0,007945084
73,72000	1	58	0,58	0,204236963	0,580915836	-0,000915836	0,000915836
73,82000	1	59	0,59	0,220255539	0,587163928	0,002836072	0,002836072
74,29999	1	60	0,6	0,297143105	0,616821372	-0,016821372	0,016821372

BINS	$f$	$F$	$F_s(x_i)$	$Z$	$F_t(x_i)$	$F_s(x_i) - F_t(x_i)$	$ F_s(x_i) - F_t(x_i) $
74,32000	3	63	0,63	0,300348422	0,618044299	0,011955701	0,011955701
74,61999	1	64	0,64	0,34840255	0,636231056	0,003768944	0,003768944
74,70000	1	65	0,65	0,361219013	0,641032135	0,008967865	0,008967865
75,12000	1	66	0,66	0,428497034	0,665855354	-0,005855354	0,005855354
75,19999	1	67	0,67	0,441310293	0,670505812	-0,000505812	0,000505812
75,70000	1	68	0,68	0,521404778	0,698957588	-0,018957588	0,018957588
75,90000	1	69	0,69	0,553441931	0,710019583	-0,020019583	0,020019583
76,00000	1	70	0,7	0,569460508	0,715478168	-0,015478168	0,015478168
76,02000	1	71	0,71	0,572664223	0,716563967	-0,006563967	0,006563967
76,12000	1	72	0,72	0,588682799	0,721962961	-0,001962961	0,001962961
76,30000	1	73	0,73	0,617516237	0,731552863	-0,001552863	0,001552863
76,40000	1	74	0,74	0,633534814	0,736807773	0,003192227	0,003192227
76,82000	1	75	0,75	0,700812835	0,758290086	-0,008290086	0,008290086
77,02000	2	77	0,77	0,732849988	0,768175036	0,001824964	0,001824964
77,30000	1	78	0,78	0,777702002	0,781627644	-0,001627644	0,001627644
77,32000	1	79	0,79	0,780905718	0,782571026	0,007428974	0,007428974
77,42000	1	80	0,8	0,796924294	0,7872525	0,0127475	0,0127475
78,22000	1	81	0,81	0,925072906	0,822536007	-0,012536007	0,012536007
78,32000	1	82	0,82	0,941091483	0,82667101	-0,00667101	0,00667101
78,50000	1	83	0,83	0,969924921	0,833958041	-0,003958041	0,003958041
78,80000	1	84	0,84	1,01798065	0,845656424	-0,005656424	0,005656424
78,82000	1	85	0,85	1,021184366	0,846416451	0,003583549	0,003583549
79,02000	1	86	0,86	1,053221519	0,853880261	0,006119739	0,006119739
79,60000	1	87	0,87	1,146129262	0,874129164	-0,004129164	0,004129164
80,11999	1	88	0,88	1,229424258	0,89054361	-0,01054361	0,01054361
80,80000	2	90	0,9	1,338352181	0,90960917	-0,00960917	0,00960917
80,92000	1	91	0,91	1,357574472	0,912700626	-0,002700626	0,002700626
81,41999	1	92	0,92	1,437665753	0,924735543	-0,004735543	0,004735543
81,72000	1	93	0,93	1,485723085	0,931323809	-0,001323809	0,001323809
82,32000	1	94	0,94	1,581834544	0,943156327	-0,003156327	0,003156327
82,40000	1	95	0,95	1,594649405	0,944604671	0,005395329	0,005395329
83,02000	1	96	0,96	1,693964579	0,954863993	0,005136007	0,005136007
84,22000	1	97	0,97	1,886187498	0,970365154	-0,000365154	0,000365154
84,52000	1	98	0,98	1,934243227	0,973458385	0,006541615	0,006541615
86,72000	1	99	0,99	2,286651911	0,988891926	0,001108074	0,001108074
87,02000	1	100	1	2,33470764	0,990220651	0,009779349	0,009779349

Berdasarkan hasil Uji KS pada *table 4.4* diperoleh  $D_{max} = 0,047784$ . Sedangkan berdasarkan *table KS* diperoleh  $D_{tabel} = 0,134$ . Berdasarkan uji kriteria,  $H_0$  diterima jika  $D_{max} \leq D_{tabel}$ , karena

$0,047784 \leq 0,134$  maka terbukti bahwa data hasil dengan menggunakan proses elitism berdistribusi normal.

**b. Uji KS pada Data Hasil tanpa Menggunakan Proses Elitism**

Tabel 4.5 Hasil Uji KS pada Data Hasil tanpa Elitism

BINS	$f$	$F$	$F_s(x_i)$	$Z$	$F_t(x_i)$	$F_s(x_i) - F_t(x_i)$	$ F_s(x_i) - F_t(x_i) $
58,52000	1	1	0,01	-2,396430424	0,008277818	0,001722182	0,001722182
61,32000	1	2	0,02	-1,948648942	0,025668682	-0,005668682	0,005668682
62,72000	1	3	0,03	-1,724758202	0,042285529	-0,012285529	0,012285529
63,12000	1	4	0,04	-1,660789419	0,048377874	-0,008377874	0,008377874
63,92000	1	5	0,05	-1,532851852	0,062656181	-0,012656181	0,012656181
64,02000	1	6	0,06	-1,516859657	0,064651061	-0,004651061	0,004651061
64,22000	1	7	0,07	-1,484875265	0,068788435	0,001211565	0,001211565
64,32000	1	8	0,08	-1,468883069	0,070932254	0,009067746	0,009067746
64,82000	1	9	0,09	-1,38892209	0,082428221	0,007571779	0,007571779
65,52000	1	10	0,1	-1,27697672	0,100805233	-0,000805233	0,000805233
65,61999	1	11	0,11	-1,260986124	0,103656923	0,006343077	0,006343077
66,22000	1	12	0,12	-1,16503135	0,122003152	-0,002003152	0,002003152
66,32000	1	13	0,13	-1,149039154	0,125269918	0,004730082	0,004730082
66,52000	1	14	0,14	-1,117054762	0,131985456	0,008014544	0,008014544
66,72000	1	15	0,15	-1,085070371	0,138945244	0,011054756	0,011054756
67,22000	1	16	0,16	-1,005109392	0,157422089	0,002577911	0,002577911
67,32000	1	17	0,17	-0,989117196	0,161302903	0,008697097	0,008697097
67,62000	2	19	0,19	-0,941140609	0,173316404	0,016683596	0,016683596
68,02000	2	21	0,21	-0,877171826	0,190196658	0,019803342	0,019803342
68,22000	1	22	0,22	-0,845187434	0,199003098	0,020996902	0,020996902
68,30000	1	23	0,23	-0,832393678	0,202593385	0,027406615	0,027406615
68,32000	1	24	0,24	-0,829195239	0,203496969	0,036503031	0,036503031
69,02000	1	25	0,25	-0,717249868	0,236609967	0,013390033	0,013390033
69,12000	2	27	0,27	-0,701257672	0,241571112	0,028428888	0,028428888
69,22000	1	28	0,28	-0,685265477	0,246588206	0,033411794	0,033411794
69,30000	1	29	0,29	-0,67247172	0,250641719	0,039358281	0,039358281
69,52000	1	30	0,3	-0,637288889	0,261968343	0,038031657	0,038031657
69,62000	1	31	0,31	-0,621296694	0,267202214	0,042797786	0,042797786
70,02000	1	32	0,32	-0,557327911	0,288651705	0,031348295	0,031348295
70,12000	1	33	0,33	-0,541335715	0,294138104	0,035861896	0,035861896
70,30000	1	34	0,34	-0,512549762	0,304133151	0,035866849	0,035866849
70,32000	2	36	0,36	-0,509351323	0,305252995	0,054747005	0,054747005
70,61999	1	37	0,37	-0,461376335	0,322264313	0,047735687	0,047735687

BINS	$f$	$F$	$F_s(x_i)$	$Z$	$F_t(x_i)$	$F_s(x_i) - F_t(x_i)$	$ F_s(x_i) - F_t(x_i) $
70,72000	1	38	0,38	-0,44538254	0,328021664	0,051978336	0,051978336
70,92000	1	39	0,39	-0,413398149	0,339657465	0,050342535	0,050342535
71,02000	1	40	0,4	-0,397405953	0,345534063	0,054465937	0,054465937
71,22000	2	42	0,42	-0,365421561	0,357398374	0,062601626	0,062601626
71,72000	1	43	0,43	-0,285460583	0,38764565	0,04235435	0,04235435
71,82000	1	44	0,44	-0,269468387	0,393784633	0,046215367	0,046215367
71,92000	1	45	0,45	-0,253476191	0,399950129	0,050049871	0,050049871
72,42000	2	47	0,47	-0,173515212	0,431123236	0,038876764	0,038876764
72,71999	1	48	0,48	-0,125540224	0,450047941	0,029952059	0,029952059
72,82000	1	49	0,49	-0,109546429	0,456384549	0,033615451	0,033615451
73,32000	1	50	0,5	-0,02958545	0,488198835	0,011801165	0,011801165
73,40000	1	51	0,51	-0,016791694	0,493301398	0,016698602	0,016698602
73,42000	1	52	0,52	-0,013593254	0,494577243	0,025422757	0,025422757
73,72000	1	53	0,53	0,034383333	0,513714263	0,016285737	0,016285737
73,82000	1	54	0,54	0,050375529	0,520088432	0,019911568	0,019911568
74,02000	1	55	0,55	0,08235992	0,532819747	0,017180253	0,017180253
74,32000	2	57	0,57	0,130336507	0,551849901	0,018150099	0,018150099
74,61999	1	58	0,58	0,178311496	0,570760824	0,009239176	0,009239176
75,02000	1	59	0,59	0,242281878	0,595719123	-0,005719123	0,005719123
75,12000	1	60	0,6	0,258274074	0,601902303	-0,001902303	0,001902303
75,39999	1	61	0,61	0,303050623	0,619074358	-0,009074358	0,009074358
75,42000	1	62	0,62	0,306250661	0,620293099	-0,000293099	0,000293099
75,50000	1	63	0,63	0,319044418	0,625153584	0,004846416	0,004846416
76,02000	1	64	0,64	0,402203835	0,65623299	-0,01623299	0,01623299
76,10000	1	65	0,65	0,414997592	0,660928167	-0,010928167	0,010928167
76,12000	1	66	0,66	0,418196031	0,662098101	-0,002098101	0,002098101
76,40000	1	67	0,67	0,462974179	0,678308562	-0,008308562	0,008308562
76,61999	1	68	0,68	0,498155411	0,690812746	-0,010812746	0,010812746
77,02000	1	69	0,69	0,562125793	0,712984842	-0,022984842	0,022984842
77,32000	1	70	0,7	0,61010238	0,729103005	-0,029103005	0,029103005
77,42000	2	72	0,72	0,626094576	0,734373545	-0,014373545	0,014373545
77,50000	1	73	0,73	0,638888333	0,738552211	-0,008552211	0,008552211
78,20000	1	74	0,74	0,750833703	0,773623628	-0,033623628	0,033623628
78,22000	1	75	0,75	0,754032142	0,774585039	-0,024585039	0,024585039
78,32000	1	76	0,76	0,770024338	0,779357272	-0,019357272	0,019357272
78,40000	1	77	0,77	0,782818095	0,78313303	-0,01313303	0,01313303
78,50000	1	78	0,78	0,798810291	0,787799789	-0,007799789	0,007799789
78,82000	1	79	0,79	0,849985317	0,802333375	-0,012333375	0,012333375
79,02000	1	80	0,8	0,881969709	0,811103406	-0,011103406	0,011103406
79,30000	1	81	0,81	0,926747857	0,822971268	-0,012971268	0,012971268
79,42000	1	82	0,82	0,945938492	0,82791002	-0,00791002	0,00791002
79,60000	1	83	0,83	0,974724444	0,835151518	-0,005151518	0,005151518
80,32000	1	84	0,84	1,089868253	0,862114409	-0,022114409	0,022114409

BINS	$f$	$F$	$F_s(x_i)$	$Z$	$F_t(x_i)$	$F_s(x_i) - F_t(x_i)$	$ F_s(x_i) - F_t(x_i) $
80,80000	3	87	0,87	1,166630793	0,878320249	-0,008320249	0,008320249
80,92000	1	88	0,88	1,185821428	0,882153586	-0,002153586	0,002153586
81,41999	1	89	0,89	1,265780808	0,897204216	-0,007204216	0,007204216
81,60000	1	90	0,9	1,294568359	0,902265413	-0,002265413	0,002265413
81,72000	1	91	0,91	1,313758994	0,905536339	0,004463661	0,004463661
82,32000	1	92	0,92	1,409712169	0,920687655	-0,000687655	0,000687655
82,40000	1	93	0,93	1,422505925	0,922560284	0,007439716	0,007439716
83,02000	1	94	0,94	1,521657539	0,935952544	0,004047456	0,004047456
84,22000	1	95	0,95	1,713563888	0,956695575	-0,006695575	0,006695575
84,52000	1	96	0,96	1,761540476	0,960926516	-0,000926516	0,000926516
85,20000	1	97	0,97	1,870287407	0,969278041	0,000721959	0,000721959
86,72000	1	98	0,98	2,113368783	0,982715392	-0,002715392	0,002715392
87,02000	1	99	0,99	2,16134537	0,984665665	0,005334335	0,005334335
87,42000	1	100	1	2,225314153	0,986969922	0,013030078	0,013030078

Berdasarkan hasil Uji KS pada *table 4.5* diperoleh  $D_{max} = 0,062601626$ .

Sedangkan berdasarkan *table KS* diperoleh  $D_{tabel} = 0,134$ . Berdasarkan uji kriteria,  $H_0$  diterima jika  $D_{max} \leq D_{tabel}$ , karena  $0,062601626 \leq 0,134$  maka terbukti bahwa data hasil tanpa menggunakan proses elitism berdistribusi normal.

#### 4.7 Uji Hipotesis

Pada subbab ini akan dilakukan uji hipotesis terhadap hasil yang telah diperoleh. Uji hipotesis pada penelitian ini bertujuan untuk mendapat Kesimpulan dari penggunaan proses elitism dan tanpa penggunaan proses elitism. Uji hipotesis pada penelitian ini menggunakan uji Z, di mana uji tersebut membutuhkan langkah-langkah sebagai berikut:

### Langkah 1 Penentuan Formulasi Hipotesis

Langkah pertama dalam uji hipotesis ini adalah menentukan formulasi hipotesis, di mana diperoleh formulasi hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$H_0$  = tidak ada perbedaan antara penentuan rute terpendek menggunakan algoritma genetika dengan elitism dan tanpa elitism.

$H_1$  = ada perbedaan antara penentuan rute terpendek menggunakan algoritma genetika dengan elitism dan tanpa elitism.

### Langkah 2 Penentuan Taraf Nyata ( $\alpha$ )

Langkah kedua adalah menentukan taraf nyata uji hipotesis ( $\alpha$ ) dan dipilihlah 5% (0,05).

### Langkah 3 Penentuan Kriteria Pengujian

Langkah ketiga adalah menentukan kriteria pengujian. Kriteria pengujian pada penelitian ini adalah jika  $Z_{hitung} \geq Z_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.

Jika  $Z_{hitung} \leq Z_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak.

### Langkah 4 Perhitungan Uji Z

Langkah keempat adalah menghitung nilai uji Z yaitu sebagai berikut:

Diketahui:

TE = hasil tanpa proses elitism

DE = hasil dengan proses elitism

$$\overline{x}_{TE} = 73,50500$$

$$\overline{x}_{DE} = 72,44500$$

$$\sigma_{TE} = 6,25305$$

$$\sigma_{DE} = 6,24275$$

$$n = 100$$

Maka:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{\bar{x}_{TE} - \bar{x}_{DE}}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{TE}^2}{n_{TE}}\right) + \left(\frac{\sigma_{DE}^2}{n_{DE}}\right)}} \\ &= \frac{73,50500 - 72,44500}{\sqrt{\left(\frac{6,25305^2}{100}\right) + \left(\frac{6,24275^2}{100}\right)}} \\ &= \frac{1,06000}{\sqrt{\left(\frac{39,10063}{100}\right) + \left(\frac{38,97195}{100}\right)}} \\ &= \frac{1,06000}{\sqrt{0,39101 + 0,38972}} \\ &= \frac{1,06000}{\sqrt{0,78073}} \\ &= \frac{1,06000}{0,883587} \end{aligned}$$

$$Z = 1,19966$$

### Langkah 5 Kesimpulan

Langkah terakhir adalah Kesimpulan. Pada langkah ini akan dibandingkan  $Z_{hitung}$  dan  $Z_{tabel}$  dengan taraf nyata sebesar 0,05. Berdasarkan  $Z_{tabel}$  diperoleh  $Z_{tabel} = 0,8749$ . Berdasarkan perhitungan uji hipotesis diatas diperoleh  $Z_{hitung} \geq Z_{tabel}$  di mana  $1,19966 \geq 0,8749$  maka berdasarkan kriteria pengujian diperoleh Kesimpulan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Dengan kata lain penentuan rute

terpendek menggunakan algoritma genetika dengan elitism dan tanpa elitism memiliki perbedaan yang signifikan.

#### 4.8 Penentuan Rute Terpendek dalam Pandangan Islam

Di era modern dan serba cepat seperti sekarang ini, efisiensi adalah kunci keberhasilan. Bentuk efisiensi ini dapat dilihat dari penentuan rute terpendek. Penentuan rute terpendek memiliki banyak manfaat yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Mengambil rute yang tepat dapat menghemat waktu, mengurangi biaya, dan meningkatkan produktivitas. Dalam hal ini, efisiensi waktu tidak hanya terkait dengan seberapa cepat untuk mencapai tujuan, tetapi juga dengan cara mengatur waktu dan sumber daya secara optimal.

Islam mengajarkan untuk selalu bijak dalam setiap aspek kehidupan, termasuk dalam hal pengelolaan waktu. Memanfaatkan waktu dengan baik sangat ditekankan karena waktu yang hilang tidak akan bisa kembali lagi. Karena waktu yang efektif dapat membawa kita menuju kehidupan yang lebih berkualitas. Dalam firman Allah SWT telah disampaikan dalam surah Al-Asr ayat 1-3 yang berbunyi :

وَالْعَصْرِ ﴿١﴾ إِنَّ الْإِنْسَانَ لَفِي خُسْرٍ ﴿٢﴾ إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ وَتَوَاصَوْا  
بِالْحَقِّ ۝ وَتَوَاصَوْا بِالصَّبْرِ ﴿٣﴾

Artinya :

*1. Demi masa. 2. Sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam kerugian, 3. Kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal saleh dan nasehat menasehati supaya mentaati kebenaran dan nasehat menasehati supaya menetapi kesabaran.*

Ayat tersebut menjelaskan bahwa, Allah SWT bersedih dengan masa atau waktu agar manusia memperhatikan waktu dan memanfaatkannya dengan baik.

Sebagai makhluk Allah SWT, manusia secara keseluruhan berada dalam kerugian apabila tidak menggunakan waktu dengan baik atau memakai waktu untuk melakukan keburukan. Perbuatan buruk manusia merupakan sumber keburukan yang menjerumuskannya ke dalam kebinasaan. Semua manusia rugi, kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan kebaikan sesuai ketentuan syariat dengan penuh keikhlasan, serta saling menasihati satu sama lain dengan baik dan bijaksana untuk memegang teguh kebenaran sebagaimana diajarkan oleh agama dan saling menasihati untuk kesabaran dalam melaksanakan kewajiban agama, menjauhi larangan, menghadapi musibah, dan menjalani kehidupan (Kemenag,2025).

Dalam hadist yang telah disabdakan Nabi Muhammad Saw, memanfaatkan waktu dengan baik juga ada contohnya, yaitu dalam hadist yang telah dijabarkan sebagai berikut:

Artinya: *“Gunakanlah 5 perkara sebelum datang 5 perkara lainnya, gunakanlah masa mudamu sebelum masa tuamu., masa sehatmu sebelum masa sakitmu, masa kayamu sebelum miskinmu, masa lapangmu sebelum datang masa sibukmu, dan masa hidupmu sebelum datang matimu.”* (HR. Baihaqi dari Ibn Abbas) (Kurniawan, 2015).

Hadist tersebut juga mengajarkan untuk memanfaatkan waktu dengan baik dan bijak sebelum datangnya hal-hal yang bisa membatasi diri. Manusia seringkali terlena dengan keadaan baik yang sedang dinikmati, padahal semua itu hanyalah sementara dan tidak selamanya. Kesempatan beramal, berbagi dan mendekatkan diri kepada Allah SWT harus dimanfaatkan dengan baik sebelum datang masa yang membuat hal tersebut menjadi sulit atau bahkan tidak bisa dilakukan sama sekali. Oleh karena itu, sebagai manusia harus bisa dengan bijak untuk memanfaatkan kesempatan hidupnya untuk melakukan kebaikan karena

waktu yang sudah berlalu merupakan bagian hidup yang tidak bisa terulang kembali.

Konsep tersebut sangat relevan dengan penelitian ini di mana selalu mencari cara untuk mencapai tujuan akhir dengan menggunakan jalur yang optimal. Manfaat dari menentukan rute terpendek dalam konteks ayat dan hadist tersebut adalah efisiensi waktu, pemanfaatan sumber daya, dan kesadaran mana yang harus diprioritaskan. Dapat dilihat dari hasil penelitian ini yaitu penggunaan proses elitism lebih baik digunakan karena menghasilkan hasil yang signifikan daripada tanpa menggunakan proses elitism. Sehingga menghasilkan manfaat dan dampak positif untuk kedepannya. Dengan demikian, penentuan rute terpendek menggunakan algoritma genetika ini tidak hanya mengajarkan tentang metode eksak saja namun juga mencerminkan nilai nilai islam yaitu dengan memanfaatkan waktu dengan baik, maka akan diperoleh hasil yang baik juga, sebaliknya apabila tidak dapat memanfaatkan waktu dengan baik akan mendapatkan hal yang tidak baik juga.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan proses elitism pada algoritma genetika dalam menentukan rute terpendek terbukti lebih efektif dari pada tanpa menggunakan proses elitism. Hal ini terbukti melalui perbandingan penentuan rute terpendek pada algoritma genetika terhadap data pariwisata yang ada di Batu dengan menggunakan proses elitism dan tanpa proses elitism. Dari pengujian tersebut, diperoleh bahwa rute yang dihasilkan oleh penggunaan proses elitism memiliki total jarak sebesar 65,12 km. Sedangkan rute yang dihasilkan oleh tanpa proses elitism memiliki total jarak sebesar 80,32 km. Kemudian diperkuat dengan adanya perbandingan perhitungan dengan menggunakan program python dengan 100 kali hitungan dengan populasi awal yang sama sebanyak 50 iterasi yang menghasilkan rata rata 72,44500 pada perhitungan dengan menggunakan proses elitism dan rata-rata 73,50500 pada perhitungan tanpa menggunakan proses elitism. Setelah itu diperkuat lagi dengan uji statistik yang membuktikan bahwa hasil yang diperoleh menggunakan program merupakan hasil yang berbeda secara signifikan. Dengan demikian dapat menghasilkan manfaat berupa penghematan waktu dan biaya dalam penentuan rute terpendek.

## 5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian terhadap pengaruh penggunaan parameter ukuran populasi dan banyak iterasi pada algoritma genetika, untuk mengetahui keefektifan penggunaan parameter tersebut dalam penentuan rute terpendek.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdussakir, N. N. (2009). *Teori Graf*. Malang: UIN-Malang Press.
- Adiwijaya. (2016). *Matematika Diskrit dan Aplikasinya*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Aprilia, C. (2025). Modifikasi algoritma genetika dengan roulette wheel untuk optimalisasi penggunaan gerbong kereta api (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Arkeman, Y., Gunawan, H., & Seminar, K. B. (2012). *Algoritma Genetika. Teori dan Aplikasinya untuk Bisnis dan Industri*. Bogor: IPB Press.
- Aziz, T. A. (2021). Eksplorasi Justifikasi dan Rasionalisasi Mahasiswa dalam Konsep Teori Graf. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, 6(2), 40-54.
- Haidar, I. (2017). Kewirausahaan dalam Perspektif Hadis. 118-119.
- Harlyan, L. I. (2012). Uji hipotesis. *Statistik (MAM4137)*: University of Brawijaya.
- Ibrahim & Mussafi, N. S. M. (2013). *Pengantar Kombinatorika & Teori Graf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Istighfarini, A. L. (2020). Kompensasi tenaga kependidikan dalam surah At-Taubah ayat 105, An-Nahl ayat 97, dan Al-Kahfi ayat 30: Analisis perspektif Buya Hamka dalam Tafsir Al-Azhar (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Jasmani, J., & Mahmudi, A. (2023). Optimalisasi Jalur Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika. *J-Intech*, 11(1), 129–140. <https://doi.org/10.32664/j->

intech.v11i1.809

Kemenag. (2024a). Qur'an Kemenag. <https://quran.kemenag.go.id/surah/13/11>

(diakses 25 Mei 2024)

Kemenag. (2024b). Qur'an Kemenag. <https://quran.kemenag.go.id/surah/9/105>

(diakses 8 Agustus 2024)

Kemenag. (2025). Qur'an Kemenag. <https://quran.kemenag.go.id/surah/103/1-3>

(diakses 26 Februari 2025)

Kurniawan, S. (2015). Konsep Manajemen Pendidikan Islam Perspektif Al-Qur'an Dan Al-Hadits. *Nur El-Islam*, 2(2), 1-34.

Lubis, F. Y. (2021). *Penerapan algoritma genetika untuk mencari rute terpendek dalam pengiriman barang di perum bulog kota medan*. 2021.

Mauluddin, M., Wahyudi, A. I., & Fitriani, S. R. (2021). Revolusi Mental Generasi Muda Indonesia Guna Menyiapkan Golden Age 2045 Dalam Telaah Al-Qur'an Surah Al-Ra'd Ayat 11. *Al Furqan: Jurnal Ilmu Al Quran Dan Tafsir*, 4(2), 287-302.

Mardiyah, R., Romdhini, U. M., & Irwansyah. (2018). Penerapan Algoritma Genetika dalam Penjadwalan Penerbangan di Bandara Internasional Lombok. *Eigen Mathematics Journal*, 49.

Mustofa, A. (2013). Uji hipotesis statistik. Gapura Publishing. com.

Nasrum, A. (2018). Uji normalitas data untuk penelitian. Jayapangus Press Books, i-117.

- Orindi, B., & Bahtiar, N. (2017). Implementasi Algoritma Genetika pada Pencarian Rute Terpendek Studi Kasus Pengantaran Dokumen di Universitas Diponegoro Semarang. *Jurnal Masyarakat Informatika*, 10(2), 22-27.
- Permatasari, N. D., & Muttaqin, T. (2023). *Makna Taghyir Dalam Qs Ar-Ra'd Ayat 11 (Studi Komparatif Tafsir Al-Misbah Dan Tafsir Al-Azhar)* (Doctoral dissertation, UIN Surakarta).
- Putri, N. W. S., & Suryati, N. K. (2017). Pengembangan Modul Statistika Berbasis SPSS di STMIK STIKOM Indonesia. *Jurnal IKA*, 15(2), 169-184.
- Syarif, D. E. (2014). *Algoritma Genetika ; Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Script Code Perhitungan tanpa Elitism

```

import pandas as pd
import numpy as np
import random
import copy

df = pd.read_excel("DATA SKRIPSI.xlsx", sheet_name="matriks data",
index_col=0).transpose()
matriks_jarak = df

# Parameter GA
ukuran_populasi = 15
generasi = 70
rate_mutasi = 0.3
nKromosom = 7
Titik = list(df.keys())

def hitung_jarak(individu):
    jarak = 0
    for i in range(len(individu) - 1):
        jarak += matriks_jarak[individu[i]][individu[i + 1]]
    jarak += matriks_jarak[individu[-1]][individu[0]]
    return jarak

def hitung_fitness(individu):
    return 1 / hitung_jarak(individu)

def seleksi(populasi, fitness):
    # roulette wheel
    idx = np.random.choice(range(len(populasi)), size=2, p=fitness/fitness.sum())
    return populasi[idx[0]], populasi[idx[1]]

def crossover(induk1, induk2):
    titik_potong = random.randint(1, len(induk1) - 1)
    anak1 = induk1[:titik_potong] + [k for k in induk2 if k not in
induk1[:titik_potong]]
    anak2 = induk2[:titik_potong] + [k for k in induk1 if k not in
induk2[:titik_potong]]
    return anak1, anak2

def mutasi(individu):
    if random.random() < rate_mutasi:
        idx1= random.sample(range(1,len(individu)-1),1)[0]
        idx2=idx1+1
        individu[idx1], individu[idx2] = individu[idx2], individu[idx1]
    return individu

# Inisialisasi Populasi
# populasi = Populasi[0]+[random.sample(Populasi[1:], len(Populasi)) for _ in
range(ukuran_populasi-1)]
populasi = [[Titik[0]]+random.sample(Titik[1:], len(Titik)-1) for _ in
range(ukuran_populasi)]

for gen in range(generasi):
    fitness = np.array([hitung_fitness(individu) for individu in populasi])
    sorted_idx = np.argsort(-fitness)
    populasi_baru = [populasi[i] for i in sorted_idx[:nKromosom]]
    # populasi_baru = []
    for _ in range(ukuran_populasi // 2):
        induk1, induk2 = seleksi(populasi, fitness)
        anak1, anak2 = crossover(induk1, induk2)
        populasi_baru.extend([mutasi(anak1), mutasi(anak2)])
    populasi = copy.deepcopy(populasi_baru)
    # if (gen + 1) % 10 == 0:
    #     print(f"Generasi {gen + 1}, Fitness Terbaik: {max(fitness)}")

# Menampilkan rute terpendek
individu_terbaik = populasi[np.argmax(fitness)]
rute_terpendek = individu_terbaik + [individu_terbaik[0]] # Kembali ke titik awal

```

```
print(f"Rute Terpendek:\n{' -> '.join(rute_terpendek)}\n\ndengan total rute:
{hitung_jarak(rute_terpendek)}")
```

## Lampiran 2. Script Code Perhitungan dengan Elitism

```
import pandas as pd
import numpy as np
import random
import copy

df = pd.read_excel("DATA SKRIPSI.xlsx", sheet_name="matriks data",
index_col=0).transpose()
matriks_jarak = df

# Parameter GA
ukuran_populasi = 15
generasi = 70
rate_mutasi = 0.3
nKromosom = 7
Titik = list(df.keys())

def hitung_jarak(individu):
    jarak = 0
    for i in range(len(individu) - 1):
        jarak += matriks_jarak[individu[i]][individu[i + 1]]
    jarak += matriks_jarak[individu[-1]][individu[0]]
    return jarak

def hitung_fitness(individu):
    return 1 / hitung_jarak(individu)

def seleksi(populasi, fitness):
    # roulette wheel
    idx = np.random.choice(range(len(populasi)), size=2, p=fitness/fitness.sum())
    return populasi[idx[0]], populasi[idx[1]]

def crossover(induk1, induk2):
    titik_potong = random.randint(1, len(induk1) - 1)
    anak1 = induk1[:titik_potong] + [k for k in induk2 if k not in
induk1[:titik_potong]]
    anak2 = induk2[:titik_potong] + [k for k in induk1 if k not in
induk2[:titik_potong]]
    return anak1, anak2

def mutasi(individu):
    if random.random() < rate_mutasi:
        idx1= random.sample(range(1,len(individu)-1),1)[0]
        idx2=idx1+1
        individu[idx1], individu[idx2] = individu[idx2], individu[idx1]
    return individu

# Inisialisasi Populasi
# populasi = Populasi[0]+[random.sample(Populasi[1:], len(Populasi)) for _ in
range(ukuran_populasi-1)]
populasi = [[Titik[0]]+random.sample(Titik[1:], len(Titik)-1) for _ in
range(ukuran_populasi)]

for gen in range(generasi):
    fitness = np.array([hitung_fitness(individu) for individu in populasi])
    KromosomElit = populasi[np.argmax(fitness)]
    fitnessKromosomElit = hitung_fitness(KromosomElit)
    sorted_idx = np.argsort(-fitness)
    populasi_baru = [populasi[i] for i in sorted_idx[:nKromosom]]
    # populasi_baru = []
    for _ in range(ukuran_populasi // 2):
        induk1, induk2 = seleksi(populasi, fitness)
        anak1, anak2 = crossover(induk1, induk2)
        populasi_baru.extend([mutasi(anak1), mutasi(anak2)])
    populasi = copy.deepcopy(populasi_baru)
    fitness = np.array([hitung_fitness(individu) for individu in populasi])
    idxIndividuTerendah = np.argmin(fitness)
    if fitnessKromosomElit > fitness[idxIndividuTerendah]:
        populasi[idxIndividuTerendah] = KromosomElit
```

```

#     if (gen + 1) % 10 == 0:
#         print(f"Generasi {gen + 1}, Fitness Terbaik: {max(fitness)}")

# Menampilkan rute terpendek
individu_terbaik = populasi[np.argmax(fitness)]
rute_terpendek = individu_terbaik + [individu_terbaik[0]] # Kembali ke titik awal
print(f"Rute Terpendek:\n{' -> '.join(rute_terpendek)}\n\ndengan total rute:
{hitung_jarak(rute_terpendek)}")

```

### Lampiran 3. Script Code Perhitungan Perbandingan

```

import pandas as pd
import numpy as np
import random
import copy

df = pd.read_excel("DATA SKRIPSI.xlsx", sheet_name="matriks data",
index_col=0).transpose()
matriks_jarak = df

# Parameter GA
ukuran_populasi = 15
generasi = 50
rate_mutasi = 0.3
nKromosom = 7
Titik = list(df.keys())

def hitung_jarak(individu):
    jarak = 0
    for i in range(len(individu) - 1):
        jarak += matriks_jarak[individu[i]][individu[i + 1]]
    jarak += matriks_jarak[individu[-1]][individu[0]]
    return jarak

def hitung_fitness(individu):
    return 1 / hitung_jarak(individu)

def seleksi(populasi, fitness):
    # roulette wheel
    idx = np.random.choice(range(len(populasi)), size=2, p=fitness/fitness.sum())
    return populasi[idx[0]], populasi[idx[1]]

def crossover(induk1, induk2):
    titik_potong = random.randint(1, len(induk1) - 1)
    anak1 = induk1[:titik_potong] + [k for k in induk2 if k not in
induk1[:titik_potong]]
    anak2 = induk2[:titik_potong] + [k for k in induk1 if k not in
induk2[:titik_potong]]
    return anak1, anak2

def mutasi(individu):
    if random.random() < rate_mutasi:
        idx1= random.sample(range(1,len(individu)-1),1)[0]
        idx2=idx1+1
        individu[idx1], individu[idx2] = individu[idx2], individu[idx1]
    return individu

# Inisialisasi Populasi
# populasi = Populasi[0]+[random.sample(Populasi[1:], len(Populasi)) for _ in
range(ukuran_populasi-1)]

HasilTanpaElitism = []
HasilDenganElitism = []
nUjiCoba = 100

# Tanpa Elitism
for in range(nUjiCoba):
    populasi = [[Titik[0]]+random.sample(Titik[1:], len(Titik)-1) for _ in
range(ukuran_populasi)]
    for gen in range(generasi):
        fitness = np.array([hitung_fitness(individu) for individu in populasi])

```

```

        sorted_idx = np.argsort(-fitness)
        populasi_baru = [populasi[i] for i in sorted_idx[:nKromosom]]
#     populasi_baru = []
        for _ in range(ukuran_populasi // 2):
            induk1, induk2 = seleksi(populasi, fitness)
            anak1, anak2 = crossover(induk1, induk2)
            populasi_baru.extend([mutasi(anak1), mutasi(anak2)])
        populasi = copy.deepcopy(populasi_baru)
        individu_terbaik = populasi[np.argmax(fitness)]
        rute_terpendek = individu_terbaik + [individu_terbaik[0]] # Kembali ke titik
awal
        HasilTanpaElitism.append(hitung_jarak(rute_terpendek))

# Dengan Elitism
for gen in range(generasi):
    fitness = np.array([hitung_fitness(individu) for individu in populasi])
    KromosomElit = populasi[np.argmax(fitness)]
    fitnessKromosomElit = hitung_fitness(KromosomElit)
    sorted_idx = np.argsort(-fitness)
    populasi_baru = [populasi[i] for i in sorted_idx[:nKromosom]]
#     populasi_baru = []
        for _ in range(ukuran_populasi // 2):
            induk1, induk2 = seleksi(populasi, fitness)
            anak1, anak2 = crossover(induk1, induk2)
            populasi_baru.extend([mutasi(anak1), mutasi(anak2)])
        populasi = copy.deepcopy(populasi_baru)
        fitness = np.array([hitung_fitness(individu) for individu in populasi])
        idxIndividuTerendah = np.argmin(fitness)
        if fitnessKromosomElit > fitness[idxIndividuTerendah]:
            populasi[idxIndividuTerendah] = KromosomElit
        individu_terbaik = populasi[np.argmax(fitness)]
        rute_terpendek = individu_terbaik + [individu_terbaik[0]] # Kembali ke titik
awal
        HasilDenganElitism.append(hitung_jarak(rute_terpendek))

pd.DataFrame({"Dengan":HasilDenganElitism, "Tanpa":HasilTanpaElitism})

```

Lampiran 4. Z Table ( $z \leq 0$ )

$-z$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.49601	0.49202	0.48803	0.48405	0.48006	0.47608	0.47210	0.46812	0.46414
0.1	0.46017	0.45621	0.45224	0.44828	0.44433	0.44038	0.43644	0.43251	0.42858	0.42466
0.2	0.42074	0.41683	0.41294	0.40905	0.40517	0.40129	0.39743	0.39358	0.38974	0.38591
0.3	0.38209	0.37828	0.37448	0.37070	0.36693	0.36317	0.35942	0.35569	0.35197	0.34827
0.4	0.34458	0.34090	0.33724	0.33360	0.32997	0.32636	0.32276	0.31918	0.31561	0.31207
0.5	0.30854	0.30503	0.30153	0.29806	0.29460	0.29116	0.28774	0.28434	0.28096	0.27760
0.6	0.27425	0.27093	0.26763	0.26435	0.26109	0.25785	0.25463	0.25143	0.24825	0.24510
0.7	0.24196	0.23885	0.23576	0.23270	0.22965	0.22663	0.22363	0.22065	0.21770	0.21476
0.8	0.21186	0.20897	0.20611	0.20327	0.20045	0.19766	0.19489	0.19215	0.18943	0.18673
0.9	0.18406	0.18141	0.17879	0.17619	0.17361	0.17106	0.16853	0.16602	0.16354	0.16109
1.0	0.15866	0.15625	0.15386	0.15151	0.14917	0.14686	0.14457	0.14231	0.14007	0.13786
1.1	0.13567	0.13350	0.13136	0.12924	0.12714	0.12507	0.12302	0.12100	0.11900	0.11702
1.2	0.11507	0.11314	0.11123	0.10935	0.10749	0.10565	0.10384	0.10204	0.10027	0.09853
1.3	0.09680	0.09510	0.09342	0.09176	0.09012	0.08851	0.08692	0.08534	0.08379	0.08226
1.4	0.08076	0.07927	0.07780	0.07636	0.07493	0.07353	0.07215	0.07078	0.06944	0.06811
1.5	0.06681	0.06552	0.06426	0.06301	0.06178	0.06057	0.05938	0.05821	0.05705	0.05592
1.6	0.05480	0.05370	0.05262	0.05155	0.05050	0.04947	0.04846	0.04746	0.04648	0.04551
1.7	0.04457	0.04363	0.04272	0.04182	0.04093	0.04006	0.03920	0.03836	0.03754	0.03673
1.8	0.03593	0.03515	0.03438	0.03363	0.03288	0.03216	0.03144	0.03074	0.03005	0.02938
1.9	0.02872	0.02807	0.02743	0.02680	0.02619	0.02559	0.02500	0.02442	0.02385	0.02330
2.0	0.02275	0.02222	0.02169	0.02118	0.02068	0.02018	0.01970	0.01923	0.01876	0.01831
2.1	0.01786	0.01743	0.01700	0.01659	0.01618	0.01578	0.01539	0.01500	0.01463	0.01426
2.2	0.01390	0.01355	0.01321	0.01287	0.01255	0.01222	0.01191	0.01160	0.01130	0.01101
2.3	0.01072	0.01044	0.01017	0.00990	0.00964	0.00939	0.00914	0.00889	0.00866	0.00842
2.4	0.00820	0.00798	0.00776	0.00755	0.00734	0.00714	0.00695	0.00676	0.00657	0.00639
2.5	0.00621	0.00604	0.00587	0.00570	0.00554	0.00539	0.00523	0.00509	0.00494	0.00480
2.6	0.00466	0.00453	0.00440	0.00427	0.00415	0.00403	0.00391	0.00379	0.00368	0.00357
2.7	0.00347	0.00336	0.00326	0.00317	0.00307	0.00298	0.00289	0.00280	0.00272	0.00264
2.8	0.00256	0.00248	0.00240	0.00233	0.00226	0.00219	0.00212	0.00205	0.00199	0.00193
2.9	0.00187	0.00181	0.00175	0.00170	0.00164	0.00159	0.00154	0.00149	0.00144	0.00140
3.0	0.00135	0.00131	0.00126	0.00122	0.00118	0.00114	0.00111	0.00107	0.00104	0.00100
3.1	0.00097	0.00094	0.00090	0.00087	0.00085	0.00082	0.00079	0.00076	0.00074	0.00071
3.2	0.00069	0.00066	0.00064	0.00062	0.00060	0.00058	0.00056	0.00054	0.00052	0.00050
3.3	0.00048	0.00047	0.00045	0.00043	0.00042	0.00040	0.00039	0.00038	0.00036	0.00035
3.4	0.00034	0.00033	0.00031	0.00030	0.00029	0.00028	0.00027	0.00026	0.00025	0.00024
3.5	0.00023	0.00022	0.00022	0.00021	0.00020	0.00019	0.00019	0.00018	0.00017	0.00017

Lampiran 5. Z Table ( $z \geq 0$ )

$z$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
0.1	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.4	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
0.7	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1.0	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91308	0.91466	0.91621	0.91774
1.4	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408
1.6	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.96080	0.96164	0.96246	0.96327
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615	0.97670
2.0	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.98030	0.98077	0.98124	0.98169
2.1	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.98500	0.98537	0.98574
2.2	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.98840	0.98870	0.98899
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.99010	0.99036	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
2.4	0.99180	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
2.5	0.99379	0.99396	0.99413	0.99430	0.99446	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.99520
2.6	0.99534	0.99547	0.99560	0.99573	0.99585	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
2.7	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	0.99702	0.99711	0.99720	0.99728	0.99736
2.8	0.99744	0.99752	0.99760	0.99767	0.99774	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
2.9	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983

Lampiran 6. Tabel Kritis Uji Kolmogorov Smirnov

$n$	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,929
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,829
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,734
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,669
6	0,410	0,468	0,519	0,577	0,617
7	0,381	0,436	0,483	0,538	0,576
8	0,359	0,410	0,454	0,507	0,542
9	0,339	0,387	0,430	0,480	0,513
10	0,323	0,369	0,409	0,457	0,486
11	0,308	0,352	0,391	0,437	0,468
12	0,296	0,338	0,375	0,419	0,449
13	0,285	0,325	0,361	0,404	0,432
14	0,275	0,314	0,349	0,390	0,418
15	0,266	0,304	0,338	0,377	0,404
16	0,258	0,295	0,327	0,366	0,392
17	0,250	0,286	0,318	0,355	0,381
18	0,244	0,279	0,309	0,346	0,371
19	0,237	0,271	0,301	0,337	0,361
20	0,232	0,265	0,294	0,329	0,352
21	0,226	0,259	0,287	0,321	0,344
22	0,221	0,253	0,281	0,314	0,337
23	0,216	0,247	0,275	0,307	0,330
24	0,212	0,242	0,269	0,301	0,323
25	0,208	0,238	0,264	0,295	0,317
26	0,204	0,233	0,259	0,290	0,311
27	0,200	0,229	0,254	0,284	0,305
28	0,197	0,225	0,250	0,279	0,300
29	0,193	0,221	0,246	0,275	0,295
30	0,190	0,218	0,242	0,270	0,290
35	0,177	0,202	0,224	0,251	0,269
40	0,165	0,189	0,210	0,235	0,252
45	0,156	0,179	0,198	0,222	0,238
50	0,148	0,170	0,188	0,211	0,226
55	0,142	0,162	0,180	0,201	0,216
60	0,136	0,155	0,172	0,193	0,207
65	0,131	0,149	0,166	0,185	0,199
70	0,126	0,144	0,160	0,179	0,192
75	0,122	0,139	0,154	0,173	0,185
80	0,118	0,135	0,150	0,167	0,179
85	0,114	0,131	0,145	0,162	0,174
90	0,111	0,127	0,141	0,158	0,169
95	0,108	0,124	0,137	0,154	0,165
100	0,106	0,121	0,134	0,150	0,161

Pendekatan

$n$	$1,07/\sqrt{n}$	$1,22/\sqrt{n}$	$1,35/\sqrt{n}$	$1,52/\sqrt{n}$	$1,63/\sqrt{n}$
200	0,076	0,086	0,096	0,107	0,115

## RIWAYAT HIDUP



Rohmatul Anisa, biasa dipanggil nisa, lahir di Madiun, 16 Mei 2001. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Darminto dan Ibu Samsiyah. Penulis bertempat tinggal di Desa Wonorejo, Kecamatan Mejayan, Kabupaten Madiun.

Penulis telah menempuh Pendidikan formal mulai dari TK Dharma Wanita Wonorejo (2006-2007). Selanjutnya memasuki pendidikan dasar di SD Negeri Wonorejo 1 (2007-2013). Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 2 Mejayan (2013-2016). Setelah itu, melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 2 Mejayan (2016-2019). Pada tahun 2019, penulis menempuh pendidikan tinggi di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil program studi Matematika.



**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Rohmatul Anisa  
NIM : 19610063  
Fakultas/Program Studi : Sains dan Teknologi/Matematika  
Judul Skripsi : Pengaruh Proses Elitism pada Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Terpendek  
Pembimbing I : Mohammad Nafie Jauhari, M.Si.  
Pembimbing II : Erna Herawati, M.Si.

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	25 Maret 2024	Konsultasi BAB I	1.
2.	28 Maret 2024	Konsultasi Kajian Agama BAB I	2.
3.	3 Juli 2024	Konsultasi BAB I dan BAB II	3.
4.	4 Juli 2025	Konsultasi Kajian Agama BAB II	4.
5.	17 Juli 2024	Konsultasi BAB II	5.
6.	18 Juli 2024	Konsultasi Kajian Agama BAB I dan BAB II	6.
7.	23 September 2024	Konsultasi BAB II dan BAB III	7.
8.	29 Oktober 2024	ACC Seminar Proposal	8.
9.	31 Oktober 2024	ACC Seminar Proposal	9.
10.	1 November 2024	Konsultasi BAB IV	10.
11.	23 Desember 2024	Konsultasi BAB IV	11.
12.	3 Januari 2025	Konsultasi BAB IV	12.
13.	28 April 2025	Konsultasi BAB IV dan BAB V	13.
14.	2 Mei 2025	Konsultasi Kajian Agama BAB IV	14.
15.	23 Mei 2025	ACC Seminar Hasil	15.
16.	26 Mei 2025	ACC Seminar Hasil	16.
17.	2 Juni 2025	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	17.
18.	13 Juni 2025	ACC Sidang Skripsi	18.



**KEMENTERIAN AGAMA RI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI**  
**MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

19.	16 Juni 2025	ACC Sidang Skripsi	19.
20.	23 Juni 2025	ACC Keseluruhan	20.

Malang, 23 Juni 2025

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc.

NIP. 19741129 200012 2 005