

**MODIFIKASI ALGORITMA GENETIKA
DENGAN *ROULETTE WHEEL* UNTUK OPTIMALISASI
PENGUNAAN GERBONG KERETA API**

SKRIPSI

**OLEH :
CETRIN APRILIA
NIM. 210601110004**



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

**MODIFIKASI ALGORITMA GENETIKA
DENGAN *ROULETTE WHEEL* UNTUK OPTIMALISASI
PENGUNAAN GERBONG KERETA API**

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 :
Cetrin Aprilia
NIM. 210601110004**

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

**MODIFIKASI ALGORITMA GENETIKA
DENGAN *ROULETTE WHEEL* UNTUK OPTIMALISASI
PENGUNAAN GERBONG KERETA API**

SKRIPSI

Oleh

Cetrin Aprilia

NIM. 210601110004

Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diuji

Malang, 18 Februari 2025

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Juhari, M.Si

NIPPPK. 19840209 202321 1 010

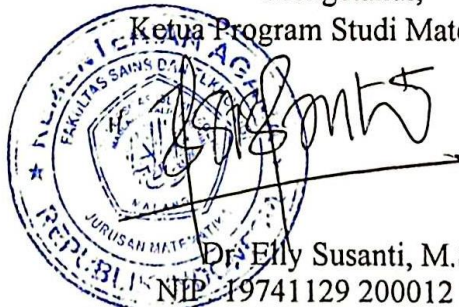


Ach. Nasichuddin, M.A

NIP. 19730705 200003 1 002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc

NIP. 19741129 200012 2 005

**MODIFIKASI ALGORITMA GENETIKA
DENGAN *ROULETTE WHEEL* UNTUK OPTIMALISASI
PENGUNAAN GERBONG KERETA API**

SKRIPSI

**Oleh
Cetrin Aprilia
NIM. 210601110004**

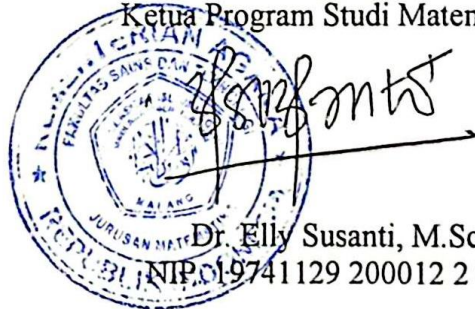
Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Tanggal 25 Februari 2025

Ketua Penguji	: Dr. Usman Pagalay, M.Si
Angota Penguji 1	: Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si
Angota Penguji 2	: Juhari, M.Si
Angota Penguji 3	: Ach. Nashichuddin, M.A.



Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika


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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cetrin Aprilia
NIM : 210601110004
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Modifikasi Algoritma Genetika dengan *Roulette Wheel* Untuk Optimalisasi Penggunaan Gerbong Kereta Api

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri. Bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 25 Februari 2025
Yang membuat pernyataan



Cetrin Aprilia
NIM. 210601110004

MOTO

“Hidup Berjasa, Mati Beriman”

“Menjadi versi terbaik dimulai dengan mempertanggung jawabkan apa yang sudah kita mulai”

(Cetrin Aprilia)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirohim., Dengan memanjatkan puji syukur kepada Allah Swt., skripsi ini penulis persembahkan kepada Ibunda tercinta, Ngatini, yang selalu mendukung dan mendoakan setiap malam agar setiap langkah kecil hingga besar yang penulis ambil selalu dimudahkan. Kakak tercinta, Puji Hariati, yang selalu mendukung langkah-langkah penulis. Saudara ipar, Moh. Choiron, yang dengan tulus mengarahkan dan membimbing dalam setiap keputusan yang diambil penulis. Seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan serta doa-doanya yang tak ternilai dan tak dapat penulis sebutkan satu per satu. Teman-teman yang selalu membantu dan memotivasi dalam setiap kesulitan yang penulis hadapi, serta para dosen yang telah membimbing hingga skripsi ini dapat terselesaikan. Terakhir, untuk diri saya sendiri, yang telah berani melangkah sejauh ini, yang mau berjuang dan bersusah payah dalam menghadapi segala tantangan dan tekanan selama menempuh pendidikan strata satu ini.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin,

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul “Modifikasi Algoritma Genetika dengan *Roulette Wheel* untuk Optimalisasi Penggunaan Gerbong Kereta Api” sebagai bagian dari persiapan dalam rangkaian kegiatan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Dalam proses penyusunan naskah skripsi ini, penulis banyak menerima dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, yang telah memberikan kesempatan untuk menimba ilmu di universitas ini.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, atas segala arahan dan kebijakan yang telah memfasilitasi kegiatan akademik ini.
3. Dr. Elly Susanti, M.Sc, selaku Ketua Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, atas bimbingan, dukungan, dan motivasinya selama proses studi.
4. Juhari, M.Si, selaku dosen pembimbing I, atas bimbingan, saran, dan arahannya dalam penyusunan proposal ini.
5. Ach. Nasichuddin, M.A, selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan masukan berharga dalam proses penyusunan proposal ini.
6. Ari Kusumastuti, M.Pd., M.Si selaku penguji utama dalam seminar proposal.
7. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan selama masa studi.

8. Orang tua dan seluruh keluarga, atas doa, dukungan, serta dorongan yang tak pernah putus.
9. Seluruh Kakak tingkat yang telah membantu serta memotivasi saya untuk menyelesaikan rangkaian skripsi.
10. Seluruh mahasiswa angkatan 2021, atas kebersamaan, dukungan, dan semangatnya selama masa studi.

Semoga naskah skripsi penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam bidang ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Malang, 25 Februari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
مستخلص البحث.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
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
1.6 Definisi Istilah	6
BAB II KAJIAN TEORI	9
2.1 Teori Pendukung.....	9
2.1.1 Transportasi dan Logistik Kereta Api	9
2.1.2 Optimalisasi.....	10
2.1.3 Algoritma Genetika	12
2.1.4 <i>Roulette Wheel Selection</i>	16
2.1.5 Teori Random pada Excel	18
2.1.6 Transportasi dalam Al-Quran.....	19
2.2 Kajian Topik dengan Teori Pendukung.....	21
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Jenis Penelitian	25
3.2 Data dan Sumber Data.....	25
3.3 Tahapan Penelitian	26
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Modifikasi Fungsi Fitness dari Fauzi, A (2022).....	30
4.2 Implementasi Hasil Modifikasi Fungsi Fitness dalam Algoritma Genetika.....	34
4.2.1 <i>Preprocessing</i>	34
4.2.2 Inisialisasi Populasi Awal.....	36
4.2.3 Evaluasi Score Fitness Kromosom.....	37
4.2.4 Seleksi Kromosom Induk	39
4.2.5 <i>Crossover</i> Kromosom.....	43

4.2.6 Mutasi Beberapa Gen	44
4.2.7 Penghentian Generasi	46
4.3 Optimalisasi Penggunaan Gerbong Kereta Api dalam Perspektif Islam	51
BAB V PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran untuk Penelitian Lanjutan.....	54
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	54
RIWAYAT HIDUP	61

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil <i>Preprocessing</i>	35
Tabel 4.2	Hasil Inisialisasi Populasi	37
Tabel 4.3	Hasil Evaluasi Score Fitness Kromosom	39
Tabel 4.4	Hasil Seleksi Kromosom Induk Berdasarkan Probabilitas dan Probabilitas Kumulatif	42
Tabel 4.5	Proses Random pada <i>Roulette Wheel</i>	42
Tabel 4.6	Hasil Seleksi Kromosom Menggunakan <i>Roulette Wheel</i>	43
Tabel 4.7	Proses Random pada Operasi <i>Crossover</i>	43
Tabel 4.8	Pemilihan Pasangan Individu untuk <i>Crossover</i>	44
Tabel 4.9	Hasil Proses <i>Crossover</i> yang Menghasilkan Kromosom Baru 2 dan 3.....	44
Tabel 4.10	Hasil Proses <i>Crossover</i> yang Menghasilkan Kromosom pada Generasi Berikutnya terhadap total 65 gen.....	44
Tabel 4.11	Proses Pemilihan Gen yang Akan Mengalami Mutasi.....	45
Tabel 4.12	Hasil Proses Mutasi pada Gen	46
Tabel 4.13	Populasi Akhir pada Penghentian Generasi	46
Tabel 4.14	Nilai Fitness Terbaik yang Dicapai pada Generasi Akhir.....	46
Tabel 4.15	Kromosom dengan Nilai Fitness Terbaik	47
Tabel 4.16	Jarak SBT-Stasiun Tujuan	47
Tabel 4.17	Data Profit Minimum pada Angkutan Penumpang.....	49
Tabel 4.18	Perbandingan dengan Profit Minimum Kereta Api Penumpang	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Persilangan	15
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	29

DAFTAR SIMBOL

- $\mu(H, k)$: Fungsi fitness skema H dalam generasi k
- H : Schema tertentu dalam populasi genetika.
- $f(H, k)$: Nilai dari fungsi fitness rata-rata dari schema H pada generasi ke- k
- $F(k)$: Nilai dari fungsi fitness total dari populasi pada generasi ke- k .
- $\bar{F}(k)$: Nilai dari fungsi fitness rata-rata dari seluruh populasi pada generasi ke- k
- $e(H, k)$: Jumlah kromosom dalam populasi $P(k)$ yang mengikuti schema H .
- $P(k)$: Populasi pada generasi ke- k
- $M(k)$: Populasi hasil seleksi pada generasi ke- k .
- x_i : Kromosom yang termasuk dalam schema H pada populasi $P(k)$
- $f(x_i)$: Nilai Fitness dari kromosom x_i
- N : Ukuran populasi, atau jumlah total kromosom dalam satu generasi.
- F : Nilai dari fungsi fitness total dari populasi
- $\sum_{x=1}^n B_x$: Total jumlah barang untuk semua komponen x dari 1 hingga n
- C : Kapasitas maksimal gerbong
- G : Jumlah Gerbong
- $\sum_{x=1}^n J_x$: Total jenis kereta api yang relevan untuk semua x dari 1 hingga n
- $\bar{F}_h$: Nilai dari fungsi fitness rata-rata dari seluruh populasi dari kereta jenis Harina
- $\bar{F}_p$: Nilai dari fungsi fitness rata-rata dari seluruh populasi dari kereta jenis Parcel Utara
- KA_h : Kereta Api jenis Harina
- KA_p : Kereta Api jenis Parcel Utara
- π_i : Probabilitas seleksi untuk individu ke- i
- q_k : Probabilitas kumulatif untuk individu ke- k

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Tonase Angkutan Barang 2023.....	54
Lampiran 2 Hasil <i>Cleaning</i> Data.....	54
Lampiran 3 Codingan menggunakan Google Colab.....	54

ABSTRAK

Aprilia, Cetrin. 2024. **Modifikasi Algoritma Genetika dengan *Roulette Wheel* untuk Optimalisasi Penggunaan Gerbong Kereta Api.** Skripsi. Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing (I) Juhari, M.Si. (II) Ach. Nasichuddin, M.A.

Kata kunci: Optimalisasi gerbong, algoritma genetika, *Roulette Wheel*, fungsi fitness, alokasi barang, transportasi kereta, efisiensi operasional, Google Colab, logistik barang, seleksi genetik, generasi optimal.

Transportasi kereta api sering menghadapi tantangan dalam mengoptimalkan penggunaan gerbong untuk angkutan barang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang fungsi fitness yang lebih efisien dalam alokasi gerbong barang menggunakan algoritma genetika dengan pendekatan *Roulette Wheel*. Fungsi fitness yang dikembangkan dalam penelitian ini mengacu pada rumus $\mu(H, k)$ yang dihitung berdasarkan jumlah total nilai fungsi objektif $f(x_i)$ untuk setiap elemen x_i pada populasi, dibagi dengan Nilai fungsi fitness rata-rata dari seluruh populasi Melibatkan jenis kereta api harina ($\bar{F}_h$) dan jenis kereta api parcel utara ($\bar{F}_p$), kemudian dikalikan dengan 100%. Setelah fungsi fitness diuji kelayakannya, implementasi algoritma genetika dilakukan secara manual pada generasi pertama, meliputi tahap inisialisasi populasi, seleksi, *Crossover*, mutasi, dan penghentian generasi. Proses ini menggunakan Google Colab sebagai platform untuk menentukan generasi paling optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kromosom ke-5 menghasilkan konfigurasi terbaik dengan nilai fitness tertinggi, yaitu 894,43%, yang tercapai pada generasi ke-499. Kontribusi dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis bagi pusat transportasi kereta api dalam meningkatkan efisiensi operasional pengangkutan barang, serta memberikan pemahaman lebih lanjut tentang penerapan algoritma genetika dalam bidang logistik.

ABSTRACT

Aprilia, Cetrin. 2024. **Modification of Genetic Algorithm with *Roulette Wheel* for Optimizing Train Carriage Usage**. Thesis. Mathematics Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Juhari, M.Si., (II) Ach. Nasichuddin, M.A.

Keywords: Carriage optimization, genetic algorithm, *Roulette Wheel*, fitness function, cargo allocation, rail transport, operational efficiency, Google Colab, cargo logistics, genetic selection, optimal generation.

Transportation hubs often face challenges in optimizing the use of train carriages for freight transport. This study aims to redesign the fitness function for more efficient freight car allocation using a genetic algorithm with the *Roulette Wheel* selection approach. The fitness function developed in this study refers to the formula $\mu(H, k)$, which is calculated based on the total sum of the objective function values $f(x_i)$ for each element x_i in the population, divided by the average fitness value of the entire population, involving the types of trains Harina ($\bar{F}_h$) and Parcel Utara ($\bar{F}_p$), then multiplied by 100%. After the fitness function was validated, the genetic algorithm was manually implemented on the first generation, encompassing stages such as population initialization, selection, *Crossover*, mutation, and generation termination. This process used Google Colab as the platform to determine the optimal generation. The results show that the fifth chromosome produced the best configuration with the highest fitness value of 894.43%, achieved at generation 499. The contribution of this study is expected to provide practical solutions for railway transport hubs in improving operational efficiency for freight transport and to further understand the application of genetic algorithms in the logistics field.

مستخلص البحث

أبريليا، سترين. ٢٠٢٤. تعديل خوارزمية الجينات باستخدام عجلة الروليت لتحسين استخدام عربات القطار أطروحة. برنامج دراسة الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفون: (١) جوهري، ماجستير علوم، (٢) أ. ناصيحين، ماجستير آداب

الكلمات الأساسية : تحسين العربات، خوارزمية الجينات، عجلة الروليت، دالة الملاءمة، تخصيص البضائع، نقل القطارات، الكفاءة التشغيلية، Google Colab، لوجستيات البضائع، الانتقاء الجيني، الجيل الأمثل .

يواجه النقل بالقطارات تحديات في تحسين استخدام العربات لنقل البضائع. تهدف هذه الدراسة إلى إعادة تصميم دالة الملاءمة بشكل أكثر كفاءة في تخصيص عربات البضائع باستخدام خوارزمية الجينات مع نهج عجلة الروليت. تعتمد دالة الملاءمة المطورة في هذه الدراسة على الصيغة $\mu(H, k)$ التي تُحسب بناءً على إجمالي قيمة دالة الهدف $f(x_i)$ لكل عنصر x_i في المجتمع، مقسومةً على متوسط قيمة دالة الملاءمة لجميع السكان، مع مراعاة نوعي القطار "حارينا" ($\bar{F}_h$) و"بارسيل أوتارا" ($\bar{F}_p$) ، ثم تُضرب النتيجة في % 100. بعد اختبار صلاحية دالة الملاءمة، تم تنفيذ خوارزمية الجينات يدويًا في الجيل الأول، متضمنةً مراحل تهية السكان، الانتقاء، العبور، الطفرة، وإيقاف الأجيال. تم استخدام Google Colab كمنصة لتحديد الجيل الأكثر كفاءة. أظهرت نتائج الدراسة أن الكروموسوم الخامس أنتج أفضل تكوين بأعلى قيمة ملاءمة بلغت % 894,43، والتي تحققت في الجيل 499. تُعد مساهمة هذه الدراسة بمثابة حل عملي لمراكز النقل بالقطارات لتحسين الكفاءة التشغيلية لنقل البضائع، بالإضافة إلى توفير فهم أعمق لتطبيق خوارزمية الجينات في مجال اللوجستيات .

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pusat transportasi kereta api sering menghadapi tantangan dalam mengoptimalkan penggunaan gerbong kereta untuk angkutan barang. Salah satu masalah utama yang dihadapi adalah ketidaksesuaian dalam konstruksi rumus fungsi fitness yang digunakan untuk mengalokasikan gerbong secara efisien. Fungsi fitness yang ada belum sepenuhnya memenuhi kaidah-kaidah matematika yang diperlukan, yang berakibat pada tidak berfungsinya rumus secara optimal dalam mengalokasikan barang ke gerbong yang tepat.

Dalam kasus ini, penggunaan gerbong akan dioptimalkan untuk meningkatkan efisiensi operasional pengangkutan barang. Optimalisasi ini bertujuan untuk memaksimalkan kapasitas angkut setiap gerbong, sehingga dapat mengurangi pemborosan ruang atau risiko overloading yang dapat mengganggu kelancaran operasional. Oleh karena itu, penting untuk menyusun kembali alokasi penggunaan gerbong berdasarkan hasil optimasi algoritma genetika. Dengan algoritma genetika, alokasi gerbong dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengangkutan yang lebih spesifik, memastikan distribusi barang yang lebih efisien sesuai dengan kapasitas gerbong yang tersedia. Pendekatan ini diharapkan dapat mengurangi waktu tunggu, meningkatkan kecepatan pengiriman, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya secara keseluruhan, sehingga pengiriman barang dapat dilakukan dengan lebih tepat waktu, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan kinerja logistik

Dalam Al-Qur'an, Allah SWT menjelaskan pentingnya transportasi, sebagaimana disebutkan dalam QS. Yasin ayat 41-42 (Kemenag RI, 2022):

وَايَةٌ لَهُمْ أَنَّا حَمَلْنَا ذُرِّيَّتَهُمْ فِي الْفُلِّ الْمَشْحُونِ
وَخَلَقْنَا لَهُمْ مِنْ مِثْلِهِ مَا يَرْكَبُونَ

“Dan suatu tanda (kebesaran Allah) bagi mereka adalah bahwa Kami angkut keturunan mereka dalam kapal yang penuh muatan dan Kami ciptakan (juga) untuk mereka (angkutan lain) seperti apa yang mereka kendarai.” (QS Yasin: 41-42)

Berdasarkan tafsir dari QS. Yasin ayat 41-42, sebagaimana dijelaskan dalam Tafsir al-Azhar oleh Buya Hamka (2015), ayat ini menggambarkan bagaimana Allah mengingatkan umat-Nya tentang salah satu tanda kekuasaan-Nya melalui pengangkutan keturunan manusia dalam kapal yang penuh muatan. Buya Hamka menulis, Pada ayat ini, “Allah mengingatkan tentang sebuah tanda kekuasaan-Nya, yaitu mengangkut keturunan manusia dalam kapal yang penuh muatan.” Ini merupakan manifestasi dari kemudahan yang Allah berikan kepada manusia dalam hal transportasi, yang memungkinkan mereka untuk mengangkut barang dan bepergian melintasi lautan.

Dalam Tafsir al-Muyassar (2016), dikatakan bahwa, “Dan sebagai tanda kekuasaan Allah, Kami mengangkut keturunan manusia dalam kapal yang penuh muatan. Ini adalah contoh bagaimana Allah memudahkan hidup manusia dengan memberikan sarana transportasi yang diperlukan.” Ayat ini menunjukkan bagaimana Allah menyediakan sarana transportasi yang mempermudah kehidupan manusia. Meskipun penjelasan tentang ragam alat transportasi ini tidak secara langsung terkait dengan kereta api, prinsip yang diuraikan dalam ayat tersebut dapat diterapkan dalam konteks modern. Manusia terus berupaya merancang dan menyempurnakan alat transportasi mereka. Dalam hal ini, algoritma genetika digunakan sebagai metode untuk mencapai optimalitas dalam menentukan jumlah

gerbong kereta api, yang mencerminkan upaya manusia untuk mengembangkan sistem transportasi yang lebih efisien dan efektif dengan menggunakan teknologi dan metode inovatif.

Dalam penelitian sebelumnya oleh Yu, X. (2022), membahas konstruksi model matematika yang memanfaatkan Algoritma Genetika untuk optimasi. Fokus utama dari jurnal ini adalah pada pengembangan model matematika fungsi fitness, yang merupakan komponen kunci dalam algoritma genetika. Fungsi fitness ini digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana solusi potensial memenuhi kriteria atau tujuan dari program bakat siswa. Model ini dirancang untuk mengoptimalkan hasil program dengan menyesuaikan parameter-parameter algoritma dan menggunakan strategi pemilihan dan reproduksi yang efektif untuk meningkatkan kualitas solusi yang dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Fauzi, A (2022) berfokus pada penerapan Algoritma Genetika (GA) untuk mengoptimalkan penggunaan gerbong kereta api dalam mengangkut penumpang. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem optimasi menggunakan GA dapat memberikan rekomendasi yang tepat untuk jumlah kursi yang perlu disediakan berdasarkan jumlah penumpang pada jadwal keberangkatan. Namun, dalam penelitian saya, fokusnya bukan pada jumlah penumpang, melainkan pada optimasi penggunaan gerbong kereta api untuk pengangkutan barang. Saya menggunakan rumus fungsi fitness yang berbeda untuk tujuan ini. Rumus fungsi fitness yang dirancang untuk mengoptimalkan alokasi gerbong berdasarkan jumlah barang yang harus diangkut, kapasitas gerbong, dan jenis kereta api yang digunakan. Dalam rumus ini, total jumlah barang yang akan diangkut

dibagi dengan kapasitas gerbong maksimal dikalikan jumlah gerbong yang tersedia untuk pengangkutan, terdapat 100% untuk mempresentasikan hasil.

Jurnal ketiga oleh Nazarius, A (2024), membahas Pengimplementasian Algoritma Genetika (GA) dalam Sistem Penjadwalan Praktikum untuk mencapai solusi yang akurat dan efisien. Penelitian ini melakukan proses inisialisasi populasi dengan menghasilkan kromosom yang berisi gen-gen yang merepresentasikan kombinasi data mata kuliah, asisten praktikum, jam, hari, dan ruangan. Penelitian ini sebagai bentuk validasi proses Algoritma Genetika.

Berdasarkan literatur pada ketiga jurnal, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan Algoritma Genetika dengan pendekatan *Roulette Wheel* guna mengoptimalkan penggunaan gerbong barang di Stasiun Pasar Turi Surabaya. Melalui metode ini, proses Algoritma Genetika, seperti inisialisasi populasi, seleksi, *Crossover*, dan mutasi, akan diterapkan secara bertahap untuk mencari solusi optimal dalam memaksimalkan penggunaan gerbong sesuai dengan volume barang yang harus diangkut. Proses-proses ini akan dijelaskan lebih rinci pada Bab selanjutnya dengan harapan bahwa solusi yang diperoleh mampu meningkatkan efisiensi operasional pengangkutan barang di stasiun.

Implementasi algoritma ini akan dilakukan menggunakan Google Colab, platform berbasis *cloud* yang memungkinkan penulisan dan eksekusi kode *Python* langsung di *browser*, yang memfasilitasi simulasi dan analisis berbagai skenario pengangkutan barang. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang berarti dalam meningkatkan kualitas layanan angkutan barang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pembahasan latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana Modifikasi rumus fungsi fitness pada Fauzi, A (2022) yang diterapkan untuk menentukan score fitness tertinggi?
2. Bagaimana implementasi hasil modifikasi rumus fungsi fitness sehingga diperoleh susunan optimal pada penggunaan gerbong?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Modifikasi rumus fungsi fitness pada Fauzi, A (2022) untuk mencari score fitness tertinggi
2. Menerapkan Implementasi hasil modifikasi rumus fungsi fitness sehingga diperoleh susunan optimal pada penggunaan gerbong

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan masalah di atas, manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Dengan melakukan Modifikasi fungsi fitness dapat meningkatkan akurasi rumus fungsi fitness pada Fauzi, A (2022) untuk menentukan score fitness tertinggi pada setiap kromosom.

2. Mendapatkan hasil susunan kromosom terbaik untuk efisiensi operasional pengangkutan barang melalui implementasi Algoritma Genetika yang optimal.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mengarahkan agar penelitian ini tidak menyimpang dari tujuan, maka batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Data yang digunakan merupakan data jumlah muatan kereta api (retail) dengan 2 jenis kereta api keberangkatan awal stasiun pasar turi pada tahun 2023. Data ini terdiri dari berbagai informasi dalam bentuk baris dan kolom, namun penelitian hanya memanfaatkan kolom Tanggal Surat Angkut (Tgl Sa), Stasiun Asal Sa, Stasiun Tujuan Sa, Nama Kereta Api (Nama Ka), Stasiun Asal, Nomor Sarana (No Sarana), Volume Berat Pengajuan (volume_berat_pengajuan), dan Satuan Volume Berat (satuan_volume_berat) untuk proses analisis dan optimisasi.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah Algoritma Genetika dengan seleksi *Roulette Wheel*

1.6 Definisi Istilah

Untuk memahami konteks dan istilah yang digunakan dalam penelitian ini, berikut adalah definisi dari istilah-istilah kunci yang relevan yang didefinisikan oleh Fauzi (2022).

1. Algoritma Genetika : Metode optimasi berbasis komputasi yang (GA) meniru proses evolusi biologis seperti seleksi

alam dan genetika untuk menemukan solusi terbaik dalam masalah yang kompleks.

2. *Fitness Function* : Fungsi yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas atau kinerja setiap individu dalam populasi
 Arkeman, Y (2012) menambahkan bahwa dalam konteks populasi, rata-rata fitness digunakan untuk mengukur kinerja keseluruhan individu dalam satu generasi tertentu sementara rata-rata total fitness memberikan gambaran perkembangan kinerja populasi secara keseluruhan dari generasi pertama hingga generasi terakhir.
3. *Roulette Wheel Selection* : Metode pemilihan individu dalam Algoritma Genetika yang menggunakan probabilitas proporsional untuk memilih individu berdasarkan nilai fitness mereka
4. *Optimalisasi* : Proses mencari solusi terbaik dari berbagai alternatif untuk mencapai hasil yang paling efektif sesuai dengan tujuan yang ditetapkan
5. *Populasi* : Sekumpulan solusi kandidat yang dihasilkan oleh Algoritma Genetika pada setiap iterasi
6. *Gen* : Elemen dasar dari kromosom yang mewakili bagian dari solusi.

- 7. Kromosom : Representasi dari solusi potensial yang tersusun dari beberapa Gen.
- 8. *Crossover* : Operasi dalam tahapan algoritma genetika yang digunakan untuk menggabungkan dua kromosom (individu) untuk menghasilkan satu atau lebih keturunan (*offspring*).
- 9. Mutasi : Operasi dalam tahapan algoritma genetika yang melibatkan perubahan acak pada kromosom individu untuk memperkenalkan variasi genetik dalam populasi.
- 10. Generasi : Generasi merujuk pada satu siklus iteratif dalam proses evolusi di mana populasi individu (kromosom) dikembangkan melalui seleksi, *Crossover*, dan mutasi.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Teori Pendukung

2.1.1 Transportasi dan Logistik Kereta Api

Menurut Fauzi (2022), Transportasi kereta api merupakan salah satu moda transportasi darat yang esensial dalam pergerakan barang dan penumpang, dikenal karena kapasitas angkutnya yang besar, efisiensi energi yang tinggi, serta kemampuannya untuk mengangkut berbagai jenis muatan dalam jarak jauh dengan biaya yang relatif lebih rendah dibandingkan moda transportasi lainnya. Dalam konteks logistik, kereta api memiliki peran penting dalam memastikan kelancaran aliran barang dari titik asal ke titik tujuan, yang melibatkan perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian yang cermat atas berbagai aspek seperti manajemen gerbong, penjadwalan, serta optimasi rute dan muatan. Optimasi jumlah muatan gerbong menjadi krusial untuk menghindari risiko muatan berlebih yang dapat meningkatkan biaya operasional, menyebabkan kerusakan infrastruktur, bahkan memicu kecelakaan.

Untuk mengatasi tantangan ini menurut Fauzi (2022), metode komputasi seperti Algoritma Genetika (GA) sering digunakan. Algoritma ini terinspirasi oleh proses seleksi alam dalam evolusi, di mana sekelompok solusi potensial yang disebut populasi mengalami iterasi melalui seleksi, rekombinasi, dan mutasi hingga ditemukan solusi yang optimal atau mendekati optimal. Dalam proses seleksi, metode *Roulette Wheel* menjadi salah satu teknik yang efektif. Metode ini menentukan probabilitas pemilihan suatu solusi berdasarkan tingkat kecocokannya; semakin tinggi nilai kecocokan suatu solusi, semakin besar peluang untuk dipilih,

mirip dengan roda roulette di mana setiap bagian roda mewakili peluang pemilihan yang proporsional dengan nilai tersebut.

Dalam konteks penelitian berjudul "Implementasi Algoritma Genetika untuk Optimalisasi Penggunaan Gerbong Kereta Api dengan Seleksi *Roulette Wheel*" Algoritma Genetika akan digunakan untuk memaksimalkan muatan gerbong kereta api. Metode *Roulette Wheel* memungkinkan seleksi solusi terbaik dalam setiap iterasi, yang pada gilirannya memfasilitasi optimasi yang efisien dalam distribusi logistik kereta api. Dengan penerapan pendekatan ini, diharapkan efisiensi transportasi kereta api dapat ditingkatkan, biaya operasional dapat ditekan, dan proses pengiriman barang menjadi lebih cepat serta lebih andal. Pendekatan ini memberikan kontribusi penting dalam memahami kompleksitas dan signifikansi optimasi dalam sistem logistik kereta api, serta menunjukkan bagaimana teknologi komputasi modern dapat digunakan untuk mengatasi tantangan tersebut secara efektif.

2.1.2 Optimalisasi

Menurut Firdaus Mahmudy, W (2014). Optimalisasi menjadi semakin relevan dalam era modern, terutama di bidang transportasi dan logistik, di mana peningkatan efisiensi operasional menjadi prioritas utama. Teknik optimasi dalam manajemen logistik telah menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi operasional, terutama ketika dihadapkan pada masalah kompleks yang memerlukan pemrosesan data dalam jumlah besar. Algoritma Genetika, sebagai salah satu algoritma heuristik yang paling populer, sering digunakan untuk menangani masalah optimasi dengan ruang solusi yang besar dan kompleks. Algoritma

Genetika dapat secara efektif mengeksplorasi dan mengeksploitasi ruang solusi, memungkinkan penemuan solusi optimal atau mendekati optimal dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode tradisional.

Dalam transportasi kereta api, Fauzi, A (2022) optimasi jumlah muatan gerbong memegang peranan penting karena berpengaruh langsung terhadap efisiensi operasional dan pengelolaan sumber daya. Efisiensi penggunaan gerbong tidak hanya membantu dalam memaksimalkan kapasitas angkut, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan biaya operasional, yang pada akhirnya meningkatkan profitabilitas dan daya saing perusahaan kereta api. Pemanfaatan Algoritma Genetika untuk mengoptimalkan alokasi kapasitas di sektor transportasi kereta api telah terbukti sebagai teknik yang efisien. Teknik ini memungkinkan penanganan masalah yang kompleks seperti penentuan jumlah muatan optimal dalam gerbong kereta api dengan mempertimbangkan berbagai batasan dan variabel operasional.

Metode seleksi seperti *Roulette Wheel Selection*, yang merupakan bagian dari Algoritma Genetika, memainkan peran krusial dalam mempercepat pencarian solusi optimal. Teknik ini bekerja dengan memberikan probabilitas yang lebih besar kepada solusi-solusi terbaik untuk dipilih dalam proses evolusi, yang pada gilirannya mempercepat konvergensi algoritma menuju solusi yang mendekati optimal. Ini penting dalam konteks transportasi kereta api, di mana keputusan yang cepat dan tepat sangat dibutuhkan untuk menjaga kelancaran operasi dan mengurangi waktu henti yang mahal.

Selain itu Fauzi, A (2022), kemampuan Algoritma Genetika untuk mengeksplorasi dan mengeksploitasi ruang solusi secara efektif tanpa

mengorbankan keragaman solusi adalah keunggulan lain yang membuatnya sangat cocok untuk aplikasi dalam optimasi muatan gerbong. Keragaman solusi ini penting untuk menghindari jebakan solusi lokal, yang dapat menghambat pencapaian solusi global yang lebih optimal. Dengan menjaga keragaman ini, Algoritma Genetika tidak hanya mampu menemukan solusi optimal dalam skala waktu yang lebih cepat, tetapi juga memastikan bahwa solusi yang dihasilkan stabil dan dapat diandalkan dalam berbagai kondisi operasional.

Penerapan teknik optimasi ini memberikan fleksibilitas yang diperlukan dalam menghadapi tantangan logistik yang kompleks dan dinamis, seperti perubahan permintaan, gangguan operasional, atau batasan-batasan infrastruktur yang tidak terduga. Dengan pendekatan berbasis Algoritma Genetika yang didukung oleh teknik seleksi yang tepat, industri transportasi kereta api dapat mengoptimalkan sumber dayanya secara lebih efisien, meningkatkan ketahanan operasional, dan mencapai tujuan strategis dengan lebih baik. Optimasi ini juga mendukung tujuan jangka panjang dari keberlanjutan operasi, dengan mengurangi penggunaan energi dan emisi karbon, sehingga memberikan kontribusi positif terhadap inisiatif lingkungan.

2.1.3 Algoritma Genetika

Algoritma Genetika (GA) menurut Fauzi, A (2022) adalah sebuah algoritma pencarian heuristik yang terinspirasi dari proses evolusi biologis, seperti seleksi alam dan reproduksi genetik. GA beroperasi dengan menggunakan beberapa elemen kunci, seperti populasi (kumpulan solusi potensial), kromosom (representasi solusi), gen (bagian dari kromosom yang merepresentasikan atribut

solusi), fitness (penilaian kualitas solusi), seleksi (proses pemilihan solusi berdasarkan fitness), *Crossover* (pembentukan solusi baru melalui kombinasi kromosom), dan mutasi (introduksi variasi acak untuk meningkatkan keberagaman populasi).

Fauzi, A (2022) mendeskripsikan tahapan Algoritma Genetika (GA) bekerja secara iteratif dalam beberapa tahap utama untuk mencari solusi optimal dari suatu masalah. Berikut adalah detail bagaimana GA bekerja secara iteratif:

1. Inisialisasi Populasi Awal yang terdiri dari sejumlah individu atau kromosom. Setiap individu mewakili sebuah solusi potensial untuk masalah yang dihadapi. Populasi ini dapat dibentuk secara acak atau menggunakan pendekatan heuristic dengan generator permutasi kombinasi digunakan untuk menangani sifat masalah yang kompleks yang variasi dalam ruang pencarian solusi.
2. Evaluasi Fitness setiap individu dalam populasi dievaluasi berdasarkan seberapa baik mereka memecahkan masalah yang dihadapi, yang disebut sebagai nilai fitness. Nilai fitness bisa berupa fungsi tujuan yang harus dimaksimalkan atau diminimalkan.

$$\mu(H, k) = \frac{\sum_{i=1}^{e(H,k)} f(x_i)}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\% \quad (2.1)$$

Menurut Fauzi (2022) B_x adalah Jumlah berat barang yang diangkut, C adalah kapasitas maksimum per gerbong, G adalah jumlah gerbong, J_x dan adalah jenis kereta api yang digunakan. Rumusan fungsi fitness yang dikemukakan masih menimbulkan kebingungan dan kurang mudah

dipahami. Oleh karena itu, diperlukan proses Modifikasi pada penelitian dengan melibatkan beberapa lemma sebagai pedoman pengembangan.

3. Seleksi individu-individu dalam populasi dipilih untuk bertahan atau dibiarkan mati berdasarkan nilai fitness mereka. Individu dengan nilai fitness yang lebih tinggi memiliki peluang yang lebih besar untuk dipilih, mirip dengan konsep seleksi alam dalam evolusi biologis.

$$F(k) = \sum_{i=1}^n \mu(H, k)_i \quad (2.2)$$

f_i adalah nilai fitness dari individu ke- i dan n adalah jumlah individu dalam populasi. Total fitness ini memberikan gambaran tentang seberapa baik keseluruhan populasi dalam memenuhi tujuan yang ditetapkan.

Setelah total fitness dihitung, probabilitas seleksi untuk masing-masing individu dapat dihitung dengan rumus:

$$\pi_i = \frac{\mu(H, k)_i}{F(k)}, i = 1, 2, \dots, 5 \quad (2.3)$$

Individu dengan nilai fitness yang lebih tinggi akan memiliki probabilitas yang lebih besar untuk terpilih. Selanjutnya, probabilitas kumulatif q_k dihitung untuk memudahkan proses pemilihan. Probabilitas kumulatif untuk individu ke- k dapat dinyatakan sebagai:

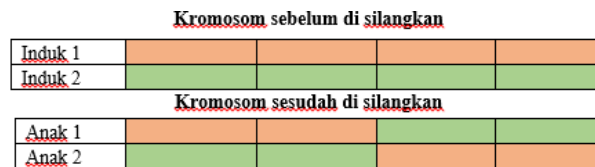
$$q_k = \sum_{i=1}^k \pi_i \quad (2.4)$$

Dengan probabilitas kumulatif ini, proses pemilihan individu dilakukan dengan cara menghasilkan angka acak r dalam interval $(0,1]$. Angka acak ini akan digunakan untuk menentukan individu yang terpilih berdasarkan probabilitas kumulatif. Jika angka acak r jatuh dalam rentang probabilitas kumulatif individu, maka individu tersebut akan dipilih untuk menjadi orang tua generasi berikutnya.

4. Reproduksi (*Crossover*) melibatkan penggabungan informasi dari dua atau lebih individu terpilih untuk membentuk solusi baru. Biasanya, titik-titik pemisahan atau *Crossover* dipilih secara acak di antara kromosom-kromosom induk untuk memastikan variasi genetik dalam populasi.

Menerapkan algoritma:

```
Input nilai Random(sebuah bilangan riil).
Jika Random < 0.25, maka:
    Keluarkan 1.
    Jika tidak,
        Keluarkan 0.
Selesai.
```



Gambar 2.1 Persilangan

5. Mutasi dilakukan secara acak dengan mengubah beberapa bagian dari individu secara acak. Tujuannya adalah untuk memperkenalkan variasi baru yang tidak ada dalam populasi awal dan untuk mencegah konvergensi terlalu dini ke solusi lokal optimal.

$$\text{Jumlah Gen Dimutasi} = \text{Presentase Mutasi} \times \text{Total Gen} \quad (2.5)$$

6. Generasi Baru individu terbentuk. Individu-individu baru ini kemudian dinilai kembali berdasarkan nilai fitness mereka, dan proses seleksi, *Crossover*, dan mutasi diulang untuk menghasilkan generasi berikutnya.
7. Kondisi Terminasi berlanjut hingga satu atau lebih kondisi terpenuhi. Kondisi terminasi bisa berupa mencapai solusi yang memenuhi kriteria tertentu (misalnya nilai fitness yang memadai), mencapai jumlah generasi

maksimum yang ditentukan sebelumnya, atau waktu komputasi yang telah ditetapkan.

Kelebihan utama GA meliputi kemampuannya menangani masalah kompleks yang sulit diselesaikan dengan metode tradisional, kemampuan mencapai solusi optimal global (tergantung pada implementasi dan parameter), dan kekuatan adaptasinya terhadap perubahan lingkungan. Namun, GA juga memiliki kekurangan, seperti membutuhkan komputasi intensif tergantung pada ukuran masalahnya, sensitif terhadap parameter yang dipilih, dan dapat terjebak pada solusi lokal optimal.

2.1.4 *Roulette Wheel Selection*

Menurut Cerf (2017), *Roulette Wheel Selection* (RWS) merupakan metode seleksi populer dalam Algoritma Genetika (GA), di mana setiap kromosom memiliki peluang untuk dipilih berdasarkan nilai fitness mereka. Kromosom dengan nilai fitness yang tinggi memiliki peluang lebih besar untuk dipilih, sementara kromosom dengan nilai fitness yang rendah memiliki peluang yang lebih kecil. Kelebihan dari RWS termasuk kesederhanaan dalam implementasi serta efisiensi dalam penggunaan sumber daya komputasi. Namun, ada kelemahan seperti sensitivitas terhadap noise pada data fitness dan risiko konvergensi prematur pada solusi lokal.

Setiawan et al. (2019) meneliti penggunaan RWS dalam pengelompokan data dengan Algoritma Genetika, dan menyebutkan bahwa metode ini efektif dalam mengatasi masalah optimasi yang sederhana. Penelitian mereka memperlihatkan bahwa RWS dapat menghasilkan solusi optimal dengan cara yang lebih cepat dan

efisien dalam pengelompokan, namun masih memiliki risiko terjebak pada solusi lokal. Untuk mengatasi kelemahan ini, beberapa peneliti mengembangkan metode hibrida, seperti yang diteliti oleh Setiawati et al. (2019), yang menggabungkan RWS dengan *Tournament Selection* untuk memperbaiki keragaman populasi dan menghindari konvergensi prematur.

Qian et al. (2020) menyatakan bahwa penerapan RWS dalam *Differential Evolution* (DE) untuk strategi mutasi membantu menjaga keragaman populasi, yang merupakan salah satu kelemahan yang dihadapi oleh GA. Dalam pendekatan mereka, RWS digunakan untuk menentukan strategi mutasi berdasarkan keberhasilan setiap individu, yang memungkinkan algoritma untuk menyeimbangkan eksplorasi dan eksploitasi lebih baik.

Lipowski dan Lipowska (2017) juga menjelaskan tahapan dalam Roulette-Wheel Selection secara efisien dengan menggunakan metode stokastik acceptance, yang lebih cepat daripada metode pencarian konvensional. Mereka menunjukkan bahwa pendekatan stokastik ini lebih efisien dalam menangani distribusi berat yang tidak seragam dalam konteks pemilihan individu berdasarkan nilai fitness.

Dalam konteks ini, RWS tetap menjadi metode seleksi yang banyak digunakan, namun beberapa kelemahannya, seperti keragaman populasi yang rendah dan risiko terjebak dalam solusi lokal, mendorong penelitian lebih lanjut untuk mengkombinasikan RWS dengan metode seleksi lain untuk meningkatkan kinerja GA dalam masalah optimasi yang kompleks.

2.1.5 Teori Random pada Excel

Menurut Arkeman (2012) bilangan acak dalam matematika dan komputasi merujuk pada angka yang dihasilkan dengan cara yang tidak terduga dan tidak mengikuti pola atau urutan tertentu. Secara teori, bilangan acak harus memiliki kemungkinan yang sama untuk muncul di antara semua nilai dalam rentang yang telah ditentukan. Fungsi `= RAND()` di Excel menghasilkan angka desimal acak yang terdistribusi antara 0 dan 1, yang berarti hasilnya adalah nilai acak antara dua angka tersebut. Setiap angka dalam rentang $[0, 1)$ memiliki peluang yang sama untuk muncul, yang menjadikan `= RAND()` sangat berguna untuk aplikasi yang membutuhkan hasil acak yang terdistribusi seragam.

Namun, bilangan yang dihasilkan oleh komputer tidak sepenuhnya acak. Dalam komputasi, angka yang dihasilkan biasanya disebut pseudo-acak. Ini karena komputer bekerja dengan algoritma deterministik, yang artinya angka yang dihasilkan berdasarkan serangkaian langkah yang dapat diprediksi jika kondisi awalnya diketahui. Oleh karena itu, meskipun hasilnya tampak acak, bilangan tersebut sebenarnya dihasilkan melalui proses yang bisa diulang atau diprediksi.

Lebih lanjut, bilangan yang dihasilkan oleh fungsi `= RAND()` mengikuti distribusi seragam, yang berarti setiap angka dalam rentang $[0, 1)$ memiliki peluang yang sama untuk terpilih. Distribusi seragam sangat penting dalam simulasi, seperti dalam Simulasi Monte Carlo, di mana kita membutuhkan angka yang memiliki kemungkinan yang sama untuk muncul agar simulasi yang dilakukan dapat mewakili berbagai hasil yang mungkin dengan cara yang tidak bias. Selain itu, distribusi seragam juga berguna dalam sampling statistika, yang sering digunakan

dalam pengambilan sampel secara acak dari populasi untuk memastikan hasil yang representatif.

Agar suatu urutan angka dapat dianggap acak, ada beberapa karakteristik yang harus dipenuhi: angka tersebut harus tidak mengikuti pola atau urutan yang dapat diprediksi, harus tersebar merata di seluruh rentang nilai yang mungkin (dalam hal ini antara 0 dan 1), dan harus independen, yaitu setiap angka yang dihasilkan tidak bergantung pada angka sebelumnya. Meskipun `= RAND()` di Excel menghasilkan angka berdasarkan algoritma pseudo-acak, fungsi ini sudah cukup efektif untuk aplikasi yang membutuhkan angka acak dengan distribusi seragam dan independensi antar angka, seperti dalam simulasi dan pemodelan data.

2.1.6 Transportasi dalam Al-Quran

Dalam QS Yasin: 41-42, terdapat penjelasan yang menunjukkan bagaimana Allah SWT telah menyediakan sarana transportasi untuk memudahkan kehidupan umat manusia. Ayat ini mengungkapkan kebesaran Allah dalam menciptakan berbagai alat transportasi yang efisien. Sebagaimana diungkapkan dalam ayat tersebut, "kapal yang penuh muatan" melambangkan sarana transportasi yang mampu mengangkut beban berat dengan efektif. Selain kapal, Allah juga menciptakan berbagai jenis transportasi lain yang dapat digunakan manusia. Ayat ini menegaskan betapa Allah telah menyediakan alat-alat yang diperlukan untuk mengangkut barang dan memudahkan perjalanan, mencerminkan karunia-Nya dalam mendukung kehidupan manusia dalam ayat QS Yasin: 41-42:

وَايَةٌ لَهُمْ أَنَّا حَمَلْنَا ذُرِّيَّتَهُمْ فِي الْفُلِّ الْمَشْحُونِ
وَخَلَقْنَا لَهُمْ مِنْ مِثْلِهِ مَا يَرْكَبُونَ

“Dan suatu tanda (kebesaran Allah) bagi mereka adalah bahwa Kami angkut keturunan mereka dalam kapal yang penuh muatan dan Kami ciptakan (juga) untuk mereka (angkutan lain) seperti apa yang mereka kendarai.” (QS Yasin: 41-42)

Ayat ini menunjukkan bagaimana Allah SWT dengan kebesaran-Nya telah menyediakan sarana transportasi bagi umat manusia untuk mengangkut barang-barang yang mereka butuhkan. Dalam ayat ini, "kapal yang penuh muatan" menggambarkan alat transportasi yang efisien dalam mengangkut beban berat, dan Allah juga telah menciptakan berbagai jenis transportasi lain yang dapat digunakan oleh manusia. Dalam QS Yasin: 41-42, terdapat penjelasan mendalam mengenai sarana transportasi yang diberikan oleh Allah SWT kepada umat manusia. Tafsir dari ayat-ayat ini mengungkapkan kebesaran dan karunia Allah dalam menyediakan alat transportasi yang memudahkan kehidupan manusia.

Menurut Tafsir al-Azhar oleh Hamka (2015), ayat 41-42 menggambarkan bagaimana Allah SWT telah mengangkut keturunan manusia dalam kapal yang penuh muatan sebagai salah satu tanda kebesaran-Nya. Hamka menjelaskan bahwa "kapal yang penuh muatan" merupakan simbol dari sarana transportasi yang efisien, yang mencerminkan karunia Allah dalam menyediakan alat yang diperlukan untuk mengangkut beban berat. Selain itu, Hamka juga menguraikan bahwa Allah menciptakan berbagai jenis transportasi lain yang setara dengan kapal, untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia dalam perjalanan dan pengangkutan barang.

Di sisi lain, Tafsir al-Muyassar (2016) yang disusun oleh Kementerian Urusan Islam, Dakwah, dan Bimbingan Islam Arab Saudi menjelaskan bahwa ayat-

ayat ini menegaskan kebesaran Allah dalam menciptakan sarana transportasi yang memudahkan manusia. Ayat 41 menyebutkan bahwa Allah mengangkut keturunan manusia dalam kapal yang penuh muatan sebagai bentuk karunia dan perlindungan-Nya. Sementara ayat 42 melanjutkan dengan menyatakan bahwa Allah juga menciptakan sarana transportasi lain yang setara untuk memudahkan perjalanan manusia. Tafsir ini menyoroti bahwa ayat-ayat tersebut mengingatkan umat manusia akan karunia Allah dalam menyediakan alat-alat yang diperlukan untuk kehidupan sehari-hari, serta betapa pentingnya penggunaan dan pemanfaatan sarana transportasi yang telah diberikan.

Dengan demikian, QS Yasin: 41-42 tidak hanya menggambarkan kemudahan yang diberikan oleh Allah melalui sarana transportasi, tetapi juga menekankan kebesaran dan karunia-Nya dalam menyediakan alat yang mempermudah kehidupan manusia. Penjelasan ini dari tafsir al-Azhar dan tafsir al-Muyassar memberikan pemahaman yang lebih dalam mengenai bagaimana Allah SWT telah memenuhi kebutuhan manusia melalui berbagai alat transportasi yang diciptakan-Nya.

2.2 Kajian Topik dengan Teori Pendukung

Penelitian ini membahas implementasi metode Algoritma Genetika untuk optimalisasi jumlah muatan gerbong kereta api menggunakan *Roulette Wheel*. Agar lebih memahami konsep ini, diperlukan penjelasan mengenai teori-teori pendukung yang relevan, yaitu teori Algoritma Genetika, teori optimalisasi, dan konsep metode *Roulette Wheel* dalam konteks Algoritma Genetika.

Algoritma Genetika adalah metode pencarian dan optimalisasi berbasis evolusi yang dikembangkan oleh John Holland pada tahun 1975. Algoritma ini terinspirasi oleh proses seleksi alam dalam teori evolusi Darwin, di mana hanya individu yang terbaik yang mampu bertahan dan bereproduksi, menghasilkan keturunan yang lebih baik dari generasi ke generasi. Dalam Algoritma Genetika, solusi potensial dari suatu masalah dikodekan ke dalam bentuk kromosom, yang merepresentasikan individu dalam suatu populasi. Proses utama dalam Algoritma Genetika mencakup inisialisasi populasi, evaluasi fitness, seleksi, *Crossover* (penyilangan), mutasi, dan regenerasi. Kromosom-kromosom awal dihasilkan secara acak atau berdasarkan heuristik tertentu, kemudian dievaluasi menggunakan fungsi fitness yang mengukur seberapa baik solusi tersebut dalam memecahkan masalah yang dihadapi. Kromosom terbaik dipilih berdasarkan nilai fitness-nya untuk bereproduksi, dan metode *Roulette Wheel* adalah salah satu teknik seleksi yang sering digunakan dalam tahap ini. Setelah itu, kromosom yang terpilih akan mengalami *Crossover* atau pertukaran informasi genetik untuk menghasilkan keturunan baru, dan pada beberapa kromosom, gen tertentu akan mengalami mutasi untuk menjaga keberagaman populasi dan mencegah konvergensi prematur. Proses ini berlanjut hingga kriteria terminasi tercapai.

Optimalisasi adalah proses mencari solusi terbaik atau paling efisien dari sekumpulan solusi yang mungkin untuk suatu masalah tertentu. Dalam konteks penelitian ini, optimalisasi merujuk pada proses mencari konfigurasi terbaik dari distribusi muatan gerbong kereta api untuk memaksimalkan kapasitas angkut atau meminimalkan biaya operasional, sambil tetap mempertahankan keseimbangan dan keamanan. Proses optimalisasi dalam Algoritma Genetika dilakukan dengan

memanfaatkan evolusi solusi melalui iterasi yang melibatkan seleksi, *Crossover*, dan mutasi.

Setiawan, J (2019), Metode *Roulette Wheel* adalah teknik seleksi dalam Algoritma Genetika yang digunakan untuk memilih individu-individu dari populasi berdasarkan probabilitas yang sebanding dengan nilai fitness mereka. Teknik ini menyerupai roda roulette, di mana setiap individu diberikan "porsi" pada roda yang proporsional dengan fitness-nya. Individu dengan fitness yang lebih tinggi memiliki peluang lebih besar untuk terpilih, meskipun individu dengan fitness lebih rendah tetap memiliki peluang, meskipun lebih kecil. Implementasi metode *Roulette Wheel* dalam penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam proses seleksi kromosom, sehingga solusi yang dihasilkan memiliki peluang lebih besar untuk mendekati optimalitas. Ini sangat penting dalam konteks optimalisasi muatan gerbong kereta api, di mana distribusi beban yang tepat harus diperhitungkan agar kapasitas angkut dapat dimaksimalkan tanpa mengorbankan stabilitas dan keselamatan operasional.

Dalam penelitian ini, Algoritma Genetika diterapkan untuk menyelesaikan masalah optimalisasi jumlah muatan gerbong kereta api. Dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti kapasitas gerbong, batasan berat, dan jarak tempuh, Algoritma Genetika digunakan untuk mencari solusi yang paling efisien dalam distribusi muatan. Proses evolusi dalam Algoritma Genetika memungkinkan eksplorasi berbagai kombinasi distribusi muatan, sehingga diperoleh solusi yang mendekati optimal dengan meminimalkan iterasi yang dibutuhkan. Penggunaan metode *Roulette Wheel* sebagai mekanisme seleksi dalam Algoritma Genetika memberikan keuntungan dalam mempertahankan diversitas

populasi dan mencegah hilangnya solusi potensial pada tahap awal evolusi. Kombinasi teori-teori ini memberikan dasar yang kuat bagi penelitian ini, yang bertujuan untuk mengembangkan solusi yang efisien dan dapat diterapkan dalam konteks dunia nyata, khususnya dalam pengelolaan muatan transportasi kereta api

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif, yang bertujuan untuk menerapkan Algoritma Genetika dalam konteks praktis untuk mengoptimalkan jumlah muatan gerbong kereta api. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi data secara statistik dan matematis, sehingga peneliti dapat menentukan solusi optimal berdasarkan parameter yang telah ditetapkan. Dalam hal ini, Algoritma Genetika diterapkan sebagai metode optimasi untuk memecahkan masalah alokasi kapasitas muatan, dengan seleksi *Roulette Wheel* digunakan untuk meningkatkan efektivitas algoritma dalam menemukan solusi optimal.

3.2 Data dan Sumber Data

Penelitian ini dilaksanakan setelah selesainya Praktik Kerja Lapangan (PKL) dan sebagai bentuk observasi lanjutan untuk melengkapi data yang diperlukan, bulan Maret 2024. Lokasi utama penelitian berada di Kantor DAOP 8 Surabaya, khususnya di pusat angkutan retail DAOP 8 Surabaya yang terletak di Stasiun Pasar Turi. Setelah pengambilan data di lapangan, proses pengolahan data dilakukan di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini terdiri dari beberapa langkah penting yang memastikan proses penelitian berjalan sistematis dan menghasilkan data yang valid.

1. Persiapan Penelitian

Tahap awal melibatkan kajian literatur untuk memahami teori dan metodologi terkait Algoritma Genetika, optimasi logistik, dan teknik seleksi *Roulette Wheel*. Ini mencakup peninjauan jurnal, buku, dan publikasi ilmiah yang relevan untuk menyusun landasan teori dan kerangka penelitian

2. Perencanaan dan Desain Penelitian

Mengidentifikasi masalah yang akan dipecahkan, yaitu optimasi jumlah muatan gerbong kereta api menggunakan Algoritma Genetika serta menyusun proposal penelitian yang mencakup tujuan, metodologi, dan rencana pengumpulan serta analisis data.

a. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui berbagai teknik untuk memastikan informasi yang diperoleh komprehensif dan valid. Observasi langsung merupakan teknik utama yang digunakan untuk mengumpulkan data primer, dengan observasi dilakukan di lokasi penelitian di Kantor DAOP 8 Surabaya, khususnya di pusat angkutan retail DAOP 8 Surabaya di Stasiun Pasar Turi. Observasi ini bertujuan untuk mendapatkan informasi detail mengenai kapasitas gerbong, dan jenis muatan. Wawancara juga dilaksanakan dengan staf operasional dan manajer logistik di DAOP 8 Surabaya, guna memperoleh wawasan tambahan mengenai proses operasional dan

kendala yang dihadapi dalam pengelolaan muatan. Selain itu, literatur dan referensi dari jurnal ilmiah, buku, dan publikasi lainnya digunakan untuk mendukung analisis dan interpretasi data, memastikan bahwa temuan penelitian didasarkan pada landasan teori yang kuat. Penggabungan berbagai teknik pengambilan data ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang menyeluruh dan mendalam tentang masalah penelitian.

b. Pengolahan dan Analisis Data

Setelah data terkumpul, dilakukan pemrosesan untuk membersihkan dan mempersiapkan data sebelum analisis. Ini termasuk verifikasi data dan pengorganisasian data dalam format yang sesuai untuk analisis lebih lanjut. Proses pengolahan data dimulai dengan pembersihan data atau data *Cleaning*, yang melibatkan identifikasi, pemisahan, dan koreksi terhadap data yang tidak lengkap, tidak akurat, atau tidak relevan. Proses ini mencakup penghapusan nilai yang hilang, penanganan outlier, standarisasi format, dan eliminasi duplikasi jika ada. Setelah data dibersihkan, langkah berikutnya adalah mengategorikan variabel data untuk memudahkan analisis. Data yang telah terstruktur kemudian dinormalisasi menggunakan Microsoft Excel untuk memastikan konsistensi dan kesesuaian data sebelum dimasukkan ke dalam software Google Colab.

Proses ini dimulai dengan inisialisasi populasi, di mana populasi individu (kromosom) diinisialisasi untuk mewakili solusi potensial. Kemudian, evaluasi fitness dilakukan untuk menghitung nilai fitness

setiap individu berdasarkan kriteria masalah yang dihadapi. Selanjutnya, seleksi dilakukan dengan menggunakan *Roulette Wheel Selection* untuk memilih individu dengan probabilitas sebanding dengan nilai fitness mereka untuk bereproduksi. *Crossover* dilakukan antara pasangan individu yang dipilih untuk menciptakan variasi dalam populasi, diikuti dengan mutasi yang diterapkan dengan probabilitas rendah untuk memperkenalkan variasi genetik lebih lanjut. Setelah itu, generasi berikutnya dibentuk dari individu yang terpilih dan proses ini diulang untuk sejumlah iterasi atau hingga kriteria berhenti terpenuhi. Selanjutnya, data yang telah dibersihkan dan dinormalisasi diinput ke dalam software Google Colab untuk analisis lebih lanjut. Dalam Google Colab, dilakukan pelatihan data dan pengujian data menggunakan metode Algoritma Genetika dengan teknik *Roulette Wheel Selection*. Proses berakhir ketika hasil optimal atau solusi yang paling mendekati optimal ditemukan, memberikan hasil yang dapat digunakan untuk analisis dan pengambilan keputusan lebih lanjut.

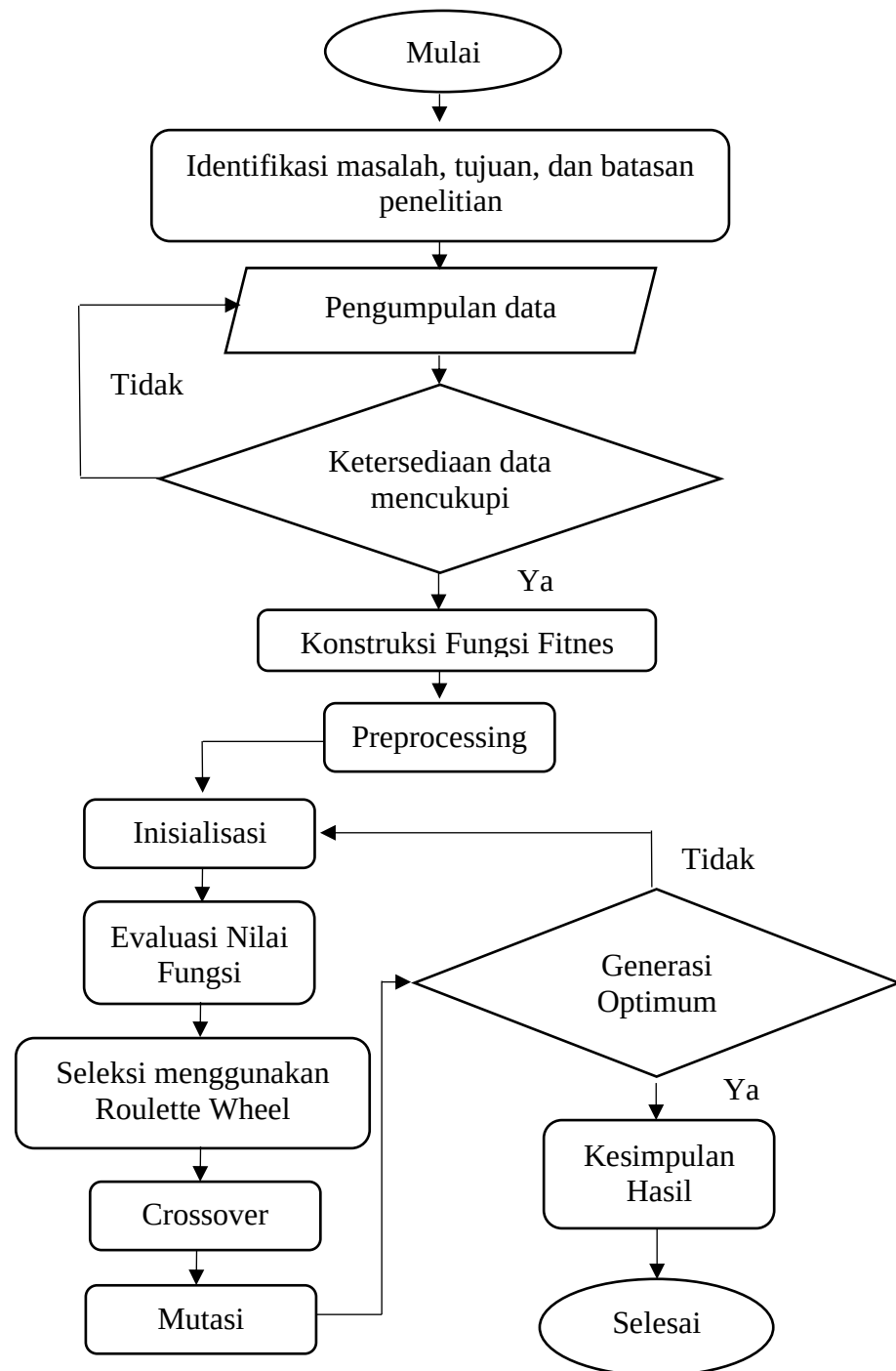
c. Penyusunan Laporan Penelitian

Menyusun laporan penelitian yang mencakup temuan, analisis, dan kesimpulan dari penelitian. Laporan ini juga akan mencakup rekomendasi berdasarkan hasil penelitian.

d. Evaluasi dan Validasi

Menilai validitas hasil penelitian dengan membandingkan temuan dengan literatur yang ada dan melakukan cross-check dengan data sekunder untuk memastikan akurasi dan konsistensi hasil penelitian.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Modifikasi Fungsi Fitness dari Fauzi, A (2022)

Sebagai langkah awal dalam konstruksi rumus algoritma genetika yang dikembangkan oleh Fauzi, A (2022), pertama-tama akan dijelaskan skema yang digunakan. Skema konstruksi fungsi fitness dalam algoritma genetika ini menggambarkan bagaimana populasi, yang merepresentasikan jumlah barang yang akan diangkut, dievaluasi untuk menghasilkan nilai fitness $F(k)$.

Pada dasarnya, setiap kromosom dalam populasi mewakili sebuah solusi potensial, dengan parameter utama yang mempengaruhi kualitas solusi tersebut, yaitu kapasitas gerbong, jumlah gerbong, dan jenis kereta api. Kapasitas gerbong mengacu pada berapa banyak barang yang dapat dimuat dalam setiap gerbong, yang berpengaruh pada cara barang dialokasikan. Jumlah gerbong menunjukkan berapa banyak gerbong yang digunakan dalam kereta api jenis harina dan parcel utara. Jenis kereta api, sebagai parameter ketiga, memengaruhi kinerja sistem karena setiap jenis kereta api memiliki kapasitas dan karakteristik yang berbeda dalam mengangkut barang.

Buku yang disusun oleh Arkeman, Y.(2012) menjelaskan bahwa untuk menjelaskan ide ini secara kuantitatif, digunakan beberapa notasi penting. Misalkan H adalah sebuah schema, yaitu pola tertentu dalam struktur kromosom. Populasi pada generasi ke- k dinyatakan sebagai $P(k)$. Indeks dalam populasi $P(k)$ yang sesuai atau cocok dengan schema H disebut sebagai $e(H, k)$. Selain itu, untuk menentukan kualitas atau kinerja dari schema H , digunakan nilai fitness rata-rata

yang dilambangkan sebagai $f(H, k)$. Nilai $f(H, k)$ ini menggambarkan seberapa baik kinerja kromosom dalam populasi $P(k)$ yang cocok dengan schema H . Dengan kata lain, jika schema H terdefinisi dalam suatu populasi, nilai $f(H, k)$ mencerminkan rata-rata nilai fitness kromosom yang mewakili schema tersebut.

Jika $H \cap P(k) = \{x_1, x_2, \dots, x_{e(H,k)}\}$ maka

$$f(H, k) = \frac{f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{e(H,k)})}{e(H, k)} \quad (4.1)$$

Perlu diperhatikan bahwa $f(H, k)$ yang disebutkan sebelumnya sebenarnya merupakan nilai fitness rata-rata dari schema H . Sekarang, misalkan N adalah jumlah kromosom dalam populasi pada generasi ke- k . Selain itu, kita mendefinisikan $F(k)$ sebagai total nilai fitness dari seluruh populasi pada generasi ke- k . Maka, $\bar{F}(k)$ ini juga bisa diartikan sebagai nilai fitness rata-rata dari semua kromosom dalam populasi k . Dengan menggunakan notasi-notasi ini, dapat diturunkan sebuah rumus untuk menghitung peluang bertahannya suatu schema H dalam populasi $P(k)$.

Arkeman, Y.(2012) membuktikan menggunakan Lemma 4.1 dalam konteks Algoritma Genetika membahas peluang dari sebuah schema H dalam mating pool $M(k)$.

Lemma 4.1:

Misalkan H adalah sebuah schema. Peluang $\mu(H, k)$ dari skema H adalah:

$$\mu(H, k) = \frac{f(H, k)}{\bar{F}(k)} e(H, k)$$

Pembuktian 4.1 Misalkan $P(k) \cap H = \{x_1, x_2, \dots, x_{e(H,k)}\}$. Untuk Setiap bit $m^{(k)} \in M(k)$ dan $i = 1, \dots, e(H, k)$, peluang $m^{(k)} = x_i$ didapatkan dengan rumus $f(x_i)/F(k)$. Maka peluang jumlah kromosom dalam $M(k) = x_i$ adalah:

$$N \frac{f(x_i)}{F(k)} = \frac{f(x_i)}{\bar{F}(sk)} \quad (4.2)$$

Uraian di atas dapat diperoleh peluang jumlah kromosom dalam $P(k) \cap H$ yang akan terseleksi ke dalam $M(k)$ yaitu:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{e(H,k)} \frac{f(x_i)}{\bar{F}(k)} &= e(H, k) \frac{\sum_{i=1}^{e(H,k)} f(x_i)}{e(H,k)} \frac{1}{\bar{F}(k)} \\ &= \frac{f(H,k)}{\bar{F}(k)} e(H, k) \end{aligned} \quad (4.3)$$

Kromosom dalam $M(k)$ juga termasuk kromosom dalam $P(k)$, kromosom dalam $M(k) \cap H$ adalah kromosom-kromosom dalam $P(k) \cap H$ yang terpilih ke dalam $M(k)$ dengan demikian dari pembuktian (4.3) terbukti bahwa :

$$\mu(H, k) = \frac{f(H,k)}{\bar{F}(k)} e(H, k)$$

Lemma 4.1, yang mendukung *schema theorem* dalam algoritma genetika. Intinya adalah bahwa jika sebuah *schema* H memiliki nilai *fitness* rata-rata $f(H, k)$ yang lebih tinggi daripada rata-rata *fitness* populasi $F(k)$, maka skema H akan lebih cenderung dipilih untuk masuk ke dalam *mating pool* $M(k)$. Ini berarti bahwa peluang untuk menemukan kromosom yang sesuai dengan skema H dalam *mating pool* akan lebih tinggi dibandingkan di populasi awal $P(k)$. Oleh karena itu, membangun fungsi *fitness* yang baik adalah langkah penting untuk memastikan bahwa skema-skema yang bermanfaat memiliki peluang yang lebih besar untuk bertahan dan berkembang, sesuai dengan yang dijelaskan dalam kutipan dan *schema theorem*.

Berdasarkan pembuktian *schema theorem* memperkuat pedoman bahwa *schema* H mempunyai nilai *fitness* lebih baik dari nilai *fitness* rata-rata populasi. Berdasarkan fungsi tujuan yang telah ditetapkan, Fungsi tujuan dalam optimasi Penggunaan gerbong yaitu:

$$\bar{F}_h = C \times G \times KA_h$$

$$\bar{F}_p = C \times G \times KA_p \quad (4.4)$$

Jumlah Fitness dari semua individu dalam populasi dihitung menggunakan persamaan maka nilai fitness rata-rata populasi, yaitu:

$$\bar{F}(k) = \bar{F}_h + \bar{F}_p \quad (4.5)$$

Nilai rata-rata fitness populasi yang tertera pada persamaan (4.1), dapat disimpulkan bahwa :

$$\begin{aligned} f(H, k) &= \frac{f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{e(H,k)})}{e(H,k)} \\ &= \frac{f(x_1)}{e(H,k)} + \frac{f(x_2)}{e(H,k)} + \dots + \frac{f(x_{e(H,k)})}{e(H,k)} \\ f(H, k) &= \sum_{i=1}^{e(H,k)} \frac{f(x_i)}{e(H,k)} \end{aligned} \quad (4.6)$$

Berdasarkan pembuktian bahwa nilai fungsi fitness yang diperoleh lebih baik dibandingkan dengan nilai rata-rata fungsi fitness populasi pada Lemma 4.1 oleh Arkeman, Y.(2012) proses konstruksi fungsi fitness untuk optimalisasi yaitu:

$$\begin{aligned} \mu(H, k) &= \frac{f(H,k)}{\bar{F}(k)} e(H, k) \\ &= \frac{\sum_{i=1}^{e(H,k)} \frac{f(x_i)}{e(H,k)}}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} e(H, k) \\ \mu(H, k) &= \frac{\sum_{i=1}^{e(H,k)} f(x_i)}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \end{aligned} \quad (4.7)$$

Untuk memudahkan proses ranking dan interpretasi probabilitas, kita mengalikan nilai ini dengan 100% agar probabilitas setiap individu dinyatakan dalam bentuk persentase. Dengan demikian,(4.7) rumusnya menjadi:

$$\mu(H, k) = \frac{\sum_{i=1}^{e(H,k)} f(x_i)}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\% \quad (4.8)$$

Bahan baku yang digunakan dalam modifikasi fungsi fitness ini mencakup beberapa elemen utama. Pertama, terdapat fungsi fitness $f(x_i)$, yang merupakan penilaian kuantitatif terhadap kualitas solusi individu x_i dalam populasi pada generasi tertentu. Fungsi ini dievaluasi untuk seluruh individu yang tergabung dalam populasi, hingga menghasilkan total nilai fitness dalam generasi tersebut.

Selanjutnya, parameter $\bar{F}_h$ dan $\bar{F}_p$ digunakan sebagai nilai rata-rata fitness dari dua kategori utama yang relevan dengan konteks penelitian, misalnya kategori "Parcel Utara" dan "Harina." Kedua nilai rata-rata ini bertindak sebagai pembagi untuk menormalisasi hasil penjumlahan nilai fitness individu, sehingga menghasilkan nilai probabilitas relatif. Modifikasi ini dilakukan dengan mengalikan hasil akhir dengan 100% agar setiap nilai fitness dapat dinyatakan dalam bentuk persentase yang lebih mudah diinterpretasikan dalam proses seleksi. Secara keseluruhan, bahan baku ini dirancang untuk menciptakan fungsi fitness yang akurat, efisien, dan intuitif dalam algoritma genetika.

4.2 Implementasi Hasil Modifikasi Fungsi Fitness dalam Algoritma

Genetika

4.2.1 *Preprocessing*

Proses *Preprocessing* data di Excel ini dimulai dengan membuka file yang berisi data asli dari kolom A hingga T. Langkah pertama adalah memilih hanya kolom yang diperlukan, yaitu kolom B (tgl sa), F (Stasiun tujuan sa), J (Nama KA stasiun asal), P (No sarana), Q (Volume berat pengajuan), dan R (satuan volume berat). Kolom-kolom tersebut kemudian disalin ke lembar kerja baru untuk

memudahkan pengolahan lebih lanjut. Setelah itu, data difilter berdasarkan kolom "Stasiun tujuan sa" untuk mengelompokkan data sesuai stasiun tujuan.

Selanjutnya, kolom baru dibuat untuk mengekstrak bulan untuk mengklasifikasikan data bulan Januari, Februari, dan seterusnya. Dengan adanya kolom bulan, data kemudian dihitung dalam skala bulanan. Penghitungan ini dilakukan menggunakan *PivotTable* dengan mengatur kolom "Stasiun tujuan sa" di bagian *Rows*, kolom "Bulan" di bagian *Columns*, dan kolom "Volume berat pengajuan" sebagai nilai (*Values*). Fungsi penjumlahan (*Sum*) diterapkan untuk memperoleh total volume berat pengajuan per bulan untuk setiap stasiun tujuan.

Setelah perhitungan bulanan selesai, langkah berikutnya adalah menghitung total volume tahunan dengan menambahkan baris Total di *PivotTable*. Hal ini memungkinkan perhitungan total dari Januari hingga Desember untuk setiap Stasiun tujuan sa yang ada. Hasil dari *PivotTable* kemudian dapat disalin ke lembar kerja baru sebagai hasil akhir dari *Preprocessing*.

Setelah data dalam bentuk tahunan 2023 diperoleh, langkah selanjutnya adalah memprosesnya menggunakan algoritma genetika. Algoritma ini akan digunakan untuk mengoptimalkan analisis lebih lanjut, sehingga dapat membantu menemukan solusi yang lebih efisien dan optimal terkait penggunaan gerbong kereta api. Proses ini memastikan bahwa data telah tersusun rapi dan siap untuk dimasukkan ke dalam algoritma genetika untuk mendapatkan hasil implementasi.

Tabel 4.1 Hasil *Preprocessing*

Nama KA	BBT	BD	BJ	CKP	CN	CNP	CU	JAKG	JTB	NBO	PK	SMT	TG
Harina	6559 kg	224306 kg	8085 kg	17701 kg	25120 kg	0 kg	4596 kg	0 kg	0 kg	1862 kg	9542 kg	47843 kg	7398 kg
Parcel Utara	42052 kg	2503 kg	52916 kg	58908 kg	0 kg	184796 kg	22081 kg	6185284 kg	12848 kg	1203 kg	77889 kg	448959 kg	67807 kg

4.2.2 Inisialisasi Populasi Awal

Dalam tahap perhitungan inisialisasi pada algoritma genetika, langkah pertama adalah menentukan representasi individu yang akan digunakan dalam proses pencarian solusi. Representasi ini, yang sering disebut sebagai kromosom, harus mencerminkan solusi yang relevan dengan masalah yang dihadapi. tujuan penelitian adalah optimaisai penggunaan gerbong, kromosom berupa urutan gerbong atau kombinasi barang yang akan diangkut.

Selanjutnya, ukuran populasi juga perlu ditentukan. Ukuran populasi, yang dinyatakan dengan simbol n harus cukup besar untuk menciptakan keragaman genetik, namun tidak terlalu besar agar proses komputasi tetap efisien. Setelah ukuran populasi ditetapkan, langkah berikutnya adalah menginisialisasi populasi itu sendiri. Populasi awal dibuat secara acak, di mana setiap individu dihasilkan berdasarkan representasi yang telah ditentukan sebelumnya. Penting untuk memastikan bahwa individu yang dihasilkan mencakup berbagai kombinasi, sehingga keragaman genetik dalam populasi dapat terjaga.

Pada tahap inisialisasi Algoritma Genetika, digunakan representasi biner untuk mengkodekan alokasi barang yang berbeda. Untuk membentuk populasi awal kromosom, kombinasi nilai '0' dan '1' dihasilkan dengan bantuan alat kombinatorial daring yang tersedia di internet. Dalam representasi ini, '0' mewakili "Parcel Utara" dan '1' mewakili "Harina." Kombinasi tersebut kemudian diubah menjadi struktur kromosom tertentu, di mana setiap gen (g_1 hingga g_{13}) dalam kromosom menunjukkan penugasan barang pada setiap stasiun atau segmen tertentu.

Tabel 4.2 Hasil Inisialisasi Populasi

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13
Kromosom 1	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 2	BBT - Harina	BD - Harina	BJ - Harina	CKP - Parcel Utara	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 3	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Utara
Kromosom 4	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 5	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Harina	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina

4.2.3 Evaluasi Score Fitness Kromosom

Pada tahap evaluasi dalam algoritma genetika, langkah pertama adalah menghitung nilai fitness untuk setiap individu dalam populasi yang telah diinisialisasi. Proses ini penting karena nilai fitness memberikan informasi mengenai seberapa baik individu tersebut dalam memenuhi tujuan atau kriteria yang ditetapkan dalam penelitian.

Setelah populasi awal terbentuk, setiap individu akan dievaluasi berdasarkan fungsi fitness yang telah didefinisikan sebelumnya. Fungsi ini biasanya berupa rumus matematis yang mengukur kinerja individu dalam konteks masalah yang dihadapi, yaitu efisiensi pengangkutan barang dalam kasus ini. Dengan menggunakan rumus tersebut, setiap individu akan mendapatkan nilai fitness (4.8) dengan indeks $e(H, k)$ sebanyak 13 yang mencerminkan sejauh mana mereka dapat mencapai tujuan yang diinginkan.

1. Kromosom 1

$$\begin{aligned}
 \mu(H, 1)_1 &= \frac{\sum_{i=1}^{13} f(x_i)}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\% \\
 &= \frac{f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{13})}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 42.052kg + 224.306kg + 52.916kg + 17.701kg + \\
& 25.120kg + 184.796kg + 22.081kg + 0kg + \\
& = \frac{12.848kg + 1.203kg + 9.542kg + 47.843kg + 7.398kg}{(7.300.000kg \times 1) + (7.300.000kg \times 10)} \times 100\% \\
& = 80,6732254\%
\end{aligned}$$

2. Kromosom 2

$$\begin{aligned}
\mu(H, 1)_2 &= \frac{\sum_{i=1}^{13} f(x_i)}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\% \\
&= \frac{f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{13})}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\% \\
&= \frac{6.559kg + 224.306kg + 8.085kg + 58.908kg + \\
& 25.120kg + 184.796kg + 22.081kg + 0kg + \\
& 12.848kg + 1.862kg + 77.889kg + 47.842kg + 7.398kg}{(7.300.000kg \times 1) + (7.300.000kg \times 10)} \times 100\% \\
&= 84,3953923\%
\end{aligned}$$

3. Kromosom 3

$$\begin{aligned}
\mu(H, 1)_3 &= \frac{\sum_{i=1}^{13} f(x_i)}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\% \\
&= \frac{f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{13})}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\% \\
&= \frac{42.052kg + 2.503kg + 52.916kg + 17.701kg + \\
& 25.120kg + 0kg + 22.081kg + 0kg + \\
& 12.848kg + 1.862kg + 77.889kg + 448.959kg + 67.807kg}{(7.300.000kg \times 1) + (7.300.000kg \times 10)} \times 100\% \\
&= 96,1068493\%
\end{aligned}$$

4. Kromosom 4

$$\begin{aligned}
\mu(H, 1)_4 &= \frac{\sum_{i=1}^{13} f(x_i)}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\% \\
&= \frac{f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{13})}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\% \\
&= \frac{42.052kg + 224.306kg + 52.916kg + 17.701kg + \\
& 0kg + 0kg + 4.596kg + 0kg + \\
& 12.848kg + 1.862kg + 77.889kg + 47.843kg + 7.398kg}{(7.300.000kg \times 1) + (7.300.000kg \times 10)} \times 100\% \\
&= 60,9478207\%
\end{aligned}$$

5. Kromosom 5

$$\begin{aligned}
 \mu(H, 1)_5 &= \frac{\sum_{i=1}^{13} f(x_i)}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\% \\
 &= \frac{f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_{13})}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\% \\
 &= \frac{6.559kg + 2.503kg + 8.085kg + 17.701kg + 25.120kg + 0kg + 4.596kg + 0kg + 12.848kg + 1.203kg + 9.542kg + 47.843kg + 7.398kg}{(7.300.000kg \times 1) + (7.300.000kg \times 10)} \times 100\% \\
 &= 17,8577833\%
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, hasil evaluasi ini akan dikumpulkan untuk menghitung statistik populasi, seperti nilai fitness maksimum, minimum, dan rata-rata. Penghitungan statistik ini memberikan gambaran tentang sebaran nilai fitness dalam populasi dan memungkinkan peneliti untuk memahami perkembangan solusi dari waktu ke waktu.

Tabel 4.3 Hasil Evaluasi Score Fitness Kromosom

	Fitness Score	RANK
Kromosom 1	80,6732254%	3
Kromosom 2	84,3953923%	2
Kromosom 3	96,1068493%	1
Kromosom 4	60,9478207%	4
Kromosom 5	17,8577833%	5

4.2.4 Seleksi Kromosom Induk

Pada tahap perhitungan seleksi dalam algoritma genetika, kita akan menggunakan nilai fitness yang telah dihitung sebelumnya untuk menentukan individu mana yang akan terpilih untuk generasi berikutnya.

Pertama, kita akan menghitung total fitness dari semua kromosom dengan menjumlahkan nilai fitness mereka:

$$\begin{aligned}
F(k) &= \sum_{i=1}^5 \mu(H, k)_i \\
&= \mu(H, k)_1 + \mu(H, k)_2 + \mu(H, k)_3 + \mu(H, k)_4 + \mu(H, k)_5 \\
&= 80,6732254\% + 84,3953923\% + 96,1068493\% + \\
&\quad 60,9478207\% + 17,8577833\% \\
F(k) &= 339,981071\%
\end{aligned}$$

Dengan total fitness yang sudah diketahui, kita akan menghitung probabilitas seleksi π_i untuk setiap kromosom. Probabilitas seleksi ini menunjukkan seberapa besar peluang masing-masing kromosom untuk terpilih dalam generasi berikutnya, yang dihitung menggunakan rumus (2.4), yang diterapkan pada proses perhitungan probabilitas setiap kromosom pada generasi ke-1. Sehingga rumus (2.4) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\pi_i = \frac{\mu(H, 1)_i}{F(k)}, \quad i = 1, 2, \dots, 5$$

Berikut adalah perhitungan probabilitas untuk setiap kromosom

1. Kromosom 1:

$$\pi_1 = \frac{\mu(H, 1)_1}{F(k)} = \frac{80,6732254\%}{339,981071\%} \approx 0,237287403$$

2. Kromosom 2:

$$\pi_2 = \frac{\mu(H, 1)_2}{F(k)} = \frac{84,3953923\%}{339,981071\%} \approx 0,248235562$$

3. Kromosom 3:

$$\pi_3 = \frac{\mu(H, 1)_3}{F(k)} = \frac{96,1068493\%}{339,981071\%} \approx 0,282682942$$

4. Kromosom 4:

$$\pi_4 = \frac{\mu(H, 1)_4}{F(k)} = \frac{60,9478207\%}{339,981071\%} \approx 0,179268277$$

5. Kromosom 5:

$$\pi_5 = \frac{\mu(H, 1)_5}{F(k)} = \frac{17,8577833\%}{339,981071\%} \approx 0,52525816$$

Setelah menghitung probabilitas untuk masing-masing kromosom, kita kemudian menghitung probabilitas kumulatif, Probabilitas kumulatif dihitung dengan menambahkan probabilitas individu secara berurutan untuk memetakan peluang seleksi ke dalam rentang (0, 1] agar memungkinkan pemilihan kromosom menggunakan angka acak. Metode ini memastikan bahwa kromosom dengan fitness lebih tinggi memiliki peluang lebih besar untuk terpilih, sesuai probabilitas relatifnya.

1. Kromosom 1:

$$q_1 = \pi_1 = 0,237287403$$

2. Kromosom 2:

$$q_2 = q_1 + \pi_2 = 0,237287403 + 0,248235562 \approx 0,485522965$$

3. Kromosom 3:

$$q_3 = q_2 + \pi_3 = 0,485522965 + 0,282682942 \approx 0,768205907$$

4. Kromosom 4:

$$q_4 = q_3 + \pi_4 = 0,768205907 + 0,179268277 \approx 0,947474184$$

5. Kromosom 5:

$$q_5 = q_4 + \pi_5 = 0,947474184 + 0,52525816\% \approx 1$$

Tabel 4.4 Hasil Seleksi Kromosom Induk Berdasarkan Probabilitas dan Probabilitas Kumulatif

	Probability (π_n)	Cumulative Probability (q_n)
Kromosom 1	0,237287403	0,237287403
Kromosom 2	0,248235562	0,485522965
Kromosom 3	0,282682942	0,768205907
Kromosom 4	0,179268277	0,947474184
Kromosom 5	0,52525816	1

Setelah semua probabilitas kumulatif dihitung, kita akan menggunakan angka acak r dalam interval $(0,1]$ untuk memilih individu, kita ketahui bahwa kelas 1 berada pada rentang 0 sampai dengan 0,237287403, kelas 2 berada pada rentang 0,237287403 sampai 0,485522965, kelas 3 berada pada rentang 0,485522965 sampai 0,768205907, kelas 4 berada pada rentang 0,768205907 sampai 0,947474184, kelas 5 berada pada rentang 0,947474184 sampai 1. Proses pemilihan dilakukan dengan memeriksa di mana angka acak r jatuh dalam rentang probabilitas kumulatif. Disimbolkan dengan **R1** sebagai random kromosom ke-1 sampai dengan **R5** sebagai random kromosom ke 5 pada generasi pertama.

Tabel 4.5 Proses Random pada *Roulette Wheel*

	Random	Kelas
R1	0,9983736	5
R2	0,849884	4
R3	0,6794932	3
R4	0,85635	4
R5	0,1362401	1

Berdasarkan kelas yang diperoleh dari proses pengacakan angka ini, kromosom yang ada akan digantikan dengan kromosom baru yang terpilih berdasarkan kelas yang sudah diperoleh dimana kromosom 1 digantikan dengan komposisi kromosom 5, kromosom 2 digantikan dengan komposisi kromosom 4

dan seterusnya. Kromosom baru terdiri dari g_i dimana i berjalan dari angka 1 sampai 13 yang menyatakan 13 stasiun tujuan pengangkutan barang.

Tabel 4.6 Hasil Seleksi Kromosom Menggunakan *Roulette Wheel*

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13
Kromosom 1	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Harina	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 2	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 3	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Utara
Kromosom 4	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 5	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina

4.2.5 Crossover Kromosom

Proses ini dimulai dengan pemilihan 25% dari total data pada tabel 4.6 sebagai acuan batas *Crossover*, kemudian memunculkan beberapa angka random yang mewakili setiap kromosom, dari proses pemilihan angka random, setiap angka yang lebih besar dari 0,25 akan diberi tanda output 0, sedangkan angka yang kurang dari 0,25 akan diberi tanda output 1. Disimbolkan dengan **R1** sebagai random pada operasi *Crossover* kromosom ke-1 sampai dengan **R5** sebagai random pada operasi *Crossover* kromosom ke 5 pada generasi pertama.

Tabel 4.7 Proses Random pada Operasi *Crossover*

	Random	
R1	0,282894576	0
R2	0,049275958	1
R3	0,135283994	1
R4	0,677030473	0
R5	0,771069389	0

Setelah dilakukan pemilihan acak yang menghasilkan dua angka 1, proses *Crossover* dilaksanakan pada Kromosom 2 dan Kromosom 3. Menentukan titik *Crossover* yang tepat, diambil angka acak dalam rentang 1 hingga 12. Rentang ini ditentukan berdasarkan panjang kromosom yang adalah 13, sehingga titik

Crossover harus berada di antara elemen-elemen kromosom. Percobaan ini, angka acak yang terpilih adalah 5 pada generasi pertama.

Tabel 4.8 Pemilihan Pasangan Individu untuk *Crossover*

Kromosom 2	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 3	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Utara

Proses *Crossover* ini dilakukan pada indeks ke-5, yang berarti elemen-elemen dari Kromosom 2 hingga indeks tersebut akan dipertahankan. Sementara itu, elemen-elemen dari Kromosom 3, mulai dari indeks ke-6, akan menggantikan elemen-elemen Kromosom 2 dari indeks tersebut hingga akhir.

Tabel 4.9 Hasil Proses *Crossover* yang Menghasilkan Kromosom Baru 2 dan 3

Diperoleh Kromosom 2 yang Baru													
Kromosom 2	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Utara
Diperoleh Kromosom 3 yang Baru													
Kromosom 3	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina

Proses ini bertujuan untuk memanfaatkan keunggulan dari kedua kromosom dan menghasilkan kombinasi baru yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja algoritma genetika.

Tabel 4.10 Hasil Proses *Crossover* yang Menghasilkan Kromosom pada Generasi Berikutnya terhadap total 65 gen

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13
Kromosom 1	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Harina	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 2	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Utara
Kromosom 3	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 4	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 5	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina

4.2.6 Mutasi Beberapa Gen

Mutasi merupakan salah satu operator penting dalam algoritma genetika yang berfungsi untuk menjaga keragaman genetik dalam populasi, sehingga solusi

tidak terjebak dalam local optimum. Pada penelitian ini, proses mutasi dilakukan dengan persentase sebesar 10% dari total 65 gen dalam satu kromosom, sehingga jumlah gen yang akan dimutasi adalah 7 gen. Tahapan pertama dalam proses mutasi adalah menentukan persentase mutasi, yaitu sebesar 10%, yang menjadi dasar untuk menghitung jumlah gen yang akan dimutasi. Persentase ini bisa disesuaikan sesuai kebutuhan atau strategi pencarian solusi. Setelah persentase ditetapkan, jumlah gen yang akan dimutasi dihitung dengan rumus pada (2.6) :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Gen yang Dimutasi} &= \text{Persentase Mutasi} \times \text{Total Gen} \\ &= 10\% \times 65 = 6,5 \approx 7 \end{aligned}$$

Setelah jumlah gen yang akan dimutasi ditentukan, tahap selanjutnya adalah memilih 7 gen secara acak dari keseluruhan 65 gen yang ada dalam satu kromosom. Pemilihan acak ini dilakukan menggunakan metode random sampling untuk memastikan bahwa setiap gen memiliki peluang yang sama untuk terpilih.

Tabel 4.11 Proses Pemilihan Gen yang Akan Mengalami Mutasi

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13
Kromosom 1	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Harina	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 2	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Utara
Kromosom 3	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 4	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 5	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina

Setelah proses mutasi selesai, gen yang dimutasi diperbarui dalam kromosom dan siap digunakan dalam tahap selanjutnya, seperti evaluasi atau seleksi. Pada tahap ini, kromosom yang telah mengalami mutasi akan diikutsertakan dalam evaluasi ulang terhadap fungsi objektif atau fitness. Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur seberapa baik solusi yang dihasilkan setelah mutasi dibandingkan dengan solusi sebelumnya.

Tabel 4.12 Hasil Proses Mutasi pada Gen

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13
Kromosom 1	BBT - Harina	BD - Harina	BJ - Harina	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 2	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Harina	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Utara
Kromosom 3	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Parcel Utara	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
Kromosom 4	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Parcel Utara	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Parcel Utara
Kromosom 5	BBT - Harina	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Parcel Utara	TG - Harina

4.2.7 Penghentian Generasi

Hasil optimasi menunjukkan bagaimana algoritma genetika berjalan untuk menemukan solusi optimal dalam penggunaan gerbong kereta api. Berikut adalah cara menginterpretasikan hasil tersebut adalah solusi optimal ditemukan dalam 499 generasi, artinya distribusi barang di gerbong ('Parcel Utara' dan 'Harina') berhasil dioptimalkan.

Tabel 4.13 Populasi Akhir pada Penghentian Generasi

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13
Kromosom 1	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Parcel Utara	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Parcel Utara	JTB - Harina	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Parcel Utara	TG - Harina
Kromosom 2	BBT - Harina	BD - Harina	BJ - Harina	CKP - Parcel Utara	CN - Parcel Utara	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Parcel Utara	JTB - Harina	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Parcel Utara	TG - Harina
Kromosom 3	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Harina	CKP - Parcel Utara	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Harina	NBO - Parcel Utara	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Harina
Kromosom 4	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Harina	CKP - Parcel Utara	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Parcel Utara	JTB - Harina	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Parcel Utara	TG - Harina
Kromosom 5	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Harina	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Parcel Utara	JTB - Harina	NBO - Parcel Utara	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Harina

Nilai fitness yang dihasilkan dari ke-5 kromosom yaitu:

Tabel 4.14 Nilai Fitness Terbaik yang Dicapai pada Generasi Akhir

	Nilai Fitness Terbaik
Kromosom 1	844,0682440846825%
Kromosom 2	797,0445828144459%
Kromosom 3	848,2910336239105%
Kromosom 4	866,0926525529264%
Kromosom 5	894,4260273972603%

Salah satu individu menunjukkan bahwa konfigurasi tertentu memenuhi target yang diinginkan dengan nilai fitness tertinggi dengan nilai 894.4260273972603%, untuk mencapai efisiensi maksimum dalam mengalokasikan berat barang ke gerbong, maka individu dengan fitness mendekati 100 adalah konfigurasi terbaik. Maka kromosom 5 dipilih sebagai susunan terbaik dalam penggunaan gerbong kereta api.

Tabel 4.15 Kromosom dengan Nilai Fitness Terbaik

Kromosom 5	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Harina	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG- Parcel Utara	JTB - Harina	NBO- Parcel Utara	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Harina
----------------------	--------------------------	-------------------------	----------------	-----------------	----------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	-----------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	----------------

Berdasarkan hasil analisis menggunakan algoritma genetika, kromosom terpilih adalah Kromosom 5, yang menunjukkan rekomendasi penggunaan kereta Parcel Utara untuk pengangkutan barang dari Stasiun Pasar Turi ke tujuan tujuan Babat, Bandung, Cirebon Prujukan, Cepu, Jakarta Gudang, Ngrombo Pekalongan , Semarang Tawang. Sementara itu, untuk tujuan lainnya, yaitu Bojonegoro, Cikampek, Cirebon, Jatibarang, dan Tegal, disarankan menggunakan kereta Harina.

Tabel 4.16 Jarak SBT-Stasiun Tujuan

Nama Stasiun	Singkatan Stasiun	Kereta	Jarak (km) dari Surabaya Pasar Turi (SBP)
Babat	BBT	Parcel Utara	73
Bandung	BD	Parcel Utara	663
Bojonegoro	BJ	Harina	108
Cikampek	CKP	Harina	702
Cirebon	CN	Harina	547
Cirebon Prujukan	CNP	Parcel Utara	545
Cepu	CU	Parcel Utara	145
Jakarta Gudang	JAKG	Parcel Utara	793
Jatibarang	JTB	Harina	594

Nama Stasiun	Singkatan Stasiun	Kereta	Jarak (km) dari Surabaya Pasar Turi (SBP)
Ngrombo	NBO	Parcel Utara	236
Pekalongan	PK	Parcel Utara	397
Semarang Tawang	SMT	Parcel Utara	298
Tegal	TG	Harina	472

Optimasi ini membuat pengiriman lebih efisien dengan menugaskan satu jenis kereta untuk masing-masing tujuan, mengurangi redundansi dan memaksimalkan kapasitas kereta.

1. Sebelum Optimasi

Setiap kereta memerlukan biaya tetap untuk beroperasi, kita sebut biaya ini sebagai C Jumlah tujuan yang dilayani oleh Parcel Utara dan Harina sebelum optimasi: Parcel Utara: 12 tujuan (Babat, Bandung, Bojonegoro, Cikampek, Cirebon Prujakan, Cepu, Jakarta Gudang, Jatibarang, Ngrombo, Pekalongan, Semarang Tawang, Tegal), Harina: 10 tujuan (Babat, Bandung, Bojonegoro, Cikampek, Cirebon, Jatibarang, Ngrombo, Pekalongan, Semarang Tawang, Tegal) Sehingga banyak tujuan yang dilayani dua kali ada 9 tujuan.

2. Setelah Optimasi

Sekarang, setiap tujuan diangkut oleh satu jenis kereta saja Parcel Utara hanya melayani tujuan: Babat, Bandung, Cirebon Prujakan, Cepu, Jakarta Gudang, Ngrombo, Pekalongan, Semarang Tawang dengan rata-rata panjang perjalanan sebesar 393,75 km sedangkan Harina hanya melayani tujuan: Bojonegoro, Cikampek, Cirebon, Jatibarang, Tegal Ini mengurangi

redundansi sehingga jumlah tumpang tindih 0 tujuan rata-rata panjang perjalanan 484,6 km.

Tabel 4.17 Data Profit Minimum pada Angkutan Penumpang

Nama Stasiun	Harga Tiket minimum (KAI Acces)	Jumlah Kursi 80 kursi	Akumulasi selama 1 tahun 365 hari
Babat	49.000	3.920.000	1.430.800.000
Bandung	340.000	27.200.000	9.928.000.000
Bojonegoro	49.000	3.920.000	1.430.800.000
Cikampek	340.000	27.200.000	9.928.000.000
Cirebon	275.000	22.000.000	8.030.000.000
Cirebon Prujakan	310.000	24.800.000	9.052.000.000
Cepu	49.000	3.920.000	1.430.800.000
Jakarta Gudang	350.000	28.000.000	10.220.000.000
Jatibarang	310.000	24.800.000	9.052.000.000
Ngrombo	49.000	3.920.000	1.430.800.000
Pekalongan	250.000	20.000.000	7.300.000.000
Semarang Tawang	100.000	8.000.000	2.920.000.000
Tegal	250.000	20.000.000	7.300.000.000
Total			79.453.200.000

Berdasarkan hasil optimasi, keuntungan yang diperoleh dapat diperkirakan berdasarkan data jumlah penumpang dari Stasiun Pasar Turi ke berbagai lokasi tujuan. Data ini diperoleh melalui pencarian jumlah minimum tiket penumpang di setiap tujuan menggunakan aplikasi KAI Access.

Tabel 4.18 Perbandingan dengan Profit Minimum Kereta Api Penumpang

Nama Stasiun	Gerbong yang Tersia	Jumlah	Akumulasi selama 1 tahun 365 hari	Keuntungan 1 Tahun per Tujuan
Babat	Harina	1	1.430.800.000	1.430.800.000
Bandung	Harina	1	9.928.000.000	9.928.000.000
Bojonegoro	Parcel Utara	10	1.430.800.000	14.308.000.000

Nama Stasiun	Gerbong yang Tersia	Jumlah	Akumulasi selama 1 tahun 365 hari	Keuntungan 1 Tahun per Tujuan
Cikampek	Parcel Utara	10	9.928.000.000	99.280.000.000
Cirebon	Parcel Utara	10	8.030.000.000	80.300.000.000
Cirebon Prujakan	Harina	1	9.052.000.000	9.052.000.000
Cepu	Harina	1	1.430.800.000	1.430.800.000
Jakarta Gudang	Harina	1	10.220.000.000	10.220.000.000
Jatibarang	Parcel Utara	10	9.052.000.000	90.520.000.000
Ngrombo	Harina	1	1.430.800.000	1.430.800.000
Pekalongan	Harina	1	7.300.000.000	7.300.000.000
Semarang Tawang	Harina	1	2.920.000.000	2.920.000.000
Tegal	Parcel Utara	10	7.300.000.000	73.000.000.000
Jumlah				401.120.400.000

Kesimpulan dari penelitian optimasi Algoritma Genetika ini adalah bahwa pendekatan ini berhasil mencapai hasil optimal dengan memberikan keuntungan dalam efisiensi biaya. Sebelum optimasi, estimasi biaya yang diperlukan adalah sebesar Rp79.453.200.000, jika dianalogikan dengan struktur biaya kereta penumpang. Setelah dilakukan optimasi, perkiraan keuntungan meningkat menjadi Rp401.120.400.000. Hasil ini membuktikan bahwa Algoritma Genetika efektif dalam menghasilkan solusi optimasi yang signifikan dalam konteks penghematan biaya dan peningkatan keuntungan.

4.3 Optimalisasi Penggunaan Gerbong Kereta Api dalam Perspektif Islam

Dalam QS Yasin ayat 41-42, Allah mengingatkan manusia tentang nikmat berupa sarana transportasi yang telah disediakan untuk mempermudah kehidupan mereka, baik di darat maupun di laut. Dalam konteks modern, transportasi menjadi elemen penting untuk mendukung kelancaran distribusi barang dan jasa. Efisiensi dalam pemanfaatan transportasi juga merupakan bentuk pengelolaan nikmat Allah yang dilakukan dengan rasa tanggung jawab. Hal ini relevan dengan peran manusia sebagai khalifah di bumi yang ditugaskan untuk menjaga dan memanfaatkan sumber daya secara optimal.

Kereta api, sebagai salah satu moda transportasi modern, adalah contoh nyata dari anugerah Allah yang memudahkan manusia dalam memenuhi kebutuhan distribusi. Dengan kemampuan membawa beban besar, menjangkau berbagai wilayah, dan menawarkan efisiensi waktu, kereta api memberikan solusi efektif dalam memenuhi kebutuhan logistik manusia. Namun, agar manfaatnya dapat dirasakan secara maksimal, diperlukan pengelolaan yang tepat dan efisien. Dalam hal ini, teknologi modern seperti Algoritma Genetika dapat digunakan untuk mencapai efisiensi tersebut.

Penerapan Algoritma Genetika, khususnya dengan metode seleksi *Roulette Wheel*, memungkinkan manusia untuk menemukan konfigurasi optimal dalam penggunaan gerbong kereta api. Algoritma ini bekerja dengan mengoptimalkan kapasitas gerbong sehingga distribusi barang dapat dilakukan secara lebih efisien. Upaya ini tidak hanya meningkatkan efisiensi logistik, tetapi juga mencerminkan nilai-nilai Islam, seperti memanfaatkan nikmat Allah dengan penuh tanggung jawab dan kesyukuran. Dengan demikian, penerapan Algoritma Genetika dalam konteks

ini menjadi salah satu bentuk ikhtiar manusia untuk menjaga dan mengelola sumber daya yang telah Allah anugerahkan. Hal ini juga sejalan dengan nilai-nilai yang diajarkan dalam QS Yasin, di mana manusia diajak untuk menggunakan segala karunia Allah secara bijaksana dan optimal demi kemaslahatan bersama.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini, konstruksi fungsi fitness dapat dikembangkan dan diimplementasikan, konstruksi rumus fungsi fitness yang efektif untuk optimasi penggunaan gerbong kereta api dengan menggunakan Algoritma Genetika. Fungsi fitness merupakan elemen kunci dalam mengevaluasi kualitas solusi yang dihasilkan dan memiliki peran yang signifikan dalam proses seleksi individu untuk generasi berikutnya. Melalui beberapa proses dalam algoritma genetika hasil

konstruksi fungsi fitness adalah
$$\mu(H, k) = \frac{\sum_{i=1}^{e(H,k)} f(x_i)}{\bar{F}_h + \bar{F}_p} \times 100\%$$

Hasil optimasi menggunakan Algoritma Genetika menunjukkan efisiensi yang signifikan dalam penggunaan gerbong kereta api untuk pengangkutan barang. Proses optimasi berhasil menemukan solusi optimal dalam 499 generasi, yang mengindikasikan bahwa distribusi barang di antara jenis gerbong 'Parcel Utara' dan 'Harina' telah berhasil dioptimalkan. Nilai fitness yang diperoleh dari lima kromosom menunjukkan variasi, dengan kromosom kelima mencapai nilai tertinggi, yaitu 894.4260273972603%. Ini menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut memenuhi target efisiensi maksimum dalam pengalokasian berat barang ke gerbong. Oleh karena itu, kromosom kelima dipilih sebagai konfigurasi terbaik dalam penggunaan gerbong kereta api.

Penerapan Algoritma Genetika dalam pengoptimalan gerbong kereta api sejalan dengan QS Yasin ayat 41-42, yang menekankan pentingnya memanfaatkan nikmat Allah secara bijaksana. Kereta api, sebagai anugerah transportasi modern,

mendukung efisiensi distribusi barang. Dengan Algoritma Genetika, konfigurasi optimal tercapai, mencerminkan ikhtiar manusia dan tanggung jawab sebagai pengelola bumi.

5.2 Saran untuk Penelitian Lanjutan

Untuk memberikan visualisasi yang lebih jelas, pembuatan grafik perkembangan fitness pada setiap generasi juga direkomendasikan, guna mengidentifikasi adanya tren peningkatan atau stagnasi. Selain itu, membandingkan hasil ini dengan metode optimasi lainnya dapat memperkuat argumen bahwa Algoritma Genetika yang diterapkan lebih efisien dalam mencapai tujuan optimasi. Secara keseluruhan, implementasi Algoritma Genetika dengan seleksi *Roulette Wheel* ini dapat dianggap berhasil dalam mengoptimalkan penggunaan gerbong kereta api untuk kategori "Parcel Utara" dan "Harina" sesuai dengan tujuan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Miftahul, Fauzi Helmi, and Dafiq Fajri Alamsyah. "Analisis Pola Asosiasi Penjualan Produk Ritel dengan Platform Google Colab." *Justify: Jurnal Sistem Informasi Ibrahimy* 3, no. 1 (August 13, 2024): 74–85. <https://doi.org/10.35316/justify.v3i1.5569>.
- Arkeman, Y., Seminar, K. B., & Gunawan, H. (2012). *Algoritma Genetika: Teori dan Aplikasinya untuk Bisnis dan Industri*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Al-Qarni, Aidh (2016). *Tafsir al-Muyassar* (Terj.). Riyadh: Kementerian Urusan Islam, Dakwah, dan Bimbingan Islam Arab Saudi.
- Cerf, R. (2017). *The Quasispecies Regime for the (Simple Genetic Algorithm with Roulette Wheel Selection. Advances in Applied Probability*, 493), 903–926. <https://doi.org/10.1017/apr.2017.26>
- Fauzi, A., Hendro Pudjiantoro, T., & Rakhmat Umbara, F. (2022). Optimalisasi Penggunaan Gerbong Kelas Kereta Api Penumpang Menggunakan Algoritma Genetika. *Journal of Information Technology*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.47292/joint.v4i1.71>
- Hamka. (2015). *Tafsir Al-Azhar* (Vol. 8). Retrieved from https://ia601303.us.archive.org/29/items/Tafsir_Al_Azhar/Tafsir%20Al-Azhar%2008.pdf
- Firdaus Mahmudy, W. (2014). Optimasi Penjadwalan *Two-Stage Assembly Flowshop* Menggunakan Algoritma Genetika yang Dimodifikasi. Program Studi Ilmu Komputer, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang. Retrieved from <https://wayanfm@ub.ac.id>
- Kementrian Agama, RI.(2022). *Al-Quran Al-Karim*. Kemenag.
- Lipowski, A., & Lipowska, D. (2017). *Roulette-Wheel Selection Via Stochastic Acceptance. Journal of Computational Physics*, 334, 61-71. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2017.02.038>
- Nazarius, A., Pratama, R. D., Soebagijo, R. A., Priskila, R., & Pranatawijaya, V. H. (2024). Pengimplementasian algoritma genetika dalam sistem penjadwalan praktikum. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(3), xx-xx. Universitas Palangka Raya.
- Number Generator. (n.d.). *Permutations and combinations generator*. Retrieved from: <https://numbergenerator.org/permutations-and-combinations>
- PT Kereta Api Indonesia (Persero). (Tahun). KAI Access (Versi Aplikasi). [Mobile App]. Diunduh dari <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kai.kaiticketing>
- Qian, W., Chai, J., Xu, Z., & Zhang, Z. (2020). *Differential Evolution Algorithm with Multiple Mutation Strategies Based on Roulette Wheel Selection. Applied Soft Computing*, 90, 106146. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106146>

- Sain, Yuliyannah, Aynun Andriani, and Nahla Nurhidayah. "Pelatihan Dasar Menganalisis Data Dengan Menggunakan Google Colab Di SMA Muhammadiyah Kendari." *Kreatif: Jurnal Pengabdian Masyarakat Nusantara* 3, no. 1 (February 24, 2023): 01–08. <https://doi.org/10.55606/kreatif.v3i1.1163>.
- Setiawati, C. L., Gani, T. A., & Away, Y. (2019). Studi Pengaruh Hibridisasi Seleksi *Roulette Wheel* dengan *Tournament Selection* Menggunakan Algoritma Berevolusi pada TSP. *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, 2(1), 26–30. <https://doi.org/10.32672/jnkti.v2i1.1053>
- Setiawan, J., Herwindiati, D. E., & Sutrisno, T. (2019). *Algoritma Genetika* dengan *Roulette Wheel Selection* dan *Arithmetic Crossover* untuk Pengelompokan. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi*, 7(1), 58–64. <https://doi.org/10.24912/jiksi.v7i1.5882>.
- Yu, X. (2022). *Construction of a Mathematical Model Based on a Genetic Algorithm for an Aptitude Program in High School Student Optimization*. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 28(5), 446. doi: 10.1590/1517-8692202228052021_0537.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Tonase Angkutan Barang 2023

https://drive.google.com/drive/folders/1Usj58jO61AuaeyZuVQiiXg6mXRjBLX_z?usp=drive_link

Tabel 1 Cuplikan Data pada Januari 2023

No Sa	Tgl Sa	Jenis H	Nama Custome	Stasiun	Stasiun	Jenis P	No Ma	Stasiun	Nama K	No Ka	Stasiun	Tgl Keb	Custom	Jenis C	No Sar	volume	satuan	banyak	satuan
SA000015	2023-01-1 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	BBT	Didepan	MN00638	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-16	Kiriman Hantar	13	Kg	1	Koli			
SA000025	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	BD	Didepan	MN00001	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-03	Kiriman H B00819	3279	Kg	244	Koli			
SA000035	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	CKP	Didepan	MN00002	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-03	Kiriman H B00819	29	Kg	2	Koli			
SA000035	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	CN	Didepan	MN00003	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-03	Kiriman H B00819	908	Kg	71	Koli			
SA000045	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	TG	Didepan	MN00004	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-03	Kiriman H B00819	700	Kg	34	Koli			
SA000055	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	PK	Didepan	MN00005	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-03	Kiriman H B00819	26	Kg	6	Koli			
SA000065	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	SMT	Didepan	MN00006	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-03	Kiriman H B00819	849	Kg	46	Koli			
SA000075	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	CU	Didepan	MN00007	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-03	Kiriman H B00819	241	Kg	21	Koli			
SA000085	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	BJ	Didepan	MN00008	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-03	Kiriman H B00819	751	Kg	57	Koli			
SA000095	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	BBT	Didepan	MN00009	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-03	Kiriman H B00819	94	Kg	4	Koli			
SA000105	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	NBO	Didepan	MN00010	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-03	Kiriman H B00819	1	Kg	1	Koli			
SA000115	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	CN	Didepan	MN00011	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-03	Kiriman H B00819	908	Kg	71	Koli			
SA000701	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	NBO	Didepan	MN00070	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-04	Kiriman H B00820	5	Kg	1	Koli			
SA000711	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	BBT	Didepan	MN00071	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-04	Kiriman H B00820	4	Kg	1	Koli			
SA000725	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	BJ	Didepan	MN00072	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-04	Kiriman H B00820	130	Kg	3	Koli			
SA000735	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	CU	Didepan	MN00073	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-04	Kiriman H B00820	100	Kg	1	Koli			
SA000745	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	SMT	Didepan	MN00074	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-04	Kiriman H B00820	967	Kg	64	Koli			
SA000755	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	TG	Didepan	MN00075	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-04	Kiriman H B00820	11	Kg	3	Koli			
SA000765	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	CN	Didepan	MN00076	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-04	Kiriman H B00820	195	Kg	8	Koli			
SA000775	2023-01-0 HO	PT KARUNIA INDA	SBI	CKP	Didepan	MN00077	SBI	Harina 1	123A	SBI	2023-01-04	Kiriman H B00820	232	Kg	10	Koli			

Lampiran 2 Hasil *Cleaning* Data

https://drive.google.com/drive/folders/1lVSS7Pz5xo9_Nv7fOHnM4HSWltLBjYq?usp=sharing

Tabel 2 Cuplikan Hasil *Cleaning* Data pada Tahun 2023

Nama KA	BBT	BD	BJ	CKP	CN	CNP	CU	JAKG	JTB	NBO	PK	SMT	TG
Harina	6559 kg	224306 kg	8085 kg	17701 kg	25120 kg	0 kg	4596 kg	0 kg	0 kg	1862 kg	9542 kg	47843 kg	7398 kg
Parcel Utara	42052 kg	2503 kg	52916 kg	58908 kg	0 kg	184796 kg	22081 kg	6185284 kg	12848 kg	1203 kg	77889 kg	448959 kg	67807 kg

Lampiran 3 Codingan menggunakan Google Colab

```
# from google.colab import drive
# drive.mount('/content/drive')
```

Import Library

```
!pip install openpyxl
Collecting openpyxl
  Downloading openpyxl-3.1.5-py2.py3-none-any.whl.metadata (2.5 kB)
Collecting et_xmlfile (from openpyxl)
  Downloading et_xmlfile-2.0.0-py3-none-any.whl.metadata (2.7 kB)
Downloading openpyxl-3.1.5-py2.py3-none-any.whl (250 kB)
```

```
250.9/250.9 kB 4.0 MB/s eta 0:00:00
Downloading et_xmlfile-2.0.0-py3-none-any.whl (18 kB)
Installing collected packages: et_xmlfile, openpyxl
Successfully installed et_xmlfile-2.0.0 openpyxl-3.1.5
```

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
import os
import tqdm
np.random.seed(42)
```

Inisialisasi Fungsi

```
# Function to calculate the fitness of a chromosome
def objective_function(chromosome, data):
    fitness = 0;
    for gen in chromosome:
        x0 = gen.split(' - ')[1]
        x1 = gen.split(' - ')[0]
        y = data.loc[x0, x1]
        fitness = fitness + y
    fitness = fitness / (7300000 *1 + 7300000 *10) 100
    return fitness

# Function to calculate the fitness of each chromosome
def calculate_fitness(population, data):
    fitness = []
    for id in population.index:
        chromosome = population.loc[id].to_numpy()
        fitness.append(objective_function(chromosome, data))
    return fitness

def roulette_wheel_selection(population, fitness,
is_first_generation=False):
    total_fitness = sum(fitness)
    probabilities = np.array([f / total_fitness for f in
fitness])
    cumulative_probabilities = np.cumsum(probabilities)
    if is_first_generation:
        random_numbers = np.array([0.998373550180239,
0.849883964658901, 0.679493164430749, 0.856350043674835,
0.136240067571701])
    else:
        random_numbers = np.random.rand(len(fitness))
    selected_parents = []
    for random_number in random_numbers:
        for i in range(len(cumulative_probabilities)):
            if random_number <= cumulative_probabilities[i]:
                selected_parents.append(i+1)
                break
    selection_result = population.copy()
    for i, selected_parent in enumerate(selected_parents):
        selection_result.iloc[i] =
population.loc['kromosom_'+str(selected_parent)]
```

```

    return [selection_result, probabilities,
            cumulative_probabilities, random_numbers]

# Function to perform Crossover between two parents
def Crossover(parents, Crossover_rate,
is_first_generation=False):
    num_parents = len(parents)
    if is_first_generation:
        random_numbers = np.array([0.28289457584737,
0.049275957774302, 0.135283994253198, 0.677030472999253,
0.771069388912772])
        Crossover_point = 5
    else:
        Crossover_point = np.random.randint(1,
len(parents.columns))
        random_numbers = np.array([np.random.rand() for i in
range(num_parents)])
        offspring = parents.copy()

    for i in range(0, num_parents - 1):
        for j in range(i+1, num_parents):
            parent_i = parents.iloc[i].to_numpy()
            parent_j = parents.iloc[j].to_numpy()

            if (random_numbers[i] < Crossover_rate) and
(random_numbers[j] < Crossover_rate):
                offspring_i =
np.concatenate([parent_i[:Crossover_point],
parent_j[Crossover_point:]])
                offspring_j =
np.concatenate([parent_j[:Crossover_point],
parent_i[Crossover_point:]])
                offspring.iloc[i] = offspring_i
                offspring.iloc[j] = offspring_j

    return [offspring, random_numbers, Crossover_point]

# Function to perform mutation on a chromosome
def mutation(offspring, mutation_rate,
is_first_generation=False):
    mutation_offspring = offspring.copy()
    num_index = len(offspring.index)
    num_columns = len(offspring.columns)
    num_mutation_point = int(np.ceil(mutation_rate * num_index
num_columns))
    if is_first_generation:

```

```

    mutation_point = [[0,1], [1,8], [2,3], [3,5], [3,12],
[4,0], [4,11]]
    else:
        mutation_point = [[np.random.choice(range(num_index)),
np.random.choice(range(num_columns))] for i in
range(num_mutation_point)]
    for r in mutation_point:
        target_cell = mutation_offspring.iloc[r[0], r[1]]
        nama_ka = target_cell.split(' - ')[0]
        if target_cell.split(' - ')[-1] == 'Harina':
            y = f'{nama_ka} - Parcel Utara'
        else:
            y = f'{nama_ka} - Harina'
        mutation_offspring.iloc[r[0], r[1]] = y
    return [mutation_offspring, mutation_point]

# Function to run main implementation of Genetic Algorithm
def run_ga (data, first_population, num_generation=500,
target=100, Crossover_rate=0.25, mutation_rate=0.1):
    population = first_population.copy()
    for i in tqdm.tqdm(range(num_generation)):
        evaluation_result = calculate_fitness(population, data)
        if max(evaluation_result) >= target:
            break
        selection_result, probabilities, cumulative_probabilities,
selection_random_numbers =
roulette_wheel_selection(population, evaluation_result, i==0)
        Crossover_result, Crossover_random_numbers,
Crossover_point = Crossover(selection_result, Crossover_rate,
i==0)
        mutation_result, mutation_point =
mutation(Crossover_result, mutation_rate, i==0)
        population = mutation_result
    return [population, evaluation_result, i]

```

Trial Implementation

Import Hasil Cleaning data

```

# @title Default title text

filepath = '/content/drive/Shareddrives/Skripsi Cetrin/Skripsi
Cetrin/Data Summary.xlsx'
data_summary = pd.read_excel(filepath, index_col=0)
data_summary

```

	BBT	BD	BJ	CKP	CN	CNP	CU	JAKG	JTB	NBO	PK	SMT	TG
Harina	6559	224306	8085	17701	25120	0	4596	0	0	1862	9542	47843	7398
Parcel Utara	42052	2503	52916	58908	0	184796	22081	6185284	12848	1203	77889	448959	67807

Gambar 1 Input data Summary

Inisialissi

```
filepath = '/content/drive/Shareddrives/Skripsi Cetrin/Skripsi
Cetrin/populasi_0.xlsx'
population = pd.read_excel(filepath, index_col=0)
population
```

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13
kromosom_1	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina
kromosom_2	BBT - Harina	BD - Harina	BJ - Harina	CKP - Parcel Utara	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
kromosom_3	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Utara
kromosom_4	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
kromosom_5	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Harina	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina

Gambar 2 Hasil Inisialisasi Google Colab

Evaluasi

```
evaluation_result = calculate_fitness(population,
data_summary)
```

```
evaluation_result
```

```
[0.9016210796443599,
0.9432208061820737,
1.074110534268869,
0.6811657721753516,
0.19958237432015435]
```

Seleksi

```
selection_result, probabilities, cumulative_probabilities,
selection_random_numbers =
roulette_wheel_selection(population, evaluation_result, True)
```

```
probabilities
```

```
array([0.2372874 , 0.24823556, 0.28268294, 0.17926828,
0.05252582])
```

```
cumulative_probabilities
```

```
array([0.2372874 , 0.48552297, 0.76820591, 0.94747418, 1.
])
```

```
selection_random_numbers
```

```
array([0.99837355, 0.84988396, 0.67949316, 0.85635004,
0.13624007])
```

```
selection_result
```

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13
kromosom_1	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Harina	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina
kromosom_2	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
kromosom_3	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Utara
kromosom_4	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
kromosom_5	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina

Gambar 3 Hasil Seleksi Google Colab

Crossover

```
Crossover_result, Crossover_random_numbers, Crossover_point =
Crossover(selection_result, 0.25, True)
```

```
Crossover_random_numbers
array([0.28289458, 0.04927596, 0.13528399, 0.67703047,
0.77106939])
Crossover_result
```

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13
kromosom_1	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Harina	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina
kromosom_2	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Utara
kromosom_3	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
kromosom_4	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
kromosom_5	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina

Gambar 4 Hasil Crossover Google Colab

Mutasi

```
[mutation_result, mutation_point] = mutation(Crossover_result,
0.1, True)
mutation_result
```

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13
kromosom_1	BBT - Harina	BD - Harina	BJ - Harina	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Harina	TG - Harina
kromosom_2	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Harina	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Harina	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Utara
kromosom_3	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Parcel Utara	CN - Harina	CNP - Harina	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Harina
kromosom_4	BBT - Parcel Utara	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Parcel Utara	CNP - Parcel Utara	CU - Harina	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Harina	PK - Parcel Utara	SMT - Harina	TG - Parcel Utara
kromosom_5	BBT - Harina	BD - Harina	BJ - Parcel Utara	CKP - Harina	CN - Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Harina	JTB - Parcel Utara	NBO - Parcel Utara	PK - Harina	SMT - Parcel Utara	TG - Harina

Gambar 5 Hasil Mutasi Google Colab

```
mutation_point
```



```
[[0, 1], [1, 8], [2, 3], [3, 5], [3, 12], [4, 0], [4, 11]]
Crossover_result == mutation_result
```

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13
kromosom_1	True	False	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True
kromosom_2	True	True	True	True	True	True	True	True	False	True	True	True	True
kromosom_3	True	True	True	False	True	True	True	True	True	True	True	True	True
kromosom_4	True	True	True	True	True	False	True	True	True	True	True	True	False
kromosom_5	False	True	True	True	True	True	True	True	True	True	True	False	True

Gambar 6 Cek Hasil Mutasi Google Colab

Main Implementation

```
# Import data
filepath = '/content/drive/Shareddrives/Skripsi Cetrin/Skripsi
Cettrin/Data Summary.xlsx'
data_summary = pd.read_excel(filepath, index_col=0)

# Import first population
filepath = '/content/drive/Shareddrives/Skripsi Cetrin/Skripsi
Cettrin/populasi_0.xlsx'
population = pd.read_excel(filepath, index_col=0)

# Run Genetics Algorithm
[final_population, evaluation_result, num_generation] =
run_ga(data_summary, population, num_generation=500)
100%|██████████| 500/500 [00:04<00:00, 100.04it/s]
```

```
final_population
```

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13
kromosom_1	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Utara	CKP - Parcel Utara	CN - Parcel Utara	CNP - Parcel Harina	CU - Parcel Harina	JAKG - Parcel Utara	JTB - Parcel Harina	NBO - Parcel Utara	PK - Parcel Harina	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Harina
kromosom_2	BBT - Harina	BD - Parcel Harina	BJ - Parcel Harina	CKP - Parcel Utara	CN - Parcel Utara	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Parcel Utara	JTB - Parcel Harina	NBO - Parcel Utara	PK - Parcel Harina	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Harina
kromosom_3	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Harina	CKP - Parcel Utara	CN - Parcel Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Harina	JAKG - Parcel Harina	JTB - Parcel Harina	NBO - Parcel Utara	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Harina
kromosom_4	BBT - Harina	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Harina	CKP - Parcel Utara	CN - Parcel Utara	CNP - Parcel Harina	CU - Parcel Harina	JAKG - Parcel Utara	JTB - Parcel Harina	NBO - Parcel Utara	PK - Parcel Harina	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Harina
kromosom_5	BBT - Parcel Utara	BD - Parcel Utara	BJ - Parcel Harina	CKP - Parcel Harina	CN - Parcel Harina	CNP - Parcel Utara	CU - Parcel Utara	JAKG - Parcel Utara	JTB - Parcel Harina	NBO - Parcel Utara	PK - Parcel Utara	SMT - Parcel Utara	TG - Parcel Harina

Gambar 7 Hasil Populasi Akhir

```
num_generation
499
```

```
evaluation_result
[8.440682440846825,
 7.970445828144459,
 8.482910336239105,
 8.660926525529264,
 8.944260273972603]
```

RIWAYAT HIDUP



Cetrin Aprilia, biasa dipanggil Cen, lahir di Pasuruan, 19 April 2003. Penulis merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Hartiyono dan Ibu Ngatini. Penulis bertempat tinggal di Kecamatan Gempol, Kabupaten Pasuruan.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri Karangrejo II (2009-2015), SMP Negeri I Beji (2015-2018), MA Negeri 1 Pasuruan (2018-2021). Selanjutnya penulis menempuh pendidikan tinggi di Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang pada tahun 2021 melalui jalur SNMPTN.

Selama menempuh pendidikan tinggi, penulis mengikuti organisasi HMPS “Integral” Matematika sebagai anggota divisi Eksternal Public Relation, Nimas Fakultas Sains dan Teknologi 2023 (Duta Fakultas) (2023-2024), menjadi Sekertaris Matematika angkatan 2021. Selain itu, penulis juga aktif di kegiatan eksternal seperti IKAHIMATIKA Indonesia Wilayah V sebagai Wakil Kepala Divisi pada setengah periode selanjutnya penulis naik jabatan menjadi Kepala Divisi Kewirausahaan (2023-sekarang), Relawan Komunitas Belajar Al-Qur’an Braile Malang selama beberapa bulan di tahun 2022, dan menjadi Pengurus ORMADA IMAPAS sebagai Kepala Divisi Humas (2022-Sekarang). Penulis juga pernah menjadi asisten labolatorium Praktikum Analisis Numerik selama satu semester, serta menjadi tentor privat matematika (2023-sekarang). Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: cenapril.2003@gmail.com



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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Cetrin Aprilia
NIM : 210601110004
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : Modifikasi Algoritma Genetika dengan *Roulette Wheel*
untuk Optimalisasi Penggunaan Gerbong Kereta Api
Pembimbing I : Juhari, M.Si.
Pembimbing II : Ach. Nashichuddin, M.A.

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	5 Mei 2024	Konsultasi Topik dan Data	1.
2.	1 Juni 2024	Konsultasi Bab I, II, dan III	2.
3.	1 Agustus 2024	Konsultasi Bab I, II, dan III	3.
4.	18 September 2024	ACC Bab I, II, dan III	4.
5.	15 September 2024	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	5.
6.	17 September 2024	ACC Kajian Agama Bab I dan II	6.
7.	20 September 2024	ACC Seminar Proposal	7.
8.	29 September 2024	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	8.
9.	10 Oktober 2024	Konsultasi Bab IV dan V	9.
10.	25 Oktober 2024	ACC Bab IV dan V	10.
11.	2 November 2024	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	11.
12.	4 November 2024	ACC Kajian Agama Bab IV	12.
13.	6 November 2024	ACC Seminar Hasil	13.
14.	15 November 2024	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	14.
15.	18 Februari 2024	ACC Sidang Skripsi	15.



**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

16.	25 Februari 2024	ACC Keseluruhan	16. 
-----	------------------	-----------------	---

Malang, 25 Februari 2025

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc.

NIP. 19741129 200012 2 005