

PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK PENYORTIRAN RUTE DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI PENGIRIMAN KURIR

IMPLEMENTATION OF GENETIC ALGORITHM FOR ROUTE SORTING TO IMPROVE COURIER DELIVERY EFFICIENCY

Ryandita Aria Permana¹, Esa Fauzi²

Program Studi S1 Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama^{1,2}

ryandita.aria@widyatama.ac.id¹, esa.fauzi@widyatama.ac.id²

ABSTRACT

In the logistics delivery process, route efficiency plays a crucial role in both travel time and courier operational costs. An inefficient delivery sequence can result in wasted resources, decreased productivity, and customer dissatisfaction. This study aims to develop a system that can automatically sort delivery routes to enhance courier efficiency. A Genetic Algorithm is employed to determine the most optimal delivery order based on total travel distance. Each delivery point is represented as a node in a graph, with distances between locations obtained through integration with the Google Maps API. During the optimization process, the Genetic Algorithm begins by generating an initial population of random delivery sequences, then gradually refines them through selection, crossover, and mutation to arrive at the best possible solution. Test results indicate that the selection of the optimal route yielded a fitness value of 0.07722604, with a total travel distance of 12.95 km and an estimated duration of approximately 46.08 minutes. Therefore, the system is capable of producing delivery routes that are significantly more efficient than manually planned ones.

Keywords: Genetic Algorithm, Route Sorting, Delivery Efficiency, Courier, Google Maps API

ABSTRAK

Dalam proses pengiriman barang, efisiensi rute sangat berpengaruh terhadap waktu tempuh dan biaya operasional kurir. Penentuan urutan pengiriman yang tidak optimal dapat menyebabkan pemborosan sumber daya, menurunkan produktivitas, serta menimbulkan ketidakpuasan konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah sistem yang mampu melakukan penyortiran rute pengiriman secara otomatis guna meningkatkan efisiensi kerja kurir. Algoritma Genetika digunakan untuk mencari urutan pengiriman dengan jarak tempuh total yang paling optimal. Setiap lokasi pengantaran direpresentasikan sebagai titik dalam suatu graf, dan jarak antar lokasi diperoleh melalui integrasi dengan *Google Maps API*. Dalam proses optimasi, Algoritma Genetika bekerja dengan membentuk populasi awal berupa urutan pengiriman acak, kemudian melakukan seleksi, *crossover*, dan mutasi untuk menghasilkan solusi terbaik secara bertahap. Hasil pengujian menunjukkan pemilihan rute terbaik memiliki nilai *fitness* 0.07722604 dengan total jarak tempuh 12.95 km dan durasi sekitar 46.08 menit. Dengan demikian, sistem yang dibangun mampu menghasilkan urutan pengiriman yang lebih efisien dibandingkan penyusunan rute secara manual.

Kata kunci: Algoritma Genetika, Penyortiran Rute, Efisiensi Pengiriman, Kurir, *Google Maps API*

PENDAHULUAN

Efisiensi rute menjadi faktor penting yang mempengaruhi waktu tempuh dan biaya operasional kurir dalam pengiriman barang. Urutan pengiriman yang tidak optimal sering kali menyebabkan pemborosan sumber daya dan penurunan produktivitas. Berdasarkan laporan *Statistik Pergudangan, Ekspedisi, dan Kurir 2024* yang dirilis Badan Pusat Statistik

(BPS) pada 11 Februari 2025, layanan pengiriman reguler masih mendominasi sebesar 51.79%, dibanding layanan ekspres (27.47%) atau ekonomis (14.16%). Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar konsumen dan pelaku usaha masih mengandalkan jalur distribusi dengan waktu tempuh yang relatif lebih lama. Selain itu, sebanyak 93.69% perusahaan ekspedisi dan kurir di Indonesia

tergolong dalam skala usaha kecil hingga menengah (pendapatan di bawah 15 miliar rupiah per tahun), yang kemungkinan besar memiliki keterbatasan dalam sumber daya untuk melakukan optimasi rute secara sistematis. Meskipun terdapat sekitar 83.44% perusahaan ekspedisi dan kurir di Indonesia yang sudah menerapkan Sistem Informasi Teknologi pada operasional dan proses pengiriman paket/barang (Badan Pusat Statistik, 2024), namun pada laporan tersebut tidak mengindikasikan adanya penggunaan teknologi berbasis algoritma untuk menyusun rute pengiriman yang efisien.

Permasalahan ini semakin kompleks ketika jumlah titik tujuan pengiriman bertambah banyak dan tersebar di berbagai lokasi dengan kondisi lalu lintas yang bervariasi. Urutan pengiriman yang tidak optimal sering kali menyebabkan pemborosan sumber daya dan penurunan produktivitas. Apalagi penentuan urutan pengiriman yang dilakukan secara manual memerlukan waktu yang lebih lama dan sering kali menimbulkan ketidakefisienan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah pendekatan Algoritma Genetika mampu menentukan rute pengiriman secara sistematis dan efisien?
2. Seberapa efektif Algoritma Genetika dalam menyelesaikan permasalahan *Travelling Salesman Problem* (TSP) pada kasus optimasi rute untuk pengiriman barang oleh kurir?

Algoritma Genetika merupakan algoritma *metaheuristik* yang meniru proses evolusi alam untuk menemukan solusi optimal dalam ruang pencarian yang kompleks. Dalam konteks pengiriman barang, Algoritma Genetika dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *Travelling Salesman Problem* (TSP), yaitu menentukan urutan kunjungan ke sejumlah lokasi dengan jarak tempuh total yang minimal.

Beberapa penelitian telah berhasil menerapkan Algoritma Genetika untuk optimasi rute pengiriman. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Anang Hidayat & Herdiesel Santoso*, 2024). Menunjukkan

bahwa Algoritma Genetika efektif dalam memberikan rekomendasi rute pengiriman pesanan di Resto Pak Lanjar Sleman dengan mempertimbangkan jarak dan waktu tempuh yang lebih akurat serta berdasarkan kondisi lalu lintas *real-time* dengan bantuan *Google Maps API*. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh (Salsabila & Ramadhani, 2025). Pendekatan *metaheuristik* Algoritma Genetika untuk optimasi rute pengiriman, menunjukkan bahwa metode ini dapat memberikan solusi yang kompetitif dibandingkan dengan metode konvensional serta memiliki keunggulan dalam efisiensi waktu komputasi.

Adapun penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Hani Zulfia Zahro' & Santi Wahyuni, 2020). Implementasi metode Algoritma Genetika untuk mengetahui efektifitas antara metode Algoritma Genetika dalam penentuan rute pengantaran paket diperoleh simpulan rute terpendek adalah kromosom yang mempunyai nilai fitness terkecil. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Ramadhan dkk., 2023). Dalam menentukan jarak optimal untuk menentukan jarak minimum pada jasa pengiriman barang menggunakan metode Algoritma Genetika dengan metode kromosom dan jumlah populasi. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Yusril Adil Hidayat dkk., 2023). Membahas permasalahan serupa di salah satu sektor perkebunan di daerah Mojokerto yaitu terkait pendistribusian buah kelapa ke pasar tradisional, mereka berhasil memperoleh hasil rute optimal dengan metode Algoritma Genetika.

Selain itu, pada penelitian yang dilakukan oleh (Tohari & Astuti, 2023). Penerapan Algoritma Genetika terhadap pencarian rute terpendek di PT. POS cabang Lamongan terbukti dengan bantuan *Google Maps* dapat menghemat waktu dan biaya dalam pencarian jarak antar lokasi *drop point* sehingga menghasilkan solusi yang baik dan optimal. Penelitian pada instansi yang sama dilakukan juga oleh (Ihsani dkk., 2022). Penelitian ini dilakukan di kantor POS daerah Wates Yogyakarta, yaitu pencarian rute terpendek dengan metode Algoritma Genetika berhasil

diperoleh setelah melakukan 5 kali proses *generate* pada sistem. Jika lebih banyak generasi dan kromosom yang dibangkitkan maka membutuhkan waktu pemrosesan yang lebih lama dan pemakaian memori pada sistem akan lebih banyak.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Pratiwi dkk., 2023). Biaya transportasi berhasil dipangkas serta penentuan rute terbaik dalam pendistribusian produk wafer di daerah Karawang berhasil diperoleh menggunakan Algoritma Genetika. Dan pada penelitian yang dilakukan oleh (Fatikawati & Nurul Huda, 2023), menunjukkan implementasi Algoritma Genetika dapat menjadi solusi untuk permasalahan rute terpendek pada perusahaan PT. J&T Express Samarinda dengan bantuan *Google Maps* untuk memperoleh data jarak tempuh dari titik J&T pada peta.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem yang mengimplementasikan Algoritma Genetika guna menyortir rute pengiriman yang optimal secara otomatis dengan memanfaatkan data jarak antar lokasi yang diperoleh melalui integrasi *Google Maps API*. Sistem ini dirancang agar kurir tidak perlu lagi merencanakan rute secara manual, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi beban kognitif. Diharapkan, aplikasi ini menjadi solusi praktis bagi perusahaan logistik dalam meningkatkan efisiensi operasional dan keandalan proses pengiriman.

Jasa Ekspedisi

Jasa ekspedisi adalah komponen penting dalam sistem logistik modern yang menyediakan proses pengiriman barang dari satu lokasi ke lokasi lainnya, baik dalam skala lokal, nasional, maupun internasional. Perusahaan yang bergerak di bidang ini bertanggung jawab atas pengangkutan, pengelolaan, dan distribusi barang dari pengirim (pengguna jasa) ke penerima sesuai dengan waktu dan tempat yang ditentukan. Oleh karena itu, jasa ekspedisi memiliki peran vital dalam rantai pasok (*supply chain*), khususnya dalam bidang logistik dan perdagangan (Siahaan dkk., 2024).

Namun, seiring tingginya volume pengiriman, tantangan seperti keterlambatan, kesalahan rute, dan efisiensi operasional pun meningkat. Di sinilah teknologi dan algoritma seperti Algoritma Genetika berperan untuk membantu menyusun rute pengiriman yang optimal agar proses pengiriman lebih efisien (Hani Zulfia Zahro' & Santi Wahyuni, 2020).

Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan salah satu metode pencarian solusi terbaik yang terinspirasi dari proses evolusi makhluk hidup. Pendekatan ini pertama kali dikenalkan oleh John Holland pada tahun 1975, dan hingga kini masih banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi, termasuk dalam penyusunan rute pengiriman barang (Hester Patmawati & Yohanes Anton Nugroho, 2022). Permasalahan kompleks seperti *Travelling Salesman Problem* (TSP), yaitu masalah di mana kita harus menemukan urutan kunjungan ke beberapa lokasi dengan jarak tempuh total paling pendek dapat dengan mudah dicarikan solusi mendekati optimal menggunakan Algoritma Genetika.

Adapun salah satu pendekatan yang sering digunakan dalam permasalahan TSP ini adalah Algoritma *Greedy*, yaitu metode pencarian solusi yang selalu memilih opsi terbaik secara lokal pada setiap langkah iterasi dengan asumsi bahwa optimum lokal merupakan bagian dari optimum global. Meskipun waktu pemrosesan yang dibutuhkan lebih cepat, namun tidak menjamin akan menemukan solusi terbaik apalagi jika terdapat banyak *node* yang bercabang (Oktaviandi dkk., 2019).

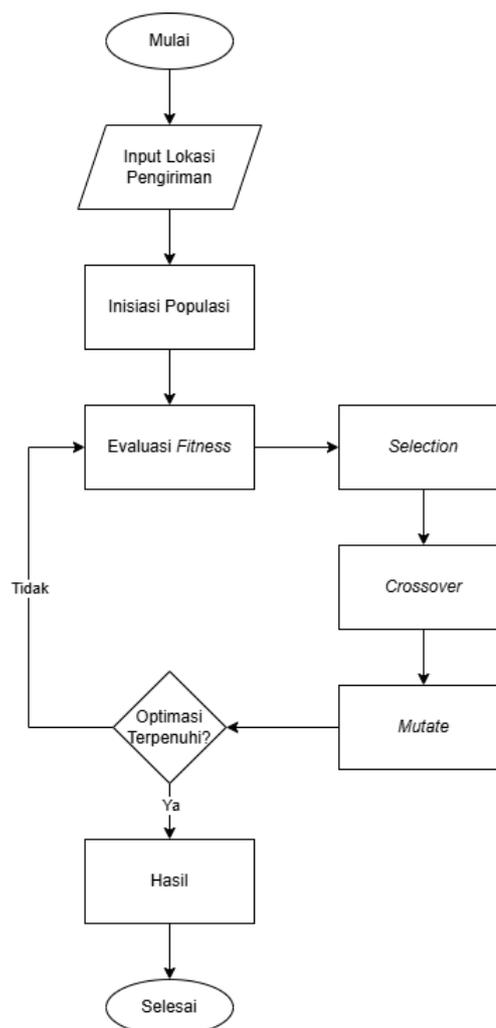
Selain Algoritma *Greedy*, ada juga pendekatan lainnya yang bisa digunakan untuk permasalahan TSP, yaitu Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). Algoritma ACO diadopsi dari perilaku semut dalam mencari jalur, sebagai simulasi multi agen yang menggunakan metafora semut alami untuk memecahkan masalah ruang fisik. Semut dapat membangun jalur dari sarang ke sumber makanan dan kemudian kembali ke sarang melalui jalur tercepat. Perbandingan Algoritma ACO dengan Algoritma Genetika terletak pada waktu pemrosesannya, dimana Algoritma

Genetika membutuhkan waktu lebih sedikit untuk ukuran data menengah-besar (Alexander & Sriwindono, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa Algoritma Genetika lebih fleksibel dan efisien dalam menangani data input yang lebih banyak dan dinamis.

Cara kerja Algoritma Genetika pada dasarnya melalui langkah-langkah umum sebagai berikut:

1. **Inisialisasi:** Proses dimulai dengan membuat sejumlah solusi acak. Setiap solusi (disebut kromosom) merepresentasikan urutan lokasi pengiriman yang mungkin.
2. **Evaluasi Fitness:** Hitung nilai *fitness* untuk setiap individu, misalnya berdasarkan total jarak tempuh dari rute tersebut (semakin kecil jarak, semakin tinggi nilai *fitness*).
3. **Selection:** Memilih individu-individu terbaik berdasarkan nilai *fitness* untuk dijadikan induk (*parent*) menggunakan metode *roulette wheel selection* (Orindi & Bahtiar, 2019).
4. **Crossover:** Lakukan pertukaran gen antar induk untuk menghasilkan keturunan baru. Teknik *crossover* yang umum digunakan untuk kasus TSP adalah *Order Crossover* (OX) atau *Partially Mapped Crossover* (PMX). Teknik ini terbukti efektif dalam penelitian yang dilakukan oleh (Naufal & Hasibuan, 2025).
5. **Mutasi:** Lakukan perubahan kecil pada kromosom untuk menjaga keragaman populasi dan mencegah konvergensi prematur, misalnya dengan menukar posisi dua titik dalam rute (Gotami dkk., 2020).
6. **Evaluasi dan Seleksi Generasi Baru:** Gabungkan individu lama dan baru, lalu pilih individu terbaik untuk membentuk populasi generasi berikutnya.
7. **Terminasi:** Ulangi langkah 2–6 hingga kondisi terminasi tercapai (misalnya jumlah generasi maksimum atau tidak ada perbaikan nilai *fitness* selama beberapa generasi).

Berdasarkan langkah-langkah di atas, maka digambarkan alur proses pada Algoritma Genetika adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Alur proses Algoritma Genetika

Struktur Data Graf

Graf adalah struktur data yang terdiri dari simpul (*nodes*) dan sisi (*edges*), yang bisa berbobot atau tidak. Dalam konteks penelitian ini, simpul mewakili lokasi tujuan pengiriman, sedangkan sisi menggambarkan jarak antar lokasi. Untuk menyelesaikan masalah penentuan rute terbaik, struktur graf digunakan sebagai dasar representasi permasalahan dalam algoritma optimasi seperti Algoritma Genetika (Massalesse, 2019).

Algoritma Genetika tidak melakukan pencarian jalur secara langsung dari simpul ke simpul, melainkan menggunakan struktur kromosom yang merepresentasikan urutan kunjungan ke seluruh lokasi. Namun, Algoritma Genetika tetap membutuhkan data jarak antar lokasi yang umumnya diambil dari

adjacency matrix sebagai basis evaluasi *fitness* untuk setiap solusi.

Go (Bahasa Pemrograman)

Go adalah bahasa pemrograman *opensource* yang dikembangkan oleh tim Google. Pada bahasa pemrograman *Go*, tetap mempertahankan kekuatan bahasa pemrograman sebelumnya seperti keluarga *C* dan memadukannya dengan kenyamanan menggunakan bahasa pemrograman modern saat mengembangkan aplikasi.

Kelebihan bahasa pemrograman *Go*, yaitu (Mamin, 2020):

1. Gaya sintaks lebih sederhana sehingga mudah dipelajari.
2. Lebih cepat, *Go* dikompilasi ke dalam kode mesin sehingga kecepatannya dapat melampaui bahasa pemrograman lain yang bekerja menggunakan *virtual runtime*.
3. Memiliki *concurrency*. *Concurrency* adalah kemampuan program untuk terbagi menjadi bagian-bagian lebih kecil yang bisa berfungsi sendiri.
4. Memperbaiki kekurangan dari bahasa pemrograman yang sudah ada, *Go* dilengkapi dengan sejumlah fungsi mutakhir sehingga dapat mengatasi masalah pada bahasa pemrograman lainnya.

Google Maps API

Google Maps API adalah seperangkat layanan pemetaan yang disediakan oleh Google untuk memungkinkan pengembang mengintegrasikan peta, data geografis, dan layanan navigasi ke dalam aplikasi *web* atau *mobile*. API ini menyediakan berbagai fitur seperti pemetaan lokasi, perhitungan jarak antar titik, pemetaan rute, dan informasi lalu lintas secara *real-time*, yang sangat relevan untuk sistem pengiriman berbasis lokasi (Google Developers, 2024).

Dalam konteks penelitian ini, *Google Maps API* digunakan untuk mendukung penerapan Algoritma Genetika dalam optimasi rute pengiriman, yaitu:

1. **Geocoding lokasi tujuan**, untuk mengubah alamat pengiriman menjadi koordinat geografis (*latitude* dan *longitude*), sehingga

setiap lokasi dapat direpresentasikan secara akurat dalam proses komputasi algoritma.

2. **Penghitungan jarak antar titik pengantaran**, data jarak ini disusun dalam bentuk matriks dan menjadi input penting dalam proses evaluasi *fitness* setiap solusi (kromosom) dalam Algoritma Genetika.
3. **Visualisasi rute hasil optimasi**, untuk membantu kurir memahami dan mengikuti rute pengiriman yang telah dioptimalkan dalam bentuk peta.

Dalam penelitian (Gusti dkk., 2023), fitur-fitur seperti pengelolaan data kelompok, titik pengantaran, dan perhitungan rute terpendek pada *Google Maps API* dapat di-integrasikan pada sistem yang digunakan serta dimanfaatkan dengan baik pada metode Algoritma Genetika. Hasilnya telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi perhitungan rute dan waktu tempuh secara signifikan dalam skenario pengiriman.

Adapun penelitian yang dilakukan oleh (Santoso & Sanuri, 2019), integrasi *Google Maps API* dengan aplikasi dapat menghasilkan rute tercepat berdasarkan kondisi *real-time* lalu lintas pada saat pengguna menggunakan aplikasi tersebut.

Keunggulan utama dari penggunaan *Google Maps API* adalah:

- **Data *real-time*** yang akurat, termasuk kondisi lalu lintas.
- **Skalabilitas** dan dokumentasi yang lengkap.
- **Integrasi yang mudah** dengan berbagai bahasa pemrograman, termasuk *Go* (melalui *HTTP request* ke *endpoint* API).

Namun, penggunaan API ini juga memiliki batasan, seperti:

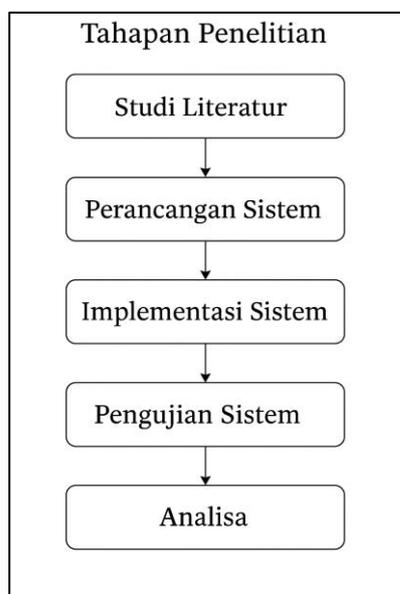
- **Kuota harian dan biaya** penggunaan jika melebihi batas gratis.
- **Ketergantungan terhadap koneksi internet** dan layanan Google.

Penggunaan *Google Maps API* akan dipadukan dengan Algoritma Genetika untuk melakukan perhitungan rute tercepat berdasarkan jarak atau waktu antar titik-titik pengantaran.

METODE

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur dengan tujuan untuk mengimplementasikan Algoritma Genetika dalam meningkatkan efisiensi penyortiran rute pengiriman kurir. Berikut adalah langkah-langkah kerja sistem secara garis besar:



Gambar 2. Tahapan Penelitian

1. Studi literatur adalah langkah pertama dimulainya sebuah penelitian. Di mana pada langkah ini peneliti mencari, mengumpulkan, serta melakukan analisa terhadap teori dan metode relevan dari berbagai sumber untuk memberikan dasar teori kuat.
2. Perancangan sistem merupakan langkah untuk mengetahui alur sistem dan menggambarkan komponen-komponen utama yang digunakan oleh sistem, dan bagaimana tiap komponen tersebut saling berinteraksi.
3. Implementasi sistem merupakan langkah realisasi dari pemodelan yang sudah dilakukan sebelumnya ke dalam bentuk algoritma yang nantinya bisa digunakan untuk aplikasi. Implementasi ini dimulai dari penginputan titik tujuan, inisiasi populasi, evaluasi *fitness*, *selection*, *crossover*, *mutation*, sampai dengan

terbentuknya solusi rute yang optimal. Penentuan nilai parameter dapat mempengaruhi hasil optimasi yang diperoleh, jika ukuran parameter yang ditentukan terlalu kecil dapat menyebabkan area pencarian yang sedikit. Namun jika ukuran parameter terlalu besar dapat menyebabkan waktu pemrosesan yang lebih lama dan belum tentu menjamin solusi yang lebih baik (Dina Enjeli Sihombing & Faiz Ahyaningsih, 2023; Faris Mas'ud dkk., 2019; Muhandhis dkk., 2023).

a. Input titik tujuan

Penelitian ini menggunakan 10 titik lokasi dengan 1 titik lokasi yang diinput diawal merupakan lokasi awal perjalanan, lalu 9 titik lainnya merupakan titik lokasi tujuan pengiriman barang.

Tabel 1. Daftar Kumpulan Titik Lokasi

Kode	Lokasi	Latitude	Longitude
A	JNE Arcamanik	-6.92062	107.67242
B	PT Bee Solution Partners	-6.92323	107.67621
C	Amarilis Cluster	-6.914773	107.685268
D	Booth Portable Bandung	-6.92050	107.67973
E	Jl. Permata Inten II	-6.923604	107.679101
F	Jl. Arcamanik Endah	-6.91853	107.67458
G	Gerai Ummu Zahra	-6.93443	107.67596
H	Pesona Cisaranten Indah	-6.92728	107.68292
I	Larisa Residence	-6.92266	107.68764
J	Osgood	-6.92180	107.67062

Kumpulan data titik lokasi pada Tabel 1 akan diuji dengan beberapa parameter yang divariasikan meliputi *population size*, *crossover rate*, *mutation rate* dan

batas maksimum generasi yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Algoritma Genetika

Scenario	Population Size	Crossover Rate	Mutation Rate	Max Generations
1	50	0.6	0.05	100
2	50	0.7	0.1	100
3	100	0.6	0.05	100
4	100	0.7	0.1	100
5	100	0.8	0.1	100

b. Inisiasi Populasi

Sistem akan melakukan proses Inisiasi Populasi, yang mana sejumlah individu atau titik tujuan akan dibentuk secara acak bilangan antara 1 hingga jumlah gen yang diperlukan, hingga terbentuknya satu kromosom. Nantinya, kumpulan kromosom yang sudah dibentuk ini akan dibentuk kembali menjadi sebuah populasi. Pada penelitian ini, banyaknya populasi dan jumlah maksimal gen yang digunakan mengikuti parameter *population size* dan *max generations* yang ada pada Tabel 2.

c. Evaluasi *Fitness*

Setelah kromosom ditentukan maka selanjutnya adalah proses Evaluasi *Fitness*, yaitu proses pada setiap kromosom dilakukan pengujian berdasarkan *fitness* atau kelayakan. Pada konteks rute pengiriman, *fitness* ini digambarkan dengan perhitungan dari total jarak tempuh atau total waktu pengantaran. Semakin pendek jarak, maka semakin besar nilai *fitness*-nya.

$$Fitness = \frac{1}{\text{Total Jarak Tempuh}}$$

d. *Selection*

Individu atau titik tujuan dari populasi dengan nilai *fitness* terbaik maka akan terpilih pada proses seleksi untuk dikombinasikan dengan individu lain dengan nilai *fitness* terpilih.

e. *Crossover*

Selanjutnya adalah proses *Crossover* atau rekombinasi. Dua kromosom induk terpilih adalah saling dikombinasikan untuk menghasilkan satu atau lebih anak (*offspring*). Nilai *crossover rate* yang digunakan mengikuti parameter yang ada pada Tabel 2.

f. *Mutation*

Setelah proses rekombinasi atau *crossover* selanjutnya adalah proses mutasi. Di mana kromosom anak akan dimutasi secara acak untuk menjaga keragaman solusi yang diberikan. Proses ini bertujuan untuk menghindari *local optimum* serta dapat mendapatkan ruang solusi yang lebih luas. Nilai *mutation rate* yang digunakan mengikuti parameter yang ada pada Tabel 2.

Setelah proses *selection*, *crossover*, dan mutasi selesai, maka akan terbentuk populasi baru. Populasi ini akan dievaluasi ulang untuk menentukan rute terbaik. Semua proses algoritma ini akan berhenti jika jumlah generasi telah mencapai angka maksimum.

4. Pengujian sistem, setelah langkah implementasi sudah dilakukan maka langkah selanjutnya adalah proses pengujian dengan menjalankan beberapa skenario pengiriman. Proses ini bertujuan untuk melakukan evaluasi seberapa baik sistem mampu mengoptimalkan rute pengiriman berdasarkan waktu dan jarak tempuh yang lebih pendek dibandingkan dengan sebelum dilakukannya penyortiran.
5. Analisa hasil, langkah ini adalah langkah terakhir yang dilakukan peneliti. Pada tahap ini peneliti menganalisis hasil keluaran sistem untuk mengukur efisiensi apakah sudah sesuai atau tidak. Berdasarkan hasil analisis, penelitian ini menyimpulkan peningkatan signifikan dalam efisiensi pengiriman, serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi dengan data lalu lintas *real-time* dan penggunaan algoritma optimasi lainnya.

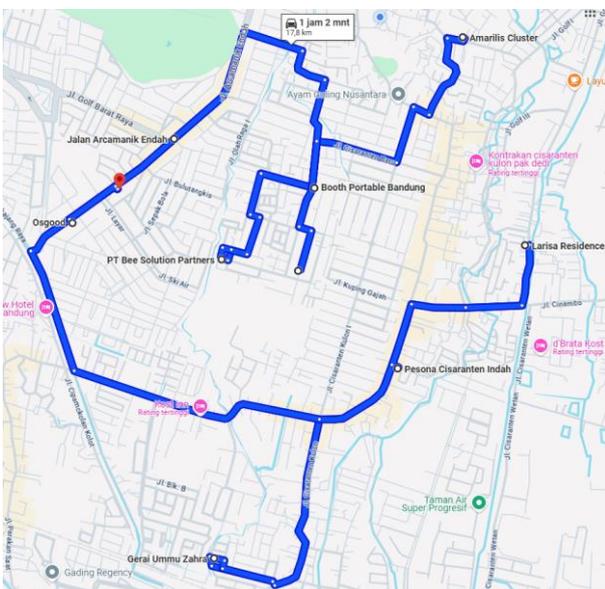
Teknik Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan 5 buah skenario dengan variasi parameter *population size*, *crossover rate*, *mutation rate*, dan *max generations* yang telah disesuaikan seperti pada Tabel 2. Masing-masing skenario akan dijalankan sebanyak 10 kali untuk memperoleh hasil yang lebih representatif, mengingat Algoritma Genetika bersifat stokastik. Setelah didapatkan hasil optimal dari sistem, bandingkan dengan urutan ketika pertama kali diinput. Parameter yang diuji adalah efisiensi jarak dan kecepatan waktu tempuh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan proses pengujian Algoritma Genetika adalah sebagai berikut:

1. Input kumpulan titik lokasi pengiriman seperti yang ada pada Tabel 1 secara berurutan pada aplikasi *Google Maps* untuk mengetahui jarak dan waktu tempuh yang diperlukan ketika belum dilakukan proses optimasi. Titik lokasi JNE Arcamanik diinputkan pertama kali untuk menandakan titik awal keberangkatan. Nilai jarak tempuh dan waktu tempuh yang diperoleh ketika melakukan input secara manual pada aplikasi *Google Maps* adalah 17.8 km dan 1 jam 2 menit.



Gambar 3. Tampilan Maps Input Manual

2. Jalankan program optimasi rute berbasis bahasa pemrograman *Go* yang sudah dibuat dengan menerapkan metode optimasi Algoritma Genetika dan integrasi ke *Google Maps API* pada *Command Prompt*.

```
ryandR2P23 MING64 ~/go/src/github.com/R2P23/jurnal-ta-go (master)
$ go run main.go start
[GIN-debug] [WARNING] Running in "debug" mode. Switch to "release" mode in production.
- using env:   export GIN_MODE=release
- using code:  gin.SetMode(gin.ReleaseMode)

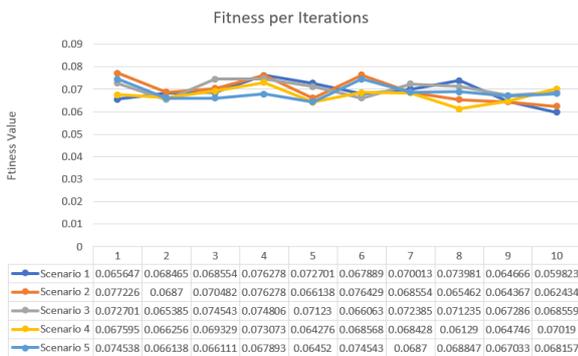
[GIN-debug] POST   /api/v1/sorting-location -> github.com/jurnal-ta-go/cmd_run.SortingLocation.func2 (1 handlers)
2025/06/27 21:42:41 server 1s running on :8080
```

Gambar 4. Running Program Go

3. Input kumpulan titik lokasi pengiriman yang ada pada Tabel 1 secara berurutan ke sistem untuk dilakukan proses optimasi.
4. Dari 5 skenario yang telah dijalankan dengan percobaan masing-masing skenario sebanyak 10 kali diperoleh hasil optimasi seperti yang disajikan pada Tabel 3. Hasil optimal ada pada Skenario 2 yang menerapkan parameter *population size* 50, *crossover rate* 0.7, *mutation rate* 0.1, dan *max generations* 100 di percobaan ke-1 dengan nilai *fitness* 0.07722604, jarak tempuh 12.95 km, waktu tempuh 46.08 menit dan waktu pemrosesan 7.984834 detik. Rute optimal yang dihasilkan yaitu JNE Arcamanik → Booth Portable Bandung → PT Bee Solution Partners → Jl. Permata Inten II → Amarilis Cluster → Larisa Residence → Pesona Cisaranten Indah → Gerai Ummu Zahra → Osgood → Jl. Arcamanik Endah → JNE Arcamanik.

Tabel 3. Hasil Terbaik per Skenario

Skenario	Percobaan ke-	Fitness	Jarak (km)	Waktu Tempuh (menit)	Waktu Pemrosesan (detik)	Rute
1	4	0.07627765	13.11	46.45	9.4507875	[A J H I C E D B G F A]
2	1	0.07722604	12.95	46.08	7.984834	[A D B E C I H G J F A]
3	4	0.07480551	13.37	48.08	7.4358966	[A F D E B G H I C J A]
4	4	0.07307271	13.68	48.47	7.65898	[A F D B E H G I C J A]
5	6	0.07454342	13.42	47.05	9.0740437	[A J B E D C I H G F A]



Gambar 5. Hasil Best Fitness Setiap Skenario

5. Dari Gambar 5 dan Tabel 4, dapat diamati bahwa Skenario 3 (dengan *population size* 100, *crossover rate* 0.6, dan *mutation rate* 0.05) menunjukkan kinerja optimal dengan nilai rata-rata *fitness* terbaik 0.070419322 dan standar deviasi 0.003403242 yang rendah dibandingkan dengan skenario lainnya. Nilai rata-rata *fitness* yang tinggi dan nilai standar deviasi yang rendah menunjukkan bahwa solusi yang diberikan optimal (Khadijah Febriana dkk., 2020). Meskipun pada Skenario 2 (dengan *population size* 50, *crossover rate* 0.7, dan *mutation rate* 0.1) memperoleh nilai rata-rata *fitness* terbaik 0.069606942 kedua setelah Skenario 3 tetapi dengan nilai standar deviasi 0.005374028 menunjukkan solusi yang diberikan belum konsisten. Rumus untuk menghitung standar deviasi:

$$s = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}}$$

dimana:

- s = Standar deviasi
- n = Ukuran sampel

- x = Rata-rata
- x_i = Nilai x ke-i

Tabel 4. Rata-rata dan Standar Deviasi Best Fitness

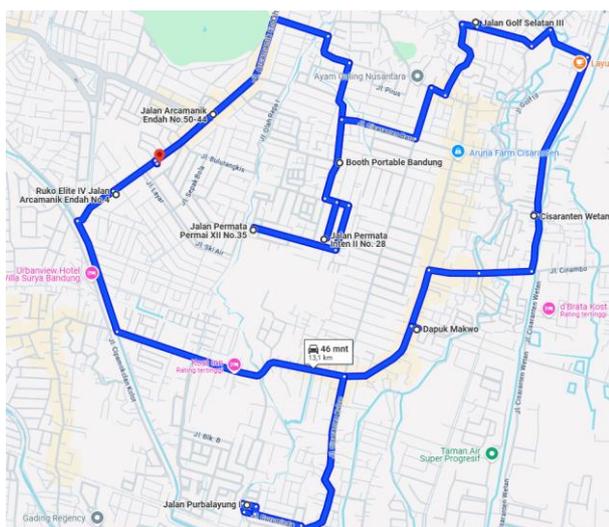
Scenario	Rata-rata Best Fitness	Standar Deviasi Best Fitness
1	0.068801675	0.004808163
2	0.069606942	0.005374028
3	0.070419322	0.003403242
4	0.067374952	0.003359748
5	0.06864809	0.003377742

6. Perbandingan dari rute manual dengan rute hasil optimasi menggunakan Algoritma Genetika dapat dilihat pada Tabel 5. Setelah dilakukan optimasi, terjadi penurunan total jarak dari 17.8 km menjadi 12.95 km, estimasi waktu dari 62 menit menjadi 46.08 menit, serta efisiensi jarak yang diperoleh sekitar 27.25% lebih pendek dibanding dengan rute manual. Tampilan untuk visualisasi rute setelah dilakukan optimasi disajikan pada Gambar 6.

$$Efisiensi = \frac{Jarak Manual - Jarak Optimasi}{Jarak Manual} \times 100\%$$

Tabel 5. Perbandingan Rute Manual vs Hasil Optimasi Algoritma Genetika

No	Keterangan	Rute Manual	Hasil Optimasi Algoritma Genetika
1	Rute	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-A	A-D-B-E-C-I-H-G-J-F-A
2	Total Jarak (km)	17.8	12.95
3	Estimasi Waktu (menit)	62	46.08
4	Nilai Fitness	-	0.07722604
5	Jumlah Titik Tujuan	10	10
6	Efisiensi Jarak (%)	-	27.25% lebih pendek dari



Gambar 6. Tampilan Maps Setelah Optimasi

SIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi Algoritma Genetika pada penelitian ini, dapat dilihat perbandingannya antara tampilan *maps* ketika input manual seperti yang ada pada Gambar 3 dan tampilan *maps* setelah dilakukan optimasi rute yang ada pada Gambar 6 maka disimpulkan bahwa pemilihan rute terbaik dengan nilai *fitness* 0.07722604, total jarak tempuh 12.95 km, dan waktu tempuh sekitar 46.08 menit adalah **JNE Arcamanik → Booth Portable Bandung → PT Bee Solution Partners → Jl. Permata Inten II → Amarilis Cluster → Larisa Residence → Pesona Cisaranten Indah → Gerai Ummu Zahra → Osgood → Jl. Arcamanik Endah → JNE Arcamanik.**

Pada penelitian ini, output yang dihasilkan dapat dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya:

1. Ukuran populasi dan generasi. Jika terlalu kecil maka solusi yang dihasilkan bisa dalam waktu cepat namun bisa saja itu bukan solusi terbaik. Tapi sebaliknya, jika terlalu besar, maka butuh waktu yang cukup lama untuk melakukan komputasi.
2. Banyaknya titik tujuan serta posisi geografisnya apakah tersebar atau terpusat.

3. Fungsi *fitness*. Perhitungan yang dilakukan pada proses ini bisa mempengaruhi hasil. Contoh nilai *fitness* yang salah maka bisa membuat algoritma memilih solusi yang pendek, tapi melewati jalan yang sempit.
4. Kondisi lalu lintas. Karena pada penelitian ini *Google Maps API* dengan estimasi waktu *real-time* serta kondisi lalu lintas yang dinamis bisa mempengaruhi nilai *fitness*.
5. Penentuan nilai parameter *crossover rate* dan *mutation rate* yang tidak terlalu rendah dan condong lebih tinggi memungkinkan eksplorasi ruang solusi yang lebih luas dan hasil yang stabil, namun jika terlalu tinggi dapat merusak konsistensi optimasi dan dapat menyebabkan konvergensi prematur.

Namun, pada penelitian ini masih ada kekurangan, yaitu belum adanya perbandingan dengan algoritma lain dan belum menggunakan *place id* yang disediakan oleh *Google Maps API* untuk menambah akurasi titik lokasi yang dipilih dengan mengkombinasikannya dengan *latitude* dan *longitude*.

Oleh karena itu, saran penelitian kedepannya adalah menambahkan perbandingan dengan algoritma lain seperti *Ant Colony Optimization* atau *Google OR-Tools*, menambahkan penggunaan metode hibrida antara Algoritma Genetika dengan algoritma lainnya, serta menambahkan penggunaan *place id* pada implementasi sistem sehingga dapat menambahkan tingkat akurasi yang didapatkan pada rute hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, A., & Sriwindono, H. (2020). The Comparison of Genetic Algorithm and Ant Colony Optimization in Completing Travelling Salesman Problem. *Proceedings of the 2nd International Conference of Science and Technology for the Internet of Things, ICSTI 2019, September 3rd 2019, Yogyakarta, Indonesia*. <https://doi.org/10.4108/eai.20-9-2019.2292121>

- Anang Hidayat, & Herdiesel Santoso*. (2024). IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA UNTUK OPTIMALISASI RUTE PENGIRIMAN PESANAN DI RESTO PAK LANJAR SLEMAN. *PROSIDING SNAST*, E68-77. <https://doi.org/10.34151/prosidingsnast.v1i1.5080>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Pergudangan, Ekspedisi, dan Kurir 2024*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Dina Enjeli Sihombing, & Faiz Ahyaningsih. (2023). OPTIMALISASI RUTE DISTRIBUSI AIR MINUM DALAM KEMASAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA PADA PT. MUAL NATIO MAJU BERSAMA. *JURNAL RISET RUMPUN ILMU PENDIDIKAN*, 2(1), 70–83. <https://doi.org/10.55606/jurripen.v2i1.815>
- Faris Mas'ud, M., Cholissodin, I., & Mahmudy, W. F. (2019). *Optimasi Algoritme Genetika Untuk Memaksimalkan Laba Pembangunan Perumahan* (Vol. 3, Nomor 1). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Fatikawati, I., & Nurul Huda, M. (2023). *Implementasi Algoritma Genetika dalam Menentukan Rute Terpendek Pendistribusian Barang PT. J&T Samarinda*. 2(2), 12–21. <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/Basis/index>
- Google Developers. (2024). *Google Maps Platform Documentation*. <https://developers.google.com/maps/documentation>
- Gotami, N. S. W., Febrianti, Y. M., Dini, R., Aziz, H. F., Augusta, S. S. A., & Wijyaningrum, V. N. (2020). Penentuan Rute Pengiriman Ice Tube di Kota Malang dengan Algoritma Genetika. *Jurnal Buana Informatika*, 11(1), 10–16. <https://doi.org/10.24002/jbi.v11i1.2559>
- Gusti, G. M. A., Rachmat Wahid Saleh Insani, & Sucipto. (2023). Optimasi Traveling Salesman Problem (TSP) Menggunakan Algoritma Genetika dan Google Maps API untuk Kurir Ekspedisi pada J&T Paris 2 Berbasis Web GIS. *INSERT: Information System and Emerging Technology Journal*, 4(2), 119–132. <https://doi.org/10.23887/insert.v4i2.68223>
- Hani Zulfia Zahro', & Santi Wahyuni, F. (2020). OPTIMASI RUTE PENGANTARAN PAKET MENGGUNAKAN METODE GENETIC ALGORITHM (GA). *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 10(1), 41–44. <https://doi.org/10.36040/industri.v10i1.2527>
- Hester Patmawati, & Yohanes Anton Nugroho. (2022). OPTIMALISASI RUTE DISTRIBUSI MATRAS PADA PENYELESAIAN CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(11), 2745–2756. <https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v1i11.2856>
- Ihsani, I., Pramuntadi, A., Gutama, D. H., & Wijaya, D. P. (2022). IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA DALAM PENENTUAN RUTE OPTIMAL UNTUK KURIR KANTOR POS BERBASIS WEB (STUDI KASUS: KANTOR POS WATES). *Indonesian Journal of Business Intelligence (IJUBI)*, 5(2), 76. <https://doi.org/10.21927/ijubi.v5i2.2662>
- Khadijah Febriana, Sri Wahjuni, & Andes Ismayana. (2020). OPTIMASI DISTRIBUSI TRUK PENGANGKUT SAMPAH MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA PADA SISTEM PENGELOLAAN SAMPAH KOTA BOGOR. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 29(3). <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2019.19.3.260>
- Mamin. (2020, Agustus 3). *GOLANG, bahasa pemrograman backend yang sedang populer saat ini*. [enigmacamp.com](https://www.enigmacamp.com/golang-bahasa-pemrograman-backend-yang-sedang-populer-saat-ini/). <https://www.enigmacamp.com/golang-bahasa-pemrograman-backend-yang-sedang-populer-saat-ini/>

- Massalesse, J. (2019). Penerapan Algoritma Genetika Pada Penentuan Lintasan Terpendek Jalur Bus Rapid Transit Makassar. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 16(2), 114. <https://doi.org/10.20956/jmsk.v16i2.7016>
- Muhandhis, I., Shubhan, M., Dani, H. I., Rakasyah, A., Ritonga, A. S., & Sari, M. U. (2023). Pencarian Rute Terpendek Tim Promosi Kampus dengan Menggunakan Algoritma Genetik. *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, 4(1), 6–12. <https://doi.org/10.31284/j.jtm.2023.v4i1.4106>
- Naufal, R., & Hasibuan, M. S. (2025). Optimization of Distribution Routes Using the Genetic Algorithm in the Traveling Salesman Problem. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 9(1), 211–220. <https://doi.org/10.30871/jaic.v9i1.8864>
- Oktaviandi, R. B., Hadi, M. S. T., Santoso, A. G., & El Maidah, N. (2019). Perbandingan Algoritma Genetika dengan Algoritma Greedy Untuk Pencarian Rute Terpendek. *INFORMAL: Informatics Journal*, 3(1), 6–11.
- Orindi, B., & Bahtiar, N. (2019). Implementasi Algoritma Genetik pada Pencarian Rute Terpendek Studi Kasus Pengantaran Dokumen Di Universitas Diponegoro Semarang. *JURNAL MASYARAKAT INFORMATIKA*, 10(2), 22–27. <https://doi.org/10.14710/jmasif.10.2.31497>
- Pratiwi, A. I., Triana, N. N., Sayuti, M., Hakim, A., Adetia, D., Nurohman, A. R., & Pazri, S. (2023). Penentuan Rute Terbaik Pendistribusian Produk Wafer dengan Metode Algoritma Genetika (Studi Kasus di Perusahaan Jasa Pergudangan Produk Wafer Karawang). *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 10(2), 157. <https://doi.org/10.24853/jisi.10.2.157-164>
- Ramadhan, G. C., Bagus W, P., & Diah Rosita, Y. (2023). Penentuan Rute Optimal Untuk Jasa Pengiriman Barang Menggunakan Algoritma Genetika. *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 5(1), 48–55. <https://doi.org/10.35746/jtim.v5i1.322>
- Salsabila, T., & Ramadhani, R. D. (2025). Penerapan Pendekatan Metaheuristik dalam Optimasi Rute Pengiriman Menggunakan Algoritma Genetika. *JURNAL KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI*, 3(1). <https://doi.org/10.26714/jkti.v3i1.16235>
- Santoso, H., & Sanuri, R. (2019). Implementasi Algoritma Genetika dan Google Maps API Dalam Penyelesaian Traveling Salesman Problem with Time Window (TSP-TW) Pada Penjadwalan Rute Perjalanan Divisi Pemasaran STMIK El Rahma. *Teknika*, 8(2), 110–118. <https://doi.org/10.34148/teknika.v8i2.187>
- Siahaan, A. W., Narga, I., Sitompul, G., Winnetou, N. Z., Lefrans Purba, M., Saragih, M. P., Siagian, R., Rahmadsyah, A., & Ekonomi, F. (2024). ANALISIS FAKTOR YANG PALING MEMPENGARUHI KEPUTUSAN PELANGGAN DALAM MEMILIH JASA EKSPEDISI ANALYSIS OF THE FACTORS THAT MOST INFLUENCE CUSTOMER DECISIONS IN CHOOSING EXPEDITON SERVICE. <https://jicnusantara.com/index.php/jiic>
- Tohari, A., & Astuti, Y. P. (2023). PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK PT. POS CABANG LAMONGAN. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(3), 458–467. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v11n3.p458-467>
- Yusril Adil Hidayat, Arendra, M. A., & Yesy Diah Rosita. (2023). OPTIMASI RUTE PENGIRIMAN BUAH KELAPA DI PASAR TRADISIONAL KABUPATEN MOJOKERTO MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, 5(2), 289–293. <https://doi.org/10.51401/jinteks.v5i2.2494>