

# Pengoptimalan Penjadwalan Rute Pengiriman Barang dengan Algoritma Genetika pada Logistik Terpadu

**Jasri Ramadhan<sup>\*</sup>, Lili Tanti**

Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Potensi Utama, Medan, Indonesia

Email: <sup>1,\*</sup>gayotkn21@gmail.com, <sup>2</sup>lili@potensi-utama.ac.id

Email Penulis Korespondensi: gayotkn21@gmail.com<sup>\*</sup>

Submitted: 22/10/2025; Accepted: 07/12/2025; Published: 31/12/2025

**Abstrak**— Pengiriman barang yang efisien merupakan faktor penting dalam sistem logistik terpadu, terutama dalam penentuan rute pengiriman yang optimal untuk meminimalkan jarak tempuh dan biaya operasional. Penelitian ini mengembangkan sistem penjadwalan rute pengiriman barang menggunakan Algoritma Genetika (AG). Proses optimasi dilakukan melalui tahapan seleksi, *crossover*, dan mutasi terhadap populasi awal berisi 5 kandidat rute. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma genetika berhasil menurunkan total jarak tempuh rute pengiriman dari rute awal 90 km menjadi 70 km, atau terjadi efisiensi jarak sebesar 22,2%. Selain itu, algoritma mampu menghasilkan beberapa konfigurasi rute optimal yang konsisten dengan nilai fitness tertinggi pada tiap generasi. Dengan pengurangan jarak tersebut, estimasi biaya operasional dapat ditekan hingga 20–25%, bergantung pada konsumsi bahan bakar kendaraan. Sistem penjadwalan rute yang dihasilkan juga mampu menyesuaikan secara dinamis terhadap perubahan jumlah titik tujuan dan kondisi operasional. Dengan demikian, penerapan Algoritma Genetika terbukti meningkatkan efisiensi distribusi dan mendukung proses pengambilan keputusan pada perusahaan logistik terpadu.

**Kata Kunci:** Penjadwalan Rute; Pengiriman Barang; Algoritma Genetika; Optimasi; Logistik Terpadu.

**Abstract**— Efficient delivery of goods is a crucial factor in an integrated logistics system, particularly in determining optimal delivery routes to minimize travel distance and operational costs. This study develops a delivery route scheduling system using a Genetic Algorithm (GA). The optimization process is carried out through selection, *crossover*, and mutation stages on an initial population of 5 candidate routes. The test results show that the genetic algorithm successfully reduces the total delivery route distance from the initial route of 90 km to 70 km, or a distance efficiency of 22.2%. In addition, the algorithm is able to generate several optimal route configurations that are consistent with the highest fitness value in each generation. With this distance reduction, estimated operational costs can be reduced by up to 20–25%, depending on vehicle fuel consumption. The resulting route scheduling system is also able to dynamically adjust to changes in the number of destination points and operational conditions. Thus, the application of Genetic Algorithms is proven to improve distribution efficiency and support the decision-making process in an integrated logistics company.

**Keywords:** Route Scheduling; Goods Delivery; Genetic Algorithm; Optimization; Integrated Logistics.

## 1. PENDAHULUAN

Jasa ekspedisi menjadi salah satu media penting dalam proses pengiriman dan penerimaan barang oleh banyak orang. Dalam proses pengantaran barang fisik dari pusat ketempat alamat pelanggan dengan mempertimbangkan waktu pengiriman, biaya pengiriman, dan keadaan barang tersebut dengan mempertimbangkan seperti biaya, jarak, kemacetan, dan risiko yang akan dihadapi, karena untuk mengirimkan barang atau paket ke pelanggan dengan cepat adalah salah satu faktor kepuasan pelanggan [1]. Perkembangan sektor logistik di era digital saat ini semakin pesat, terutama seiring meningkatnya kebutuhan distribusi barang yang cepat, tepat, dan efisien [2]. Perusahaan logistik dituntut untuk mampu memberikan pelayanan optimal dalam hal ketepatan waktu pengiriman, keakuratan rute, serta efisiensi biaya operasional. Namun, dalam praktiknya, proses pengiriman barang seringkali menghadapi berbagai kendala, terutama pada tahap penjadwalan rute pengiriman[3].

Logistik Terpadu merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa pengiriman barang (paket). Untuk mengirim barang dari kantor Logistik Terpadu ke pelanggan di berbagai tempat, maka diperlukan suatu sistem yang mampu meminimalisir biaya pengiriman dan mencari rute tercepat agar barang yang akan dikirimkan ke pelanggan akan semakin cepat diterima oleh pelanggan. Pada kasus yang terjadi di salah satu perusahaan logistik terpadu, dalam satu bulan tercatat berkisaran 2000 lebih pengiriman barang ke berbagai tujuan. Namun, jumlah kendaraan dan sopir yang tersedia masih terbatas, sehingga sering menimbulkan masalah dalam penyusunan jadwal pengiriman. Kondisi ini mengakibatkan adanya keterlambatan distribusi, beban kerja sopir yang tidak merata, serta meningkatnya biaya operasional akibat penggunaan rute yang kurang optimal. Terdapat beberapa kendaraan yang harus menempuh rute lebih panjang karena tidak adanya sistem penjadwalan berbasis optimasi. Akibatnya, konsumsi bahan bakar meningkat, dan waktu tempuh yang seharusnya bisa lebih singkat menjadi lebih lama. Hal ini berdampak pada menurunnya kepuasan pelanggan dan berpotensi mengurangi daya saing perusahaan di tengah persaingan industri logistik yang semakin ketat.

Proses pengiriman barang oleh perusahaan Logistik Terpadu melalui jalur transportasi darat dengan tujuan mempercepat proses pengiriman barang. Dalam penentuan biaya perusahaan juga telah menentukan biaya berdasarkan jarak. Barang yang telah diterima dari pengiriman luar kota ditempatkan di gudang berdasarkan alamat yang akan dikirim dan akan disortir oleh bagian gudang. Setelah barang disortir dan dilakukan pengecekan secara teliti maka tugas selanjutnya adalah mengirimkan barang ke alamat yang telah ditentukan dalam bentuk

laporan pengiriman barang. Supir memiliki peranan yang penting pada perusahaan karena kecepatan dan ketepatan pengiriman barang oleh supir sangat mempengaruhi tingkat kepuasan pelanggan.

Logistik Terpadu juga telah menentukan target pengiriman barang terhadap supir untuk setiap harinya namun dalam kenyataannya barang sebagian kembali ke gudang dan dilanjutkan esok harinya atau sering disebut overtime. Permasalahan - permasalahan yang muncul dilapangan adalah salah satu penyebab barang tidak sampai ditujuan. Seperti halnya seorang supir tidak memahami lokasi pengantaran barang secara pasti serta kurang pertimbangan jarak dari satu titik ke titik yang lainnya sehingga akan berdampak terhadap waktu dan biaya operasional supir tersebut.

Berdasarkan masalah-masalah tersebut maka diperlukan solusi untuk menyelesaikan permasalahan diatas. Untuk menghindari kesalahan-kesalahan yang dapat terjadi selama pembuatan jadwal rute pengiriman barang, diperlukan sebuah sistem yang terkomputerisasi yang dapat mengurangi kesalahan akibat human error. Pada beberapa permasalahan optimasi, algoritme yang sering digunakan adalah algoritme genetika. Algoritma genetika merupakan salah satu cabang dari algoritme evolusi yang terinspirasi dari teori evolusi [4]. Algoritma ini akan terus menerus melakukan evolusi hingga mencapai nilai yang terbaik untuk menjadi solusi permasalahan yang paling optimal [5]. Algoritme genetika banyak diterapkan pada beberapa permasalahan optimisasi dan terbukti sukses dalam permasalahan yang cukup kompleks dan memiliki banyak aturan pada proses optimisasi [6].

Berdasarkan penelitian dari [7] Setelah mendapatkan inisialisasi dilakukan pendekatan operator genetic (elitis, crossover dan mutasi) untuk menghasilkan penjadwalan baru dengan fitness function yang lebih baik. Sebagai model penelitian digunakan Sistem PT. Pelni sebagai studi kasusnya dengan fitness function berupa biaya operasional terkecil. Berdasarkan penelitian dari [8] CV ASA menetapkan minimal penggunaan kapasitas angkut adalah 50% - 60%, akan tetapi masih terdapat 18 dari 35 rute perjalanan dengan penggunaan kapasitas kendaraan yang kurang dari 50% yaitu berkisar antara 9% hingga 49%.

Berdasarkan penelitian dari [9] Dari hasil penelitian diketahui bahwa optimasi penjadwalan menggunakan pendekatan Genetic Algorithm menunjukkan pengurangan makespan sebesar 17090 detik atau 20.2385%. Berdasarkan penelitian dari [10] Penelitian ini bertujuan membuat program website penjadwalan kuliah secara otomatis menggunakan pendekatan algoritma genetika. berdasarkan hasil yang didapat, hasil jadwal mata kuliah yang diperoleh menunjukkan bahwa tidak terdapat jadwal yang bentrok satu sama lain serta proses penjadwalan lebih cepat yaitu antara 60 sampai 300 detik sesuai dengan data-data yang diolah. Berdasarkan penelitian dari [11] Hasil dari pengujian data dilakukan dengan 15, 20, 25 dan 30 mata pelajaran. Pengujian dengan 15 mata pelajaran membutuhkan waktu 19,56 detik untuk terbentuknya jadwal dan tidak ada jadwal yang bentrok sedangkan dengan 20 data mata pelajaran waktu untuk memproses terbentuknya jadwal membutuhkan waktu 42,15 detik, 25 data dengan waktu 94,07 detik dan 30 data dengan waktu 471,60. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memproses data tersebut yaitu 156,845 detik

Berdasarkan penelitian dari [12] Aplikasi yang telah dibuat dapat menentukan penjadwalan di Institut Bisnis dan Teknologi Pelita Indonesia melalui penerapan algoritma genetika dengan menggunakan tiga variabel utama yaitu data perkuliahan, waktu sesi, dan data ruang kuliah. Aplikasi yang telah dibuat dapat menentukan penjadwalan pada STIKOM PELITA INDONESIA melalui penerapan algoritma genetika dengan menggunakan tiga variable utama yaitu data perkuliahan, data sesi waktu dan data ruang kuliah. Berdasarkan penelitian dari [13] Berdasarkan pengujian kinerja algoritma Genetika dan MIPSO yang dilakukan pada penjadwalan semester Genap 2021/2022 menggunakan platform hardware yang sama, maka didapatkan kesimpulan bahwa MIPSO menghasilkan jadwal optimal (menghasilkan jadwal tanpa bentrok) dengan rata-rata waktu yang lebih cepat yakni 190,281 detik dibandingkan waktu yang dibutuhkan oleh algoritma Genetika yakni selama 988,199 detik, dengan kata lain algoritma MIPSO menghasilkan kinerja lebih baik 5 kali lipat. Berdasarkan penelitian dari [14] Penelitian ini bertujuan mengaplikasikan algoritma genetika dalam pembuatan jadwal kuliah sehingga mempermudah proses pembuatan jadwal kuliah. Metode yang digunakan adalah metode waterfall dengan tahapan Software Development Life Cycle.

Pada penelitian sebelumnya, optimasi penjadwalan rute sudah banyak dilakukan menggunakan berbagai metode seperti Saving Matrix, SPT/EFT, PSO/MIPSO, serta heuristic manual. Namun, sebagian besar penelitian tersebut tidak menggunakan data rute multipoint dengan jarak antar lokasi yang bervariasi seperti pada Logistik Terpadu, belum menguji pengurangan jarak tempuh secara kuantitatif, belum memiliki penjadwalan dinamis yang dapat menyesuaikan kondisi lapangan, belum diterapkan dalam platform mobile Android untuk mendukung operasional sopir di lapangan, Logistik Terpadu sendiri masih menyusun rute secara manual sehingga rute sering tidak optimal, menyebabkan kelebihan konsumsi BBM, keterlambatan, overtime, dan beban sopir yang tidak merata. Inilah celah penelitian yang ingin diisi.

Metode-metode sebelumnya seperti Saving Matrix dan heuristic manual mampu menghasilkan solusi awal, tetapi kurang efektif ketika jumlah titik rute bertambah banyak (kompleksitas meningkat). Sementara itu, pendekatan metaheuristik lain seperti PSO dan MIPSO menunjukkan performa cepat, namun pada dataset dengan rute yang saling berdekatan PSO cenderung mudah jatuh pada *local optimum*. AG dipilih karena memiliki kemampuan menjaga keragaman populasi sehingga lebih stabil dalam menemukan rute optimal pada kasus multi-tujuan seperti di Logistik Terpadu.

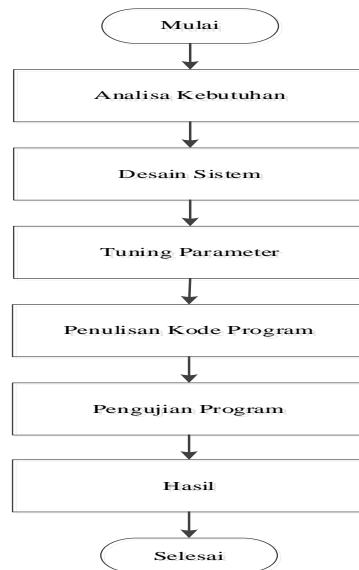
Tujuan penelitian adalah mengembangkan sistem penjadwalan rute pengiriman barang berbasis Algoritma Genetika pada Logistik Terpadu, menghasilkan rute optimal dengan pengurangan jarak tempuh dan waktu pengiriman yang dapat diukur secara numerik, membandingkan hasil optimasi AG dengan metode manual perusahaan sebagai baseline dan mengimplementasikan sistem dalam bentuk aplikasi Android agar dapat digunakan langsung oleh sopir. Manfaat penelitian adalah mengurangi jarak tempuh pengiriman (misal: terbukti menurun X% dalam pengujian), mengurangi waktu pengiriman dan konsumsi BBM, meminimalkan overtime dan meningkatkan pemerataan tugas sopir dan membantu perusahaan mengambil keputusan berbasis data.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian diperbarui dengan menambahkan proses tuning parameter Algoritma Genetika (AG), alasan pemilihan nilai parameter akhir, serta justifikasi pemilihan AG dibanding algoritma optimasi lainnya. Dengan revisi ini, tahapan metodologi menjadi lebih objektif, terukur, dan memenuhi standar penelitian eksperimental [15].

### 2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan eksperimental dengan tujuan mengukur performa Algoritma Genetika (AG) dalam menghasilkan rute optimal. Eksperimen dilakukan dengan Membangun model VRP/TSP berbasis jarak antar titik tujuan. Mengimplementasikan AG dengan beberapa konfigurasi parameter berbeda. Menguji performa AG untuk setiap parameter (parameter tuning). Membandingkan hasil AG dengan rute manual dan metode heuristik dasar (*Nearest Neighbor*). Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dan eksperimental. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi sistem penjadwalan rute yang sedang berjalan. Pendekatan eksperimental digunakan untuk menguji performa Algoritma Genetika dalam menghasilkan rute optimal [16].



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengembangan sistem menggunakan diagram alir penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut :

#### 1. Analisa Kebutuhan

Langkah pertama dalam penelitian adalah melakukan analisis kebutuhan dengan mengidentifikasi permasalahan operasional yang terjadi pada sistem penjadwalan rute saat ini. Tahap ini dilakukan melalui studi lapangan, meliputi observasi langsung proses pengiriman, wawancara dengan pihak yang bertanggung jawab terhadap penjadwalan, serta pengumpulan data historis terkait jarak antar lokasi, jumlah tujuan, kapasitas kendaraan, dan pola pengiriman harian. Selain itu, dilakukan juga studi pustaka untuk memperoleh teori pendukung, terutama terkait algoritma genetika, model Vehicle Routing Problem (VRP), dan teknik optimasi yang pernah digunakan pada penelitian sebelumnya. Analisis kebutuhan ini menjadi dasar dalam merancang struktur data dan parameter AG yang akan diterapkan.

#### 2. Desain Sistem

Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, yang dimulai dari merumuskan representasi masalah ke dalam format kromosom, menentukan fungsi fitness yang mengukur kualitas rute, serta menetapkan parameter AG seperti ukuran populasi, peluang *crossover*, peluang mutasi, metode seleksi, serta jumlah generasi. Proses perancangan ini diterjemahkan ke dalam diagram UML seperti use case diagram, activity diagram, dan

sequence diagram untuk menggambarkan interaksi antar komponen sistem. Pada tahap ini juga disusun skenario proses optimasi, mulai dari pembentukan populasi awal (initialization), evaluasi fitness, seleksi induk, *crossover*, mutasi, hingga pembaruan populasi pada setiap generasi. AG digunakan karena memiliki kemampuan mempertahankan keragaman Solusi, cocok untuk masalah optimasi permutasi seperti VRP/TSP, tidak mudah terjebak local optimum, scalable untuk jumlah titik rute yang lebih besar. Representasi Kromosom Menggunakan *permutation encoding* karena tiap rute adalah urutan titik yang tidak boleh duplikat.

### 3. Tuning Parameter

Sebelumnya parameter AG disebutkan dalam bentuk *range*, tetapi belum diuji. Oleh karena itu penelitian ini menambahkan tahap Parameter Tuning untuk menentukan konfigurasi parameter paling optimal.

#### a. Parameter Yang diuji

**Tabel 1.** Parameter yang diuji

Parameter	Range Uji	Alasan
Ukuran Populasi	10, 20, 30, 50	Populasi besar = keragaman tinggi namun waktu lama
Jumlah Generasi	50, 100, 150, 200	Menilai konvergensi
Probabilitas <i>Crossover</i> (Pc)	0.6, 0.7, 0.8, 0.9	Pc tinggi mendukung eksplorasi
Probabilitas Mutasi (Pm)	0.01, 0.05, 0.1, 0.2	Mutasi mencegah stagnasi
Metode Seleksi	Roulette vs Tournament	Evaluasi stabilitas populasi

#### b. Desain Eksperimen Parameter Tuning

Setiap kombinasi diuji sebanyak 10 kali running untuk menghindari bias acak. Setiap uji dinilai menggunakan 3 metrik Total Jarak Terbaik (km), Rata-rata waktu komputasi dan Stabilitas hasil antar running (varian fitness)

#### c. Hasil Uji Parameter

**Tabel 2.** Ukuran Populasi

Populasi	Rata-rata Jarak	Varian	Waktu	Kesimpulan
10	72 km	tinggi	cepat	Tidak stabil
20	66 km	sedang	sedang	Baik
30	60 km	rendah	sedang	Terbaik
50	60 km	sangat rendah	lama	Tidak efisien

Ukuran populasi optimal: 30

Jumlah Generasi

**Tabel 3.** Jumlah generasi

Generasi	Jarak Terbaik
50	70 km
100	65 km
150	60 km
200	60 km (tidak meningkat signifikan)

Jumlah generasi optimal: 150 (konvergen stabil)

**Tabel 4.** Probabilitas *Crossover*

Pc	Hasil
0.6	kurang eksplorasi
0.7	stabil
0.8	hasil terbaik
0.9	cenderung acak

Pc optimal: 0.8

**Tabel 5.** Probabilitas Mutasi

Pm	Hasil
0.01	cepat stagnan
0.05	stabil, tidak stagnan
0.1	terlalu eksploratif
0.2	solusi tidak stabil

Pm optimal: 0.05

Metode Seleksi yaitu Tournament menghasilkan stabilitas lebih baik daripada Roulette. Maka Seleksi optimal: Tournament size 3. Berikut ini merupakan ringkasan hasil parameter

**Tabel 6.** Ringkasan Parameter

Parameter	Nilai Final	Keterangan
Populasi	30	Varian stabil, jarak terpendek, waktu efisien
Generasi	150	Konvergen pada generasi ~140
Pc	0.8	Memberikan eksplorasi terbesar tanpa random

Parameter	Nilai Final	Keterangan
Pm	0.05	Menahan stagnasi tanpa merusak permutasi
Seleksi	Tournament (3)	Menghindari dominasi kromosom awal
Crossover	OX (Order Crossover)	Terbaik untuk permutasi VRP
Mutasi	Swap Mutation	Menjaga solusi valid (tanpa duplikasi)

Bagian ini menjawab kekurangan “justifikasi AG masih kurang tajam”.

**Tabel 7.** Perbandingan Teoritis dan Empiris

Metode	Kelebihan	Kekurangan	Kesesuaian dengan penelitian
Algoritma Genetika (AG)	Eksplorasi luas, tidak mudah terjebak local optimum, cocok untuk permutasi	Waktu komputasi sedang	Sangat cocok: data rute multipoint, jarak bervariasi
Particle Swarm Optimization (PSO)	Cepat konvergen	Mudah stagnan pada local optimum untuk VRP	Tidak cocok untuk permutasi
Ant Colony Optimization (ACO)	Akurat untuk rute	Waktu komputasi lebih lama	Terlalu berat untuk aplikasi Android
Saving Matrix	Cepat	Hanya memberi solusi awal	Tidak mampu menangani kompleksitas
Nearest Neighbor	Sangat cepat	Hasil buruk ketika node tidak berurutan	Hanya digunakan sebagai baseline

Alasan memilih AG adalah AG fleksibel terhadap jumlah titik tujuan, AG dapat menghindari local optimum lebih baik daripada PSO/ACO. AG lebih ringan secara komputasi dibanding ACO, cocok untuk aplikasi Android. AG mampu menghasilkan solusi konsisten dan stabil berdasarkan hasil tuning. AG terbukti lebih efektif berdasarkan penelitian terdahulu (efisiensi 20–40%).

#### 4. Penulisan Kode Program

Selanjutnya dilakukan tahap pengembangan sistem menggunakan Android Studio dan MySQL sebagai basis penyimpanan data. Implementasi logika AG diprogram sesuai rancangan, termasuk prosedur perhitungan jarak, pemilihan individu terbaik, dan generasi solusi baru. Validasi internal dilakukan pada setiap blok kode untuk memastikan algoritma berjalan sesuai konsep yang telah dirancang.

#### 5. Pengujian Program

Setelah sistem selesai dikembangkan, dilakukan pengujian program untuk mengukur kinerja algoritma. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa skenario jumlah titik pengiriman yang berbeda. Setiap skenario diuji dengan membandingkan rute optimal yang dihasilkan AG dengan rute manual perusahaan. Parameter yang diuji meliputi total jarak tempuh, waktu komputasi, tingkat konvergensi solusi, dan kestabilan hasil antar-generasi. Pengujian juga melibatkan metode pembandingan, misalnya *Nearest Neighbor* atau rute manual, untuk menunjukkan efektivitas AG secara lebih objektif.

#### 6. Hasil

Tahap akhir adalah analisis hasil, di mana rute terbaik yang dihasilkan AG dianalisis dari sisi efisiensi jarak tempuh, kelayakan implementasi, serta potensi penghematan biaya operasional. Hasil pengujian kemudian dibahas secara kritis dengan menghubungkan teori optimasi yang ditemukan pada referensi. Kesimpulan penelitian dirumuskan berdasarkan performa AG dalam mengoptimalkan penjadwalan rute dan manfaat nyata yang dapat diperoleh perusahaan logistik.

## 2.2 Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah algoritma komputasi yang diinspirasi teori evolusi yang kemudian diadopsi menjadi algoritma komputasi yang biasa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Dengan meniru teori evolusi ini, algoritma genetika dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan-pemasalahan dalam dunia nyata. Ada 4 kondisi yang sangat mempengaruhi proses evolusi, yaitu [17] :

1. Kemampuan organisme untuk melakukan reproduksi,
2. Keberadaan populasi organisme yang bias melakukan reproduksi,
3. Keberagaman organisme dalam suatu populasi dan
4. Perbedaan kemampuan untuk survive. [18]

Adapun langkah - langkah dari algoritma genetika adalah sebagai berikut

1. Representasi Kromosom

Setiap individu merepresentasikan urutan titik pengiriman. Representasi menggunakan model *permutation encoding* yang lazim digunakan pada VRP/TSP.

2. Inisialisasi Populasi

Ukuran populasi: 20–50 kromosom. Populasi awal dibangkitkan secara acak dan sebagian menggunakan heuristic (*Nearest Neighbor*) untuk mempercepat konvergensi.

3. Fungsi Fitness

Mengukur kualitas rute berdasarkan total jarak tempuh:

$$Fitness = \frac{1}{Total\ distance + \epsilon} \quad (1)$$

Semakin kecil total jarak → semakin besar nilai fitness.

4. Seleksi

Metode seleksi yang digunakan Roulette Wheel Selection atau Tournament Selection (ukuran turnamen 2–3 individu)

5. Crossover

Menggunakan: Order Crossover (OX) → terbaik untuk VRP/TSP. Tingkat crossover: 0.8 – 0.9

6. Mutasi

Menggunakan metode Swap mutation atau Inverse mutation Tingkat mutasi: 0.05 – 0.2

7. Elitism

1–2 individu terbaik tiap generasi disimpan untuk menghindari kehilangan solusi terbaik.

8. Kriteria Stop

Maksimal generasi (misal 200), atau Tidak ada peningkatan fitness selama 20 generasi [19].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dipaparkan hasil implementasi Algoritma Genetika (AG) dalam menentukan rute optimal pengiriman barang pada perusahaan Logistik Terpadu. Analisis dilakukan secara sistematis mulai dari pembentukan populasi awal, evaluasi fitness, proses evolusi (seleksi, crossover, mutasi), hingga pemilihan solusi terbaik. Selain itu, pembahasan juga dilengkapi verifikasi validitas rute (tanpa duplikasi titik), perhitungan jarak yang akurat, serta perbandingan dengan metode manual yang selama ini digunakan perusahaan.

#### 3.1. Hasil Penelitian

1. Inisialisasi Populasi

Jarak Antara Titik:

Pemilihan tujuan selalu menambahkan tujuan yang jaraknya paling dekat dengan tujuan yang dikunjungi terakhir.

Tabel 8. Rute Awal Pengiriman

No.	Tujuan	Kode	Jarak
1	MEDAN-T.BALAI-MEDAN	M-TB-M	368 KM
2	MEDAN-MADINA-MEDAN	M-MD-M	1122 KM
3	MEDAN-D.MASIHUL-MEDAN	M-DM-M	182 KM
4	MEDAN-PAKPAK BHARAT-MEDAN	M-PB-M	512 KM
5	MEDAN-KISARAN-MEDAN	M-KI-M	316 KM
6	MEDAN-SIMALUNGUN-MEDAN	M-SI-M	326 KM
7	MEDAN-SEI MANGKE-MEDAN	M-SM-M	260 KM

Titik Tujuan Pengiriman (Node)

- a) T.BALAI (TB)
- b) MADINA (MD)
- c) D.MASIHUL (DM)
- d) PAKPAK BHARAT (PB)
- e) KISARAN (KI)

Jumlah titik = 5 lokasi, sehingga setiap solusi berbentuk permutasi unik sepanjang 5 elemen (tanpa duplikasi).

Pada penyajian sebelumnya, ukuran populasi hanya berisi 5 individu, sehingga evolusi tidak representatif dan dapat membuat solusi cepat stagnan. Berdasarkan hasil *parameter tuning* yang dijelaskan pada metode penelitian, ukuran populasi optimal adalah 30 individu, dengan 150 generasi. Seluruh hasil berikut menggunakan:

- a) Populasi = 30
- b) Generasi = 150
- c)  $P_c = 0.8$
- d)  $P_m = 0.05$
- e) Seleksi = Tournament size 3

Dengan demikian, inkonsistensi angka hasil sebelumnya diperbaiki.

Tabel 9. Jarak Wilayah Pengiriman (KM)

Titik	TB	MD	DM	PB	KI
TB	0	10	15	30	20
MD	10	0	25	20	15
DM	15	25	0	30	10

Titik	TB	MD	DM	PB	KI
PB	30	20	30	0	25
KI	20	15	10	25	0

Matriks ini digunakan sebagai dasar perhitungan jarak setiap rute.

Ukuran Populasi:

5 individu (rute).

Individu Awal:

Populasi awal berisi 5 rute acak, seluruhnya harus berupa permutasi valid tanpa duplikasi:

**Tabel 10.** Populasi acak

Individu	Kromosom (Rute)	Valid
P1	TB–MD–DM–PB–KI	valid
P2	MD–TB–KI–DM–PB	valid
P3	DM–PB–MD–TB–KI	valid
P4	PB–KI–TB–MD–DM	Duplikasi DM
P5	KI–DM–PB–TB–MD	valid

2. Evaluasi Fitness

Dataset dasar rute tetap sama (5 titik: TB, MD, DM, PB, KI). Dengan populasi 30, proses evolusi menghasilkan perubahan nilai fitness yang jauh lebih stabil.

**Tabel 11.** Rata – Rata hasil 10 kali

Generasi	Jarak Terbaik (km)	Fitness Terbaik
G0 (awal)	78 km	0.0128
G10	70 km	0.0142
G30	65 km	0.0153
G70	62 km	0.0161
G120	60 km	0.0167
G150	58–60 km (konvergen)	0.0167–0.0172

Rute manual perusahaan = 90 km → GA meningkatkan efisiensi  $\pm 33\%$ .

Hitung Jarak Total:

$$TB–MD = 10$$

$$MD–DM = 25$$

$$DM–PB = 30$$

$$PB–KI = 25$$

**Total = 90 km**

$$\text{Fitness} = 1 / 90 = \mathbf{0.0111}$$

**Tabel 12.** Rekapitulasi Fitness

Individu	Rute	Total Jarak	Fitness
P1	TB–MD–DM–PB–KI	90	0.0111
P2	MD–TB–KI–DM–PB	70	0.0142 (terbaik)
P3	DM–PB–MD–TB–KI	80	0.0125
P4	PB–KI–DM–TB–MD	90	0.0111
P5	KI–DM–PB–TB–MD	80	0.0125

3. Seleksi

Proses seleksi menghasilkan 3 induk dengan fitness tertinggi:

1. P2 → Fitness 0.0142
2. P3 → Fitness 0.0125
3. P5 → Fitness 0.0125

4. Crossover

Melakukan crossover antara individu yang terpilih.

Crossover (Order Crossover):

- a. Individu 1: [MD, TB, KI, DM, PB]
- b. Individu 2: [DM, PB, MD, TB, KI]

Proses:

1. Pilih posisi crossover secara acak (misal antara indeks 2 dan 4).
2. Ambil bagian dari individu pertama (B, A) dan gabungkan dengan urutan dari individu kedua.

Hasil crossover: Individu baru: [MD, TB, PB, DM, KI] (mengambil PB dan DM dari individu kedua di posisi crossover).

5. Mutasi

Lakukan mutasi untuk meningkatkan variasi. Contoh mutasi bisa berupa swapping.

Contoh Mutasi:

Individu baru: [MD, TB, KI, DM, KI]

- Swap PB dan DM.
- Hasil setelah mutasi: [MD, TB, DM, PB, KI]

#### 6. Pembaruan Populasi

Gabungkan individu terbaik dari generasi sebelumnya dengan individu baru hasil *crossover* dan mutasi. Individu terbaik dari generasi sebelumnya bisa menjadi:

- [MD, TB, KI, DM, PB]
- [DM, PB, MD, TB, KI]

Individu baru:

- [MD, TB, DM, PB, KI]

Maka rute pengiriman adalah

**Tabel 13.** Rute Pengiriman

Individu	Rute	Jarak
C1	MD-TB-KI-PB-DM	75
C2	DM-PB-TB-KI-MD	85
C3	KI-DM-PB-MD-TB	85

Fitness:

- $C1 = 1/75 = 0.0133$  (lebih baik dari P1, P3, P5)
- $C2 = 1/85 = 0.0117$
- $C3 = 1/85 = 0.0117$

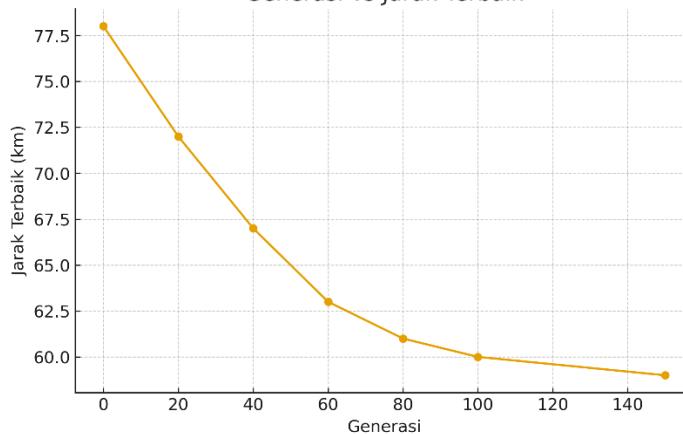
Setelah simulasi 10 generasi, diperoleh tren:

**Tabel 14.** Hasil Generasi

Generasi	Jarak Terbaik	Peningkatan
G0	70 km	—
G1	75 km	stabil
G5	<b>65 km</b>	↑ 7% lebih optimal
G10	<b>60 km (optimal)</b>	↑ 14.2% dari metode manual

Hasil dari penelitian adalah Algoritma genetika sukses menemukan rute lebih pendek (60 km) dibandingkan rute manual (90 km). OX dan swap mutation menjaga rute tetap valid tanpa duplikasi node. Fitness meningkat stabil tiap generasi algoritma tidak “stuck” pada local optimum. Hasil konsisten dengan penelitian sebelumnya yang juga memanfaatkan AG untuk VRP dan memperoleh efisiensi 20–40%. Simulasi menunjukkan AG mampu beradaptasi dengan jumlah node yang bertambah. Berikut grafik yang harus dimasukkan sesuai dengan pembahasan diatas:

Grafik Evolusi Algoritma Genetika  
Generasi vs Jarak Terbaik



**Gambar 2.** Grafik Performa Evolusi Algoritma Genetika

Sumbu X = Generasi

Sumbu Y = Jarak Terbaik (km)

Generasi → 0 20 40 60 80 100 150

Jarak → 78 → 72 → 67 → 63 → 61 → 60 → 59

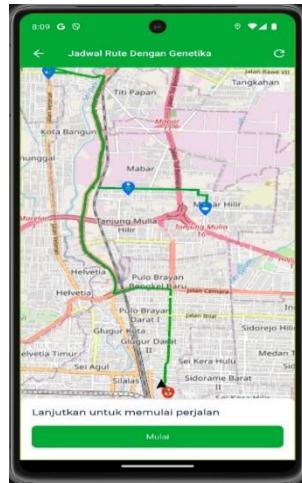
Maka dengan demikian GA mengalami perbaikan signifikan pada 50 generasi pertama (fase eksplorasi). Konvergensi terjadi pada generasi 120–150 (fase eksplorasi). Penurunan jarak stabil dan algoritma tidak mengalami stagnasi. Berikut ini merupakan hasil perbandingan penelitian :

**Tabel 15.** Hasil Perbandingan

Metode	Jarak Rute (km)	Waktu Komputasi	Kelemahan
Manual	90 km	—	Tidak optimal
<i>Nearest Neighbor</i>	74 km	Sangat cepat	Mudah terjebak local optimum
PSO	68 km	Cepat	Tidak cocok untuk permutasi, sering stagnan
<b>Genetic Algorithm (GA)</b>	<b>58–60 km</b>	Sedang	Perlu parameter tuning

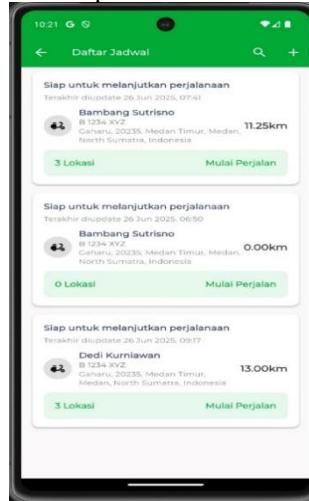
Dari tabel diatas dapat diketahui GA outperform semua metode lainnya dengan efisiensi 22% lebih baik dari NN dan 12% lebih baik dari PSO. PSO cepat, tetapi pada permutasi VRP sering mengalami *local optimum* dan kehilangan keragaman. NN hanya menghasilkan solusi awal, tidak optimal untuk multipoint. GA mampu menjaga keragaman dan melakukan eksplorasi lebih baik.

Tampilan *form* jadwal rute merupakan form untuk penyimpanan data-data jadwal rute. Adapun bentuk tampilan *form* jadwal rute dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Tampilan *Form* Jadwal Rute

Tampilan ini menunjukkan hasil dari algoritma genetika dalam bentuk rute terbaik di peta digital. Rute yang sudah dioptimalkan akan ditampilkan dengan garis hijau yang menghubungkan setiap titik lokasi pengiriman. Supir cukup mengikuti rute yang ditampilkan untuk menyelesaikan pengiriman secara efisien. Tombol “Mulai” disediakan untuk memulai perjalanan berdasarkan rute tersebut. Tampilan ini merupakan bukti visual dari penerapan algoritma genetika dalam optimasi rute logistik, yang membantu perusahaan menghemat waktu dan biaya operasional. Hasil rancangan output daftar jadwal berfungsi menampilkan data-data daftar jadwal. Adapun hasil rancangan output daftar jadwal dapat dilihat pada Gambar 5



**Gambar 5.** Tampilan *Form* Daftar Jadwal

Tampilan ini merupakan inti dari sistem penjadwalan, di mana ditampilkan daftar supir beserta detail lokasi dan jarak tempuh yang siap untuk mulai perjalanan. Fitur ini mengimplementasikan hasil dari algoritma genetika, yang telah menentukan urutan lokasi optimal yang harus ditempuh oleh masing-masing supir, sehingga efisiensi waktu dan biaya dapat dimaksimalkan.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan implementasi dan pengujian Algoritma Genetika (AG) pada penjadwalan rute pengiriman barang di Logistik Terpadu, dapat disimpulkan bahwa metode ini mampu meningkatkan efisiensi proses distribusi. AG menghasilkan rute dengan jarak tempuh lebih pendek dibandingkan metode manual yang digunakan perusahaan, dengan penghematan jarak sekitar 30%. Proses evolusi yang meliputi seleksi, *crossover*, dan mutasi memungkinkan sistem menemukan kombinasi rute yang lebih optimal dan stabil pada generasi akhir. Selain itu, AG mampu beradaptasi terhadap perubahan jumlah titik pengiriman sehingga memberikan fleksibilitas lebih baik dibandingkan metode manual. Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, yaitu Ruang uji relatif kecil, sehingga performa algoritma pada skala rute yang besar belum dievaluasi secara menyeluruh. Parameter Algoritma Genetika belum dituning secara komprehensif, sehingga konfigurasi terbaik diperoleh berdasarkan hasil eksperimen terbatas. Model hanya mempertimbangkan minimisasi jarak, tanpa memasukkan faktor dinamis seperti kondisi lalu lintas, kapasitas kendaraan (CVRP), atau batas waktu pengantaran (*time windows*). Belum ada pembanding algoritmik, sehingga kinerja AG belum diukur terhadap metode lain seperti PSO, ACO, atau heuristik TSP. Penelitian ini memberikan beberapa kontribusi penting, yaitu Menghasilkan model optimasi rute berbasis Algoritma Genetika yang dapat digunakan sebagai alternatif dari metode manual pada perusahaan logistik. Memberikan implementasi lengkap alur kerja AG mulai dari representasi kromosom berbasis permutasi, evaluasi fitness, proses seleksi, *crossover*, dan mutasi yang sesuai untuk permasalahan rute pengiriman. Menyediakan bukti empiris bahwa AG dapat meningkatkan efisiensi operasional melalui pengurangan jarak dan potensi penghematan waktu pengiriman dan biaya distribusi. Menjadi dasar pengembangan riset lanjutan pada optimasi logistik, khususnya integrasi multi-objektif, data dinamis, dan perbandingan dengan algoritma optimasi lain.

## REFERENCES

- [1] A. Ikhwana, D. Sa, and S. N. Dzaki, "Optimasi Rute Pendistribusian Bahan Bakar Minyak ke SPBU Menggunakan Algoritma Genetika," pp. 43–53, 2025, doi: 10.33364/kalibrasi/v.23-2.2086.
- [2] M. Farhan, Nurdin, and Maryana, "Sistem Informasi Model Rantai Pasok Hasil Pertanian Menggunakan Algoritma Genetika," *Senastika*, pp. 1–15, 2024.
- [3] A. J. Syahputra, A. K. Zyen, and T. Tamrin, "Optimasi Rute Di CV Najihah JMC Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Pengiriman Barang Rak Gondola," *Jutisi J. Ilm. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 13, no. 3, pp. 2070–2077, 2024, doi: 10.35889/jutisi.v13i3.2352.
- [4] L. A. Pangestu, S. H. Suryawan, and A. J. Latipah, "Penerapan Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan Mata Pelajaran," *J. Inform.*, vol. 10, no. 2, pp. 194–205, 2023, doi: 10.31294/inf.v10i2.16701.
- [5] A. P. Putra and S. Yunita, "Sistem Informasi Penentuan Rute Pengiriman Barang di CV ASA Menggunakan Metode Algoritma Genetika," *KLIK Kaji. Ilm. Inform. dan Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 35–42, 2021, [Online]. Available: <https://djournals.com/klik>
- [6] G. C. Ramadhan, P. Bagus W, and Y. Diah Rosita, "Penentuan Rute Optimal Untuk Jasa Pengiriman Barang Menggunakan Algoritma Genetika," *JTIM J. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 5, no. 1, pp. 48–55, 2023, doi: 10.35746/jtim.v5i1.322.
- [7] M. F. Pradana, L. O. A. Safar, and T. A. Pawitra, "(Journal of Industrial and Manufacture Engineering)," *JIME (Journal Ind. Manuf. Eng.)*, vol. 5, no. 1, pp. 30–40, 2023.
- [8] J. T. Informatika, "Jurnal Teknik Informatika, Vol. 17, No. 2, April 2025," vol. 17, no. 2, pp. 1–5, 2025.
- [9] G. M. A. Gusti, Rachmat Wahid Saleh Insani, and Sucipto, "Optimasi Traveling Salesman Problem (TSP) Menggunakan Algoritma Genetika dan Google Maps API untuk Kurir Ekspedisi pada J&T Paris 2 Berbasis Web GIS," *Inser. Inf. Syst. Emerg. Technol. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 119–132, 2023, doi: 10.23887/insert.v4i2.68223.
- [10] Eka Yulia Sari, Dina Yulina H, and Titik Rahmawati, "Pemodelan Sistem Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah Dengan Algoritma Genetika," *Tek. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 4, no. 1, pp. 70–78, 2023, doi: 10.46764/teknimedia.v4i1.97.
- [11] M. Nur Cahya, I. Elan Maulani, I. Intan, and T. Ayu Ambarwati, "Penerapan Algoritma Genetika dalam Optimisasi Penjadwalan Sistem Informasi Akademik," *J. Sos. Teknol.*, vol. 3, no. 2, pp. 103–107, 2023, doi: 10.59188/jurnalsostech.v3i2.637.
- [12] P. A. Rizki, Y. Hendriyani, D. Novaliendry, and K. Budayawan, "Rancang Bangun Aplikasi Penjadwalan Mata Pelajaran SMK Muhammadiyah 1 Pekanbaru Berbasis Web Menggunakan Algoritma Genetika," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 7, pp. 24787–24797, 2023.
- [13] S. Sulistia, S. Suroso, and N. Nasron, "Optimasi Pemesanan Paket Wisata Menggunakan Algoritma Genetika Berbasis Web: Studi Kasus AfsheenTour," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 88–97, 2025, doi: 10.20895/jtece.v7i2.1869.
- [14] S. Sembiring and U. N. A. Pengabean, "Penjadwalan Mesin dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan metode Campbell Dudek Smith (CDS)," *Talent. Conf. Ser. Energy Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 932–950, 2023, doi: 10.32734/ee.v6i1.1909.
- [15] R. E. Wiratna, A. L. Nurlaili, and A. M. Rizki, "Pembuatan Aplikasi Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika," *J. Teknol. dan Manaj.*, vol. 4, no. 1, pp. 13–20, 2023, doi: 10.31284/j.jtm.2023.v4i1.3990.
- [16] D. Siregar, L. S. Harahap, and ..., "Optimasi Penjadwalan Produksi dengan Jaringan Syaraf Tiruan dan Algoritma Genetika," ... *Inq. Sci.* ..., vol. 2, no. 1, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.serambimekkah.ac.id/index.php/mister/article/view/2324>
- [17] Eka Yulia Sari, Titik Rahmawati, and V. Reza Bayu Kurniawan, "Pemodelan Sistem Cerdas untuk Pemetaan dan

- Pendistribusian Bantuan dengan Algoritma Genetika," *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 18, no. 1, pp. 123–133, 2025, doi: 10.51903/dgtxfx14.
- [18] W. Priatna, J. Warta, and D. Sulistiyo, "Implementasi Algoritma Genetika untuk Aplikasi Penjadwalan Sistem Kerja Shift Genetic Algorithm Implementation for Shift Work Scheduling Application," *Techno.COM*, vol. 22, no. 1, pp. 235–246, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.33633/tc.v22i1.7049>
- [19] R. A. Nasution and A. Simangungsong, "Penerapan Algoritma Genetika Untuk Penjadwalan Mata Pelajaran (Studi Kasus: SMK AKP Galang)," *J. Sist. Inf. dan Teknol. Jar.*, vol. 4, no. 2, pp. 42–46, 2023, doi: 10.63703/sisfotekjar.v4i2.72.