

Implementasi Metode Algoritma Genetika untuk Penerapan Optimasi Rute Pengantaran Paket di PT POS Cabang Utama Malang

Valentino Malakianno P.N.¹, Vivin Ayu Lestari², Vivi Nur Wijyaningrum³, Muhammad Isa Ansori⁴

^{1,2,3,4} Politeknik Negeri Malang, Indonesia

E-mail: vmalakianno@gmail.com¹, vivin@polinema.ac.id², vivinurw@polinema.ac.id³, cak.isa.ansori@gmail.com⁴

Article History:

Received: 09 Oktober 2025

Revised: 10 Januari 2026

Accepted: 26 Januari 2026

Keywords:

algoritma genetika, optimal rute, sistem informasi, PT POS Indonesia

Abstract: Pada era digitalisasi, industri logistik dituntut untuk meningkatkan efisiensi operasional guna memenuhi kebutuhan pelanggan e-commerce yang semakin berkembang. PT POS Indonesia Cabang Utama Malang menghadapi kendala dalam proses distribusi barang ke Kantor Cabang Pembantu (KCP) yang tersebar di berbagai wilayah Kabupaten Malang. Penentuan rute pengantaran yang masih dilakukan secara manual tanpa pendekatan sistematis menyebabkan jarak tempuh tidak optimal dan waktu pengiriman menjadi lebih lama. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem optimasi rute distribusi berbasis web menggunakan Algoritma Genetika untuk meningkatkan efisiensi operasional. Metode penelitian yang digunakan ialah Prototype dengan tahapan analisis kebutuhan, perancangan, evaluasi, pengkodean, pengujian, dan implementasi sistem. Algoritma Genetika diterapkan dengan parameter optimal meliputi populasi 80 individu, 2000 generasi, crossover rate 0,2, dan mutation rate 0,8. Sistem dibangun menggunakan framework Laravel dan basis data MySQL, kemudian diuji melalui blackbox testing dan User Acceptance Testing (UAT). Hasil menunjukkan seluruh fitur utama berjalan baik dengan tingkat keberhasilan 100% pada blackbox testing. Evaluasi UAT memperoleh nilai rata-rata 91,2%, mencakup aspek kegunaan, keandalan, dan relevansi hasil optimasi. Sistem yang dihasilkan mampu memberikan solusi sistematis terhadap permasalahan distribusi dan berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional PT POS Indonesia Cabang Utama Malang.

PENDAHULUAN

PT Pos Indonesia (Persero) merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memiliki peranan strategis dalam mendukung pelaksanaan program pemerintah di bidang perekonomian, terutama melalui penyediaan layanan pos dan giro bagi masyarakat sejak tahun 1746 (Setiyawan et al., 2021). Seiring dengan pesatnya arus digitalisasi, sektor e-commerce mengalami pertumbuhan yang signifikan. Berdasarkan laporan Katadata (2024), nilai penjualan bruto e-commerce Indonesia mencapai US\$65 miliar dan menjadikannya yang tertinggi di kawasan Asia Tenggara. Pertumbuhan tersebut memberikan pengaruh besar terhadap industri logistik yang dituntut untuk beroperasi secara lebih efisien dan tanggap terhadap kebutuhan pelanggan (Manajemen et al., 2022).

Peningkatan efisiensi operasional menjadi aspek krusial dalam memenangkan persaingan di industri logistik, karena efisiensi memungkinkan perusahaan memenuhi ekspektasi pelanggan sekaligus memperkuat loyalitas pengguna jasa (Bambang Sulistyono & Dety Mulyanti, 2023). Salah satu permasalahan yang dihadapi PT Pos Indonesia Cabang Utama Malang adalah sistem distribusi barang yang belum berjalan optimal. Saat ini, satu unit kendaraan mobil tersier harus melayani hingga tujuh kecamatan dalam satu trayek, seperti jalur Wagir–Kalipare. Penentuan rute pengiriman masih dilakukan secara manual berdasarkan pengalaman petugas lapangan tanpa dukungan pendekatan sistematis, yang berdampak pada meningkatnya waktu dan jarak tempuh.

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan optimasi rute berbasis algoritma untuk memperoleh hasil distribusi yang lebih efisien. Pendekatan komputasional mampu menghasilkan rute dengan jarak yang lebih pendek, waktu pengiriman yang lebih cepat, serta efisiensi penggunaan bahan bakar dan tenaga (Lintang et al., 2024; Lakutu et al., 2023). Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Algoritma Genetika, yaitu metode optimasi yang meniru proses evolusi biologis melalui tahapan seleksi, crossover, dan mutasi. Algoritma ini efektif dalam menyelesaikan permasalahan kompleks dengan fungsi objektif yang tidak selalu linier maupun kontinu (Septiani et al., 2023; Salman et al., 2023; Rizky Fatih Syahputra & Yahfizham, 2023). Dalam konteks distribusi barang, metode ini terbukti mampu menghasilkan rute pengiriman yang optimal (Hannawati, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja Algoritma Genetika dalam menentukan solusi rute pengiriman barang di PT Pos Indonesia Cabang Utama Malang serta mengevaluasi hasil optimasi melalui User Acceptance Test (UAT). Ruang lingkup penelitian difokuskan pada wilayah Kabupaten Malang dengan menggunakan data jarak antar Kantor Cabang Pembantu (KCP) melalui jalur utama tanpa memperhitungkan kondisi lalu lintas maupun jumlah persimpangan lampu merah. Secara praktis, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem distribusi yang lebih cepat dan efisien di PT Pos Indonesia Cabang Utama Malang, serta menjadi referensi bagi penerapan sistem serupa di kantor cabang lainnya. Selain itu, penelitian ini juga menjadi bentuk penerapan pengetahuan yang telah diperoleh penulis selama masa perkuliahan.

LANDASAN TEORI

Studi Literatur

Berbagai penelitian sebelumnya telah banyak mengkaji penerapan Algoritma Genetika (AG) dalam menyelesaikan permasalahan optimasi rute, dan hasilnya menunjukkan potensi yang cukup signifikan. Salah satunya dilakukan oleh Hasyim et al. (2017) yang merancang sistem rekomendasi rute wisata tercepat dan terdekat di wilayah Bandung Raya. Dalam pengujian

sebanyak 25 kali, sistem tersebut memperoleh nilai fitness terbaik sebesar 910,2341 pada generasi ke-117 dengan waktu komputasi 102 menit. Hasil penelitian tersebut menunjukkan relevansi dengan penelitian ini karena sama-sama berfokus pada pencarian rute tercepat dan terpendek bagi pengguna.

Studi lain oleh Rizki et al. (2020) mengimplementasikan AG untuk menyelesaikan Travelling Salesman Problem (TSP) dengan fokus utama pada minimasi jarak perjalanan. Mereka menemukan bahwa kombinasi parameter terbaik diperoleh pada nilai probabilitas crossover sebesar 0,4, mutation rate 0,6, dan jumlah generasi optimal 2000. Hasil tersebut menunjukkan peran penting parameter dalam meningkatkan performa evolusi AG.

Penelitian yang dilakukan oleh Saputra & Fadhilah (2024) juga berhasil mengoptimalkan rute distribusi pada 11 lokasi pengiriman. Implementasi algoritma tersebut mampu menurunkan biaya pengiriman dari Rp7.730.000 menjadi Rp4.830.000 dengan panjang rute total 626 km dan nilai fitness terbaik sebesar 0,0016. Penelitian ini memperkuat bukti bahwa AG efektif diterapkan dalam bidang logistik dan distribusi.

Selain itu, Putra & Sahari (2022) menerapkan AG dalam sistem distribusi koran di Radar Sulteng Palu. Hasil penelitian menunjukkan pengurangan jarak tempuh dari 52 km menjadi 41,32 km dan waktu perjalanan dari 1,5 jam menjadi 49,58 menit tanpa adanya perubahan pada kecepatan kendaraan. Penerapan tersebut membuktikan bahwa AG mampu meningkatkan efisiensi jarak dan waktu pada sistem distribusi nyata.

Penelitian oleh Hani Zulfia Zahro' et al. (2023) juga menegaskan bahwa AG dapat menemukan rute distribusi barang yang paling efisien dengan menghasilkan individu terbaik A–C–E–D–F–B–A dan nilai fitness terkecil sebesar 278. Hasil tersebut memperlihatkan kemampuan algoritma dalam menentukan jalur distribusi optimal.

Secara keseluruhan, literatur yang telah dikaji menunjukkan bahwa AG memiliki relevansi tinggi dalam penyelesaian permasalahan optimasi rute baik di bidang pariwisata maupun logistik. Penelitian ini memiliki kemiripan dengan studi Putra & Sahari (2022), namun difokuskan pada optimalisasi pengantaran paket menuju Kantor Cabang Pembantu (KCP) PT Pos Indonesia Cabang Utama Malang, sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan efisiensi operasional pengiriman.

PT Pos Indonesia (Persero) Cabang Utama Malang sendiri merupakan kantor regional yang menaungi sejumlah cabang seperti Blitar, Tulungagung, dan Kediri. Selain melayani pengiriman surat dan paket, kantor ini juga menyediakan layanan pembayaran, pembelian e-materai, serta telah mengimplementasikan sistem digitalisasi antrian dan pembayaran berbasis QRIS (Alvin Dwi Yans, wawancara pribadi, Malang, 21 Januari 2025).

Algoritma Genetika

Secara konseptual, Algoritma Genetika (AG) merupakan teknik optimasi yang meniru mekanisme evolusi makhluk hidup dan pertama kali dikembangkan oleh John Holland pada tahun 1975 di Universitas Michigan (Mubarak & Chotijah, 2021). Proses algoritma ini melibatkan pembentukan populasi awal, evaluasi nilai fitness, seleksi kromosom terbaik, proses crossover untuk menghasilkan keturunan baru, dan mutation untuk menjaga keberagaman genetik (Salman, 2025; Tohari & Astuti, 2023).

Nilai fitness dalam AG umumnya berbanding terbalik dengan nilai objektif seperti jarak tempuh, artinya semakin kecil jarak maka semakin tinggi nilai fitness-nya. Secara umum, tahapan AG meliputi:

1. Inisialisasi Populasi: Membentuk populasi awal yang terdiri dari beberapa kromosom

yang mewakili solusi potensial.

2. Evaluasi Fitness: Menghitung nilai fitness setiap individu berdasarkan total jarak tempuh. Rumus yang digunakan adalah , di mana merupakan nilai fitness individu ke-i.

3. Seleksi: Pemilihan kromosom dilakukan menggunakan metode roulette wheel, di mana peluang seleksi proporsional terhadap nilai fitness masing-masing individu.

4. Crossover: Dua induk dipadukan untuk menghasilkan keturunan dengan urutan rute baru. Proses ini dilakukan dengan memilih dua titik potong dan menyisipkan elemen dari induk lain tanpa duplikasi.

5. Mutasi: Dua gen dalam satu kromosom ditukar untuk menambah variasi solusi dan menghindari konvergensi dini.

6. Terminasi: Algoritma dihentikan ketika jumlah generasi telah tercapai atau nilai fitness sudah stabil (konvergen).

Proses ini secara bertahap mendekati solusi optimal melalui evolusi berulang. Dengan kemampuan beradaptasi terhadap berbagai skenario kompleks, AG terbukti efisien dalam menyelesaikan masalah optimasi rute dan distribusi logistik secara sistematis dan adaptif.

Optimasi

Optimasi merupakan proses pencarian solusi terbaik untuk mencapai hasil paling efisien sesuai fungsi objektif tertentu. Dalam konteks distribusi logistik, optimasi bertujuan meminimalkan jarak tempuh, waktu, serta biaya operasional guna meningkatkan ketepatan dan kecepatan layanan (Fauzi et al., 2022). Salah satu metode yang efektif digunakan adalah Algoritma Genetika, yang bekerja berdasarkan prinsip evolusi biologis melalui seleksi, crossover, dan mutasi. Pendekatan ini mampu menyelesaikan masalah kompleks seperti Travelling Salesman Problem (TSP) dengan menghasilkan kombinasi rute optimal secara adaptif. Pada penelitian ini, optimasi digunakan untuk menentukan rute pengiriman paket terpendek dari PT Pos Indonesia Cabang Utama Malang ke Kantor Cabang Pembantu (KCP) agar distribusi lebih efisien dan hemat biaya

Prototype

Metode Prototyping digunakan dalam pengembangan sistem untuk mempermudah komunikasi antara pengembang dan pengguna, serta memastikan kesesuaian kebutuhan (Descania, 2023). Tahapan meliputi: (1) pengumpulan kebutuhan sistem dan data lokasi KCP, (2) pembuatan rancangan awal antarmuka menggunakan Figma, (3) evaluasi prototype melalui umpan balik pengguna, dan (4) pengembangan sistem fungsional berbasis hasil evaluasi. Pendekatan ini memungkinkan sistem optimasi rute dikembangkan secara bertahap dan sesuai kebutuhan operasional PT Pos Indonesia Cabang Utama Malang.

User Acceptance Testing (UAT)

User Acceptance Testing (UAT) merupakan tahap akhir dalam pengujian perangkat lunak yang bertujuan memastikan sistem telah sesuai dengan kebutuhan serta harapan pengguna akhir (Suprpto, 2021). Pada tahap ini, pengguna langsung menguji sistem untuk menilai kemudahan penggunaan, keandalan fungsi, dan kesesuaian hasil terhadap kebutuhan operasional.

Dalam penelitian ini, UAT diterapkan pada sistem optimasi rute pengiriman di PT Pos Indonesia Cabang Utama Malang. Pengujian melibatkan divisi operasional dan pengemudi sebagai pengguna utama. Evaluasi dilakukan melalui penyebaran kuesioner yang menilai tiga aspek utama, yaitu usability (kemudahan penggunaan), reliability (konsistensi hasil), dan

relevansi hasil optimasi terhadap kondisi nyata di lapangan.

Hasil dari UAT menjadi dasar untuk perbaikan sistem sebelum diimplementasikan secara penuh. Dengan demikian, pengujian ini berperan penting dalam menjamin bahwa sistem benar-benar layak digunakan dan mampu memberikan manfaat nyata bagi efisiensi operasional perusahaan.

METODE PENELITIAN

Metode optimasi rute dalam penelitian ini menggunakan Algoritma Genetika (AG) yang dikategorikan pada penuntasan masalah Travelling Salesman Problem (TSP). Setiap individu dalam populasi direpresentasikan sebagai kromosom berupa urutan kunjungan ke Kantor Cabang Pembantu (KCP) tanpa pengulangan. Representasi kromosom menggunakan encoding kombinatorial dalam bentuk permutasi.

Proses awal dimulai dari inisialisasi populasi, di mana sejumlah kromosom dibentuk secara acak. Misalnya, populasi awal terdiri dari empat kromosom dengan urutan lokasi yang berbeda-beda. Setiap kromosom kemudian dievaluasi menggunakan fungsi fitness, dengan rumus $f[i] = 1 / \text{Total Jarak Tempuh}$. Semakin kecil total jarak, maka semakin tinggi nilai fitness-nya. Total jarak dihitung berdasarkan data jarak antar lokasi di wilayah distribusi, seperti Wagir, Kalipare, Kepanjen, dan sebagainya.

Setelah evaluasi fitness, dilakukan tahap seleksi menggunakan metode roulette wheel selection, yang memberikan peluang lebih besar bagi individu dengan nilai fitness lebih tinggi untuk terpilih sebagai induk dalam tahap crossover.

Tahap crossover menggunakan teknik Order Crossover (OX) untuk menghasilkan anak dari dua induk terpilih. Potongan dari masing-masing kromosom induk akan disisipkan secara terurut untuk membentuk dua individu baru yang tetap mempertahankan urutan unik antar lokasi.

Selanjutnya, dilakukan mutasi menggunakan metode swap mutation, yaitu menukar posisi dua gen dalam kromosom secara acak untuk menjaga keragaman populasi dan mencegah stagnasi solusi.

Individu baru kemudian dievaluasi kembali menggunakan fungsi fitness untuk menentukan apakah solusi hasil crossover dan mutasi lebih baik dari generasi sebelumnya. Dalam penelitian ini, parameter optimal yang digunakan adalah: ukuran populasi sebanyak 80 individu, jumlah generasi 2000, crossover rate sebesar 0,2, dan mutation rate sebesar 0,8.

Proses ini diulang hingga mencapai jumlah generasi maksimal atau ketika nilai fitness tidak mengalami peningkatan signifikan. Solusi terbaik dipilih dari kromosom dengan nilai fitness tertinggi, yang merepresentasikan rute pengiriman dengan jarak tempuh paling efisien.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi performa algoritma genetika dalam menyelesaikan persoalan optimasi rute pada kasus distribusi paket di PT Pos Indonesia Cabang Utama Malang. Terdapat empat aspek utama yang diuji: pengujian fungsional sistem (blackbox testing), penerimaan pengguna (UAT), uji parameter algoritma genetika (populasi, generasi, CR, dan MR), serta analisis hasil perhitungan jarak pengiriman dari hasil optimasi.

Pengujian dilakukan terhadap fitur-fitur utama sistem seperti login, manajemen user, pengelolaan data KCP, serta kalkulasi optimasi rute. Seluruh skenario uji berhasil dijalankan tanpa ditemukannya bug logika maupun kesalahan fungsi. Presentase keberhasilan uji mencapai 100%, yang menunjukkan bahwa sistem telah berfungsi sesuai dengan spesifikasi (Arifandi et al., 2022).

Sebanyak lima responden dari PT Pos Indonesia berpartisipasi dalam pengujian UAT dengan tiga aspek penilaian utama:

- Usability: Sistem mendapatkan rata-rata skor 96,6% dengan indikator tertinggi pada kemudahan antarmuka dan navigasi.
- Reliability: Sistem memperoleh rata-rata skor 94%, menunjukkan performa sistem yang konsisten dan stabil.
- Relevansi Hasil Optimasi: Aspek ini memperoleh skor rata-rata 83,4%, dengan catatan bahwa hasil optimasi telah membantu pengguna memahami efisiensi rute walau masih perlu perbaikan dalam urutan rute.

Total skor keseluruhan UAT adalah 91,2%, yang menandakan jika sistem diterima dengan sangat baik oleh pengguna (Suprpto, 2021).

Pengujian parameter algoritma genetika dilakukan untuk menentukan konfigurasi optimal yang memberikan nilai fitness terbaik dan waktu komputasi yang efisien dalam menyelesaikan permasalahan optimasi rute. Tiga parameter utama diuji, yaitu ukuran populasi, jumlah generasi, serta kombinasi probabilitas crossover rate (CR) dan mutation rate (MR). Uji dilakukan secara eksperimental dengan metode elitis dan variabel lainnya dibuat konstan untuk mengisolasi pengaruh masing-masing parameter.

Pengujian dilakukan dengan variasi populasi mulai dari 10 hingga 160 individu. Pada gambar 1 menunjukkan adanya peningkatan signifikan terhadap nilai fitness seiring bertambahnya ukuran populasi. Nilai fitness meningkat dari 2,093939 (populasi 10) hingga mencapai puncaknya pada populasi 160 dengan nilai 2,194400, namun peningkatan paling signifikan terjadi pada populasi 80 dengan nilai 2,189698. Setelah populasi 80, kenaikan nilai fitness relatif kecil, sementara waktu komputasi meningkat secara eksponensial. Oleh karena itu, ukuran populasi optimal ditetapkan pada 80 individu, karena memberikan keseimbangan antara eksplorasi ruang solusi dan efisiensi waktu proses.



Gambar 1. Grafik Uji Coba Nilai Populasi

Fenomena ini konsisten dengan literatur algoritma genetika, di mana ukuran populasi yang terlalu kecil membatasi keragaman individu dan cenderung mengarah pada premature convergence, sementara ukuran terlalu besar tidak proporsional terhadap perbaikan solusi (Goldberg, 1989).

Eksperimen dilanjutkan dengan mencari jumlah generasi terbaik menggunakan populasi tetap sebanyak 80. Pada gambar 2 variasi dilakukan pada rentang 500 hingga 3000 generasi. Hasil menunjukkan bahwa nilai fitness meningkat secara progresif hingga generasi 2000 dengan nilai 2,190500, namun setelah itu justru menurun, yakni 2,190308 pada generasi 2500 dan 2,190165 pada generasi 3000. Penurunan ini menunjukkan gejala stagnasi pada solusi lokal

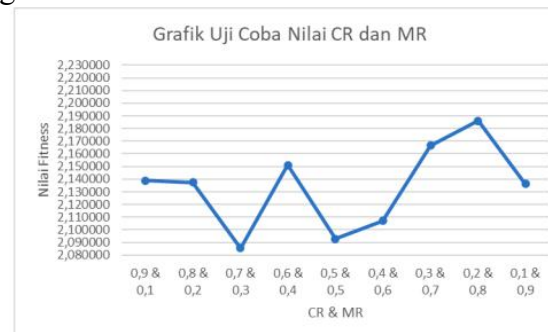
akibat konvergensi yang terlalu dalam.



Gambar 2. Grafik Uji Coba Nilai Generasi

Dengan demikian, jumlah generasi optimal ditetapkan pada 2000 generasi, karena memberikan hasil terbaik dengan proses yang relatif efisien tanpa mengorbankan kualitas solusi.

Parameter crossover rate (CR) dan mutation rate (MR) diuji dalam beberapa kombinasi yang representatif, yaitu rendah-tinggi, seimbang, dan tinggi-rendah. Pada gambar 3 menunjukkan bahwa kombinasi CR = 0,2 dan MR = 0,8 menghasilkan nilai fitness tertinggi. Kombinasi ini lebih efektif dibandingkan pasangan seimbang (0,5 & 0,5) maupun ekstrem lainnya seperti CR tinggi dengan MR rendah.



Gambar 3. Grafik Uji Coba Nilai CR dan MR

Temuan ini menguatkan bahwa dalam konteks Travelling Salesman Problem (TSP), eksplorasi melalui mutasi lebih dominan dalam menghasilkan solusi optimal dibanding eksploitasi melalui crossover. Crossover yang terlalu tinggi justru memperbanyak penyilangan individu tanpa menjamin peningkatan solusi. Sementara itu, tingkat mutasi tinggi membantu algoritma menjelajah ruang solusi yang lebih luas dan menghindari jebakan local optimum (Tohari & Astuti, 2023).

Dengan demikian, konfigurasi parameter algoritma genetika yang direkomendasikan adalah sebagai berikut:

Ukuran populasi: 80 individu

Jumlah generasi: 2000

Crossover rate (CR): 0,2

Mutation rate (MR): 0,8

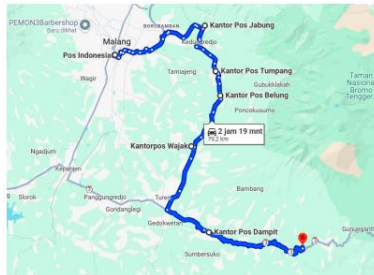
Kombinasi ini memberikan nilai fitness tertinggi, waktu proses yang efisien, serta stabilitas hasil antar iterasi. Konfigurasi ini kemudian digunakan sebagai basis untuk pengujian hasil optimasi rute pada subbab selanjutnya.

Proses optimasi rute pengantaran dilakukan menggunakan pendekatan algoritma genetika dua tahap, yaitu pengelompokan Kantor Cabang Pembantu (KCP) ke dalam trayek, serta

penentuan urutan kunjungan optimal dalam masing-masing trayek. Implementasi ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan Travelling Salesman Problem (TSP), dengan konfigurasi parameter terbaik yang telah diperoleh sebelumnya: populasi 80, generasi 2000, crossover rate 0,2, dan mutation rate 0,8.

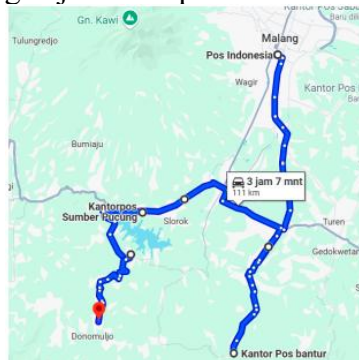
Pengujian awal dilakukan dengan metode Order Crossover (OX) dan Swap Mutation, yang dikenal mampu mempertahankan urutan rute sambil tetap memperkenalkan variasi individu baru. Hasil dari kelima trayek yang dihasilkan sistem adalah sebagai berikut:

Rute 1: Jabung – Tumpang – Poncokusumo – Wajak – Dampit – Ampelgading dengan jarak tempuh: 79,2 km



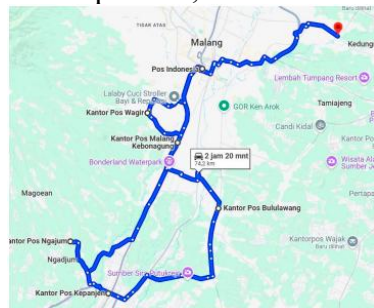
Gambar 4. Hasil Optimasi Rute 1

Rute 2: Bantur – Pagelaran – Kromengan – Sumberpucung – Kalipare – Donomulyo dengan jarak tempuh: 111 km



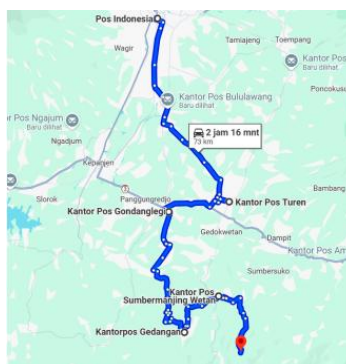
Gambar 5. Hasil Optimasi Rute 2

Rute 3: Ngajum – Kapanjen – Bululawang – Kebonagung – Wagir – Pakis dengan jarak tempuh: 74,2 km



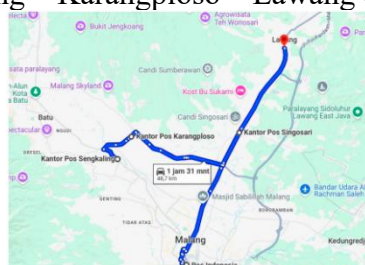
Gambar 6. Hasil Optimasi Rute 3

Rute 4: Turen – Gondanglegi – Gedangan – Sumbermanjing Wetan – Sumbermanjing Kulon dengan jarak tempuh: 73 km



Gambar 7. Hasil Optimasi Route 4

Route 5: Singosari – Sengkaling – Karangploso – Lawang dengan jarak tempuh: 48,7 km

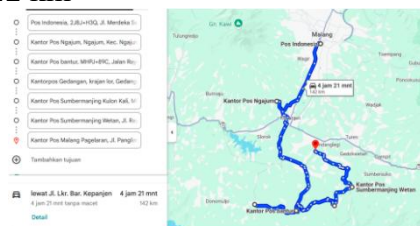


Gambar 8. Hasil Optimasi Route 5

Akumulasi total jarak dari semua trayek adalah 385,4 km. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem berhasil mengelompokkan KCP dengan baik, namun belum sepenuhnya optimal dalam mengatur urutan kunjungan di dalam masing-masing trayek. Hal ini mengindikasikan adanya celah untuk peningkatan, terutama pada tahap sequencing.

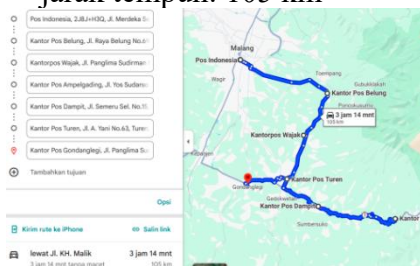
Untuk keperluan pembandingan, algoritma diuji menggunakan metode Partially Matched Crossover (PMX) dan Scramble Mutation. Kombinasi ini menghasilkan trayek sebagai berikut:

Route 1: Ngajum – Bantur – Gedangan – Sumbermanjing Kulon – Sumbermanjing Wetan – Pagelaran dengan jarak tempuh: 142 km



Gambar 9. Hasil Optimasi pmx 1

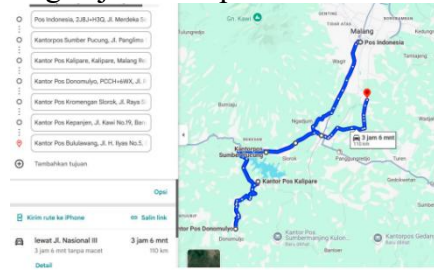
Route 2: Poncokusumo – Wajak – Ampelgading – Dampit – Turen – Gondanglegi dengan jarak tempuh: 105 km



Gambar 10. Hasil Optimasi pmx 2

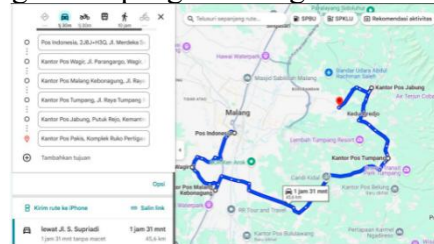
Route 3: Sumberpucung – Kalipare – Donomulyo – Kromengan – Kepanjen – Bululawang

dengan jarak tempuh: 110 km



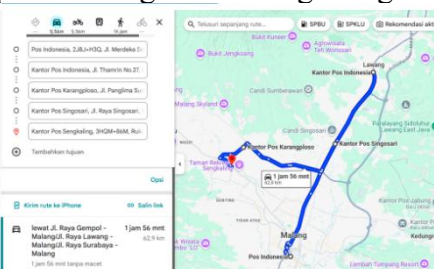
Gambar 11. Hasil Optimasi pmx 3

Rute 4: Wagir – Kebonagung – Tumpang – Jabung – Pakis dengan jarak tempuh: 45,6 km



Gambar 12. Hasil Optimasi pmx 4

Rute 5: Lawang – Karangploso – Singosari – Sengkaling dengan jarak tempuh: 62,9 km



Gambar 13. Hasil Optimasi pmx 5

Total jarak seluruh trayek dalam konfigurasi ini mencapai 465,5 km, atau lebih panjang 80,1 km dibandingkan dengan metode Order Crossover dan Swap Mutation.

Berdasarkan hasil eksperimen, metode Order Crossover dan Swap Mutation terbukti menghasilkan rute yang lebih pendek dan efisien dibandingkan dengan metode PMX dan Scramble Mutation. Hal ini dapat dijelaskan oleh kemampuan Order Crossover dalam mempertahankan urutan asli gen yang valid dalam konteks TSP, serta kemampuannya mencegah duplikasi gen selama proses reproduksi.

Dari hasil tersebut, rute terpendek dihasilkan oleh Trayek 5 (Singosari – Karangploso – Lawang) dengan jarak hanya 48,7 km, sedangkan rute terpanjang muncul pada metode PMX di Trayek 1 dengan jarak 142 km. Fakta ini mengindikasikan bahwa konfigurasi crossover dan mutasi memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi algoritma genetika.

Secara keseluruhan, algoritma telah berhasil mengatasi tantangan clustering dan menyusun rute yang mendekati optimal. Namun, pada beberapa trayek, urutan kunjungan belum sepenuhnya mengikuti susunan geografis linier, menyebabkan inefisiensi jarak. Oleh karena itu, penyempurnaan lebih lanjut masih diperlukan, baik dalam hal representasi kromosom maupun strategi seleksi dan mutasi, agar hasil optimasi dapat sepenuhnya memenuhi prinsip penghematan rute dalam sistem distribusi PT Pos Indonesia Cabang Utama Malang.

4.2 Pembahasan

Algoritma genetika yang digunakan dalam penelitian ini terbukti mampu menyelesaikan

persoalan optimasi rute pengantaran barang yang dikategorikan sebagai Travelling Salesman Problem (TSP). Berdasarkan serangkaian pengujian parameter, konfigurasi terbaik diperoleh dengan ukuran populasi sebanyak 80 individu, 2000 generasi, crossover rate sebesar 0,2 dan mutation rate sebesar 0,8. Kombinasi ini dipilih karena memberikan nilai fitness yang tinggi dan waktu proses komputasi yang efisien. Peningkatan nilai fitness secara signifikan terjadi antara ukuran populasi 50 hingga 80, namun setelah itu tidak lagi menunjukkan peningkatan berarti. Hal ini sejalan dengan temuan Goldberg (1989) yang menyatakan bahwa variasi genetik dan eksplorasi solusi sangat dipengaruhi oleh ukuran populasi serta intensitas mutasi yang digunakan.

Dalam konteks optimasi rute pengantaran, penggunaan mutation rate yang tinggi terbukti memberikan kontribusi signifikan terhadap keberhasilan algoritma dalam menemukan solusi optimal. Mutation rate sebesar 0,8 memungkinkan sistem menjelajahi ruang solusi yang lebih luas dan mencegah algoritma terjebak pada solusi lokal. Sebaliknya, crossover rate yang rendah sebesar 0,2 menjaga kestabilan individu-individu terbaik agar tidak terlalu cepat berubah dalam proses reproduksi. Hasil kombinasi ini menunjukkan bahwa mutasi berperan dominan dalam perbaikan solusi pada kasus distribusi KCP, yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi dan kemungkinan lintasan yang sangat bervariasi.

Evaluasi terhadap dua metode kombinasi crossover dan mutasi juga menunjukkan hasil yang berbeda signifikan. Metode Order Crossover dan Swap Mutation menghasilkan total jarak tempuh 385,4 km untuk lima trayek pengiriman, sedangkan metode PMX dan Scramble Mutation menghasilkan jarak yang lebih panjang, yaitu 465,5 km. Artinya, metode pertama lebih efektif dalam menyusun rute kunjungan KCP dengan efisien. Selain itu, trayek dengan performa terbaik muncul pada metode Order Crossover dan Swap Mutation dengan total jarak 48,7 km, sedangkan trayek terburuk dari metode PMX mencapai 142 km. Perbedaan ini memperkuat argumen bahwa jenis crossover dan mutasi yang digunakan memiliki dampak besar terhadap hasil akhir optimasi.

Namun demikian, sistem masih menghadapi kendala pada penentuan urutan kunjungan KCP dalam trayek tertentu. Meskipun proses pengelompokan KCP sudah dilakukan dengan baik sesuai batasan jumlah maksimal kecamatan dalam satu trayek, susunan urutan kunjungan belum sepenuhnya mengikuti struktur geografis yang efisien. Dalam satu skenario, hasil optimasi justru menghasilkan jarak tempuh yang lebih panjang dibandingkan dengan rute manual sebelumnya, yakni 385,4 km berbanding 349,2 km. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma belum sepenuhnya optimal dalam tahap kedua proses, yaitu sequencing, yang kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan representasi kromosom atau struktur seleksi yang belum cukup mempertimbangkan faktor spasial.

Secara keseluruhan, algoritma genetika telah menunjukkan kemampuan adaptif dalam mengelola kompleksitas data pengiriman dan menghasilkan solusi mendekati optimal. Namun, untuk mencapai efisiensi penuh dalam konteks logistik nyata, diperlukan pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi metode hybrid atau penyesuaian representasi genetik berbasis spasial yang lebih relevan. Dengan demikian, sistem dapat dimaksimalkan tidak hanya dalam hal pengelompokan trayek, tetapi juga dalam menyusun urutan kunjungan yang benar-benar meminimalkan jarak dan waktu pengantaran.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sistem optimasi rute pengantaran berbasis web dengan metode Algoritma Genetika di PT Pos Indonesia Cabang Utama Malang, yang mendukung divisi operasional dalam menentukan rute pengantaran barang ke KCP secara sistematis melalui fitur manajemen KCP, perhitungan rute, dan penugasan supir yang terintegrasi

dalam platform web. Meskipun sistem berfungsi baik secara teknis dan menunjukkan efisiensi dalam pengelompokan trayek serta penentuan jalur pengantaran, hasil optimasi masih menghasilkan jarak total 385,4 km, lebih panjang 36,2 km dibandingkan rute actual, sehingga diperlukan penyempurnaan parameter algoritma, seperti ukuran populasi, jumlah generasi, serta nilai *crossover* dan *mutation rate*, agar menghasilkan urutan KCP yang lebih optimal, realistis, dan logis dalam implementasinya. Selain itu, pengembangan sistem ke depan perlu mempertimbangkan faktor eksternal seperti kondisi lalu lintas, waktu tempuh aktual, dan kapasitas kendaraan agar optimasi rute lebih akurat dan aplikatif. Evaluasi melalui *User Acceptance Test* menunjukkan skor rata-rata 91,2%, mencerminkan penerimaan yang sangat baik dari pengguna terkait kegunaan, keandalan, dan relevansi sistem dalam mendukung operasional pengiriman.

DAFTAR REFERENSI

- Arifandi, A., Nafal Zuhdi Simamora, R., Azam Janitra, G., Ainul Yaqin, M., Maariful Huda, M., & Artikel Abstrak, I. (2022). Survei Teknik-Teknik Pengujian Software Menggunakan Metode Systematic Literature Review. *ILKOMNIKA: Journal of Computer Science and Applied Informatics E*, 4(3), 297–315. <https://doi.org/10.28926/ilkomnika.v4i3.436>
- Bambang Sulisty, & Dety Mulyanti. (2023). Strategi Manajemen Kesehatan di Rumah Sakit: Memaksimalkan Pelayanan Pasien dan Efisiensi Operasional. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 7(1), 09–19. <https://doi.org/10.57214/jusika.v7i1.273>
- Binuko Paksi, A., Hafidhoh, ul, & Kariagil Bimonugroho, S. (2023). Perbandingan Model Pengembangan Perangkat Lunak Untuk Proyek Tugas Akhir Program Vokasi Program Studi D3 Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Madiun (Vol. 14, Issue 1).
- Buani, D. C. P. (2016). Optimasi Algoritma Naïve Bayes dengan Menggunakan Algoritma Genetika untuk Prediksi Kesuburan (Fertility) Duwi. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 6(August), 128.
- Fauzi, R. A., Widyasanti, A., Dwiratna, S., Perwitasari, N., & Nurhasanah, S. (2022). OPTIMASI PROSES PENGERINGAN TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN BUNGA TELANG (*Clitoria ternatea*) MENGGUNAKAN METODE RESPON PERMUKAAN Optimization of Drying Process on Antioxidant Activity of Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*) by Using Response Surface Methodology. In *Jurnal Teknologi Pertanian* (Vol. 23, Issue 1).
- Hani Zulfia Zahro', Santi Wahyuni, F., & Panji Sasmito, A. (2023). Optimasi Genetic Algorithm (GA) Untuk Pencarian Rute Terpendek Distribusi Barang XYZ. *Prosiding SENIATI*, 7(1), 101–105. <https://doi.org/10.36040/seniati.v7i1.8035>
- Hannawati, A. (2022). Pencarian Rute Optimum Menggunakan Algoritma Genetika. In *Jurnal Teknik Elektro*, (Vol. 2, Issue 2). <http://puslit.petra.ac.id/journals/electrical/78>
- Hasyim, N. M., Djamel, E. C., Komarudin, A., Informatika, J., Fakultas, M., Universitas, J., Achmad, Y., & Cimahi, I. (2017). Optimalisasi Rute Obyek 98 Wisata Di Bandung Raya Menggunakan Algoritma Genetika. In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATi)*.
- Lakutu, N. F., Mahmud, S. L., Katili, M. R., & Yahya, N. I. (2023). Algoritma Dijkstra dan Algoritma Greedy Untuk Optimasi Rute Pengiriman Barang Pada Kantor Pos Gorontalo. *Euler : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, 11(1), 55–65. <https://doi.org/10.34312/euler.v11i1.18244>
- Lintang, H., Hafidz, F., Rafi, M., Naufal, A., & Muthalib, M. A. (2024). Penerapan AI untuk

- Optimasi Rute Secara Real-time dan Meningkatkan Efisiensi Pengiriman. *Jurnal Sains Masyarakat*, 01. <https://doi.org/10.1016/j.ijlm.2022.04.003>
- Manajemen, J., Bhakti, B. T., & Safei, A. (2022). PENGARUH KUALITAS JASA DAN MOTIVASI KERJA TERHADAP KEPUASAN PELANGGAN PADA PT. INDAH LOGISTIK CARGO BANTAR GEBANG. 1(1).
- Metode Prototype Pada Pengembangan Sistem Antrian Online, P., & Yassa Descania, D. (2023). PENERAPAN METODE PROTOTYPE PADA PENGEMBANGAN SISTEM ANTRIAN ONLINE DI KEMENTERIAN ATR/BPN KAB. SUKABUMI. *INDEXIA : Informatic and Computational Intelligent Journal*, 5(1), 1–18.
- Mubarok, A. Y., & Chotijah, U. (2021). PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK MENCARI OPTIMASI KOMBINASI JALUR TERPENDEK DALAM KASUS TRAVELLING SALESMAN PROBLEM. PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK MENCARI OPTIMASI KOMBINASI JALUR TERPENDEK DALAM KASUS TRAVELLING SALESMAN PROBLEM, 7.
- Nuh, M. (2022). Penyuluhan Mengelola Website Sebagai Media Publikasi, Komunikasi Dan Informasi Pada Pesantren Hidayatullah Jonggol. *Jurnal Pedes - Pengabdian Bidang*, 2, 110–117. <https://journal.interstudi.edu/index.php/jurnalpedes/article/view/1646/282>
- Putra, T. S., & Sahari, A. (2022). Optimasi Rute Distribusi Koran Radar Sulteng Palu Menggunakan Algoritma Genetika. *JURNAL ILMIAH MATEMATIKA DAN TERAPAN*, 19(1), <https://doi.org/10.22487/2540766x.2022.v19.i1.1580739-48>. 99
- Rizki,), Pratama, R., Rintho,), Rerung, R., & Erfina, A. (2020). PENYELESAIAN TRAVELLING SALESMAN PROBLEM MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA. *Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi*, 2(1), 10–18.
- Rizky Fatih Syahputra, & Yahfizham Yahfizham. (2023). Menganalisis Konsep Dasar Algoritma Genetika. *Bhinneka: Jurnal Bintang Pendidikan Dan Bahasa*, 2(1), 120–132. <https://doi.org/10.59024/bhinneka.v2i1.643>
- Salman, R. (2025). Optimalisasi Waktu Komputasi Algoritma Genetika dengan Variasi Probabilitas Mutasi pada Penjadwalan Kuliah Optimization of Genetic Algorithm Computation Time with Mutation Probability Variations in Course Scheduling. 7, 77–81.
- Salman, R., Suprpto, & Irfandi. (2023). Analisis Pengaruh Probabilitas Crossover Terhadap Kinerja Algoritma Genetika Dalam Optimasi Penjadwalan Matakuliah. *Jurnal Teknoif Teknik Informatika Institut Teknologi Padang*, 11(2), 69–74. <https://doi.org/10.21063/jtif.2023.v11i2.69-74>
- Saputra, A., & Fadhilah, D. (2024). Optimasi Jalur Distribusi Menggunakan Pendekatan Algoritma Genetika (Vol. 10, Issue 2).
- Septiani, A., Julaeha, S., Raya Tengah No, J., Gedong, K., Rebo, P., & Timur, J. (2023). Penerapan Algoritma Genetika untuk Memprediksi Penjadwalan Jasa Pasang Pada PT. Reka Graha Semesta. *Jurnal Sains Student Research*, 1(1), 628–639. <https://doi.org/10.61722/jssr.v1i1.200>
- Setiyawan, A., Kusbianto, D., Ririd, A. R. T. H., Rohadi, E., & Ananta, A. Y. (2021). PENCARIAN JALUR TERPENDEK UNTUK PENJEMPUTAN BARANG KIRIMAN PELANGGAN MITRA (STUDI KASUS PADA KANTOR POS MALANG). PENCARIAN JALUR TERPENDEK UNTUK PENJEMPUTAN BARANG KIRIMAN PELANGGAN MITRA (STUDI KASUS PADA KANTOR POS MALANG).
- Suprpto, E. (2021). User Acceptance Testing (UAT) Refreshment PBX Outlet Site BNI Kanwil Padang. *Jurnal Civronlit Unbari*, 6(2), 54. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v6i2.85>

Tohari, A., & Astuti, Y. P. (2023). PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK PT. POS CABANG 100 LAMONGAN. In Jurnal Ilmiah Matematika (Vol. 11).

INTERVIEW TENTANG PERUSAHAAN. (2025). Platform: Google Forms.
<https://forms.gle/nDviqESg6LHgoi6A7>