

Optimalisasi Rute Distribusi di Kantor Pos Berbasis Capacitated Vehicle Routing Problem Menggunakan Algoritma Genetika

Ismawati Ainol Robbi¹, Achmad Mufliq², Syahri Mu'min³

^{1,2,3} Program Studi Sistem Informasi, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo, Indonesia

¹21422023.student@unusida.ac.id, ²achmadmufliq.it@unusida.ac.id, ³syahri.si@unusida.ac.id

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Received 2026-02-05

Revised 2026-02-17

Accepted 2026-02-21

Abstract – In the logistics sector, distribution plays a crucial role as it directly affects operational costs and delivery time efficiency. The Sidoarjo Branch Post Office is one of the logistics service providers with a wide delivery coverage area. However, it still faces several issues, particularly suboptimal delivery routes and an imbalance in workload distribution among couriers. Therefore, this study aims to optimize delivery routes by considering vehicle capacity and workload balancing using the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) approach combined with a Genetic Algorithm. The Genetic Algorithm was selected due to its ability to explore a wide solution space and avoid being trapped in local optima. The process includes population initialization, fitness evaluation, selection, crossover, mutation, and the generation of new populations. The CVRP model is applied to minimize total travel distance while considering constraints such as vehicle capacity, customer visits, and workload distribution among couriers. The results show that the proposed approach produces shorter delivery routes compared to the manual method, achieving a distance reduction of 19.9%. In addition, the number of required couriers is reduced from 13 to 10 without exceeding capacity constraints. The developed web-based decision support system is able to present comparisons before and after optimization, distribute workloads more evenly, reduce the number of active couriers, and provide route recommendations for each courier. Overall, the proposed approach proves to be effective in improving operational efficiency and performance at the Sidoarjo Branch Post Office.

Keywords: Genetic Algorithm, Capacitated Vehicle Routing Problem, Workload Distribution, Route Recommendations

Corresponding Author:

Ismawati Ainol Robbi

Email:

21422023.student@unusida.ac.id



This is an open access article under the [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

Abstrak – Dalam sektor logistik distribusi barang merupakan salah satu aspek penting karena berpengaruh pada efisiensi biaya operasional dan waktu pengiriman. Kantor Pos Cabang Sidoarjo merupakan salah satu sektor logistik yang memiliki wilayah cakupan pengiriman yang luas. Namun, Kantor Pos Cabang Sidoarjo memiliki permasalahan dalam distribusi yakni belum optimalnya rute pengiriman dan ketidakseimbangan beban kerja antar kurir. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute pengiriman dengan memperhatikan kapasitas kendaraan serta pemerataan beban kerja menggunakan pendekatan Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) dengan metode Algoritma Genetika. Algoritma Genetika dipilih karena metode ini mampu mengeksplorasi ruang solusi yang luas serta dapat menghindari terjebak pada local optimum. Tahapan Algoritma Genetika meliputi inisialisasi populasi, evaluasi fitness, seleksi individu, crossover, mutasi hingga terbentuknya populasi baru. Penerapan model Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) bertujuan untuk meminimalkan jarak tempuh dengan memperhatikan constraint seperti kapasitas kendaraan, kunjungan pelanggan dan pemerataan beban kerja antar kurir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Algoritma Genetika mampu menghasilkan rute lebih pendek dibandingkan dengan metode manual dengan penghematan total jarak tempuh sebesar 19,9%. Selain itu, jumlah kurir yang dibutuhkan berkurang dari 13 orang menjadi 10 orang. Sistem pendukung keputusan berbasis web dapat menampilkan perbandingan sebelum dan setelah optimasi, menyeimbangkan beban kerja antar kurir, mengurangi jumlah kurir yang beroperasi tanpa melebihi kapasitas maksimum dan memberikan rekomendasi urutan kunjungan bagi setiap kurir. Dengan demikian pendekatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi dan kinerja operasional Kantor Pos Cabang Sidoarjo.

Kata Kunci: Algoritma Genetika, Capacitated Vehicle Routing Problem, Pemerataan Beban Kerja, Rekomendasi Rute

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan besar pada pertumbuhan ekonomi digital khususnya pada sektor *e-commerce* yang berkembang sangat pesat. Pertumbuhan konsumsi belanja *online* yang terus meningkat memberikan dampak positif bagi beberapa sektor usaha termasuk sektor logistik yang menjadi penghubung antara penjual dengan konsumen di seluruh wilayah [1]. Aktivitas belanja *online* yang mengalami lonjakan menuntut kinerja distribusi logistik untuk cepat dan tepat dalam menghadapi volume dan variasi permintaan pelanggan. Menurut

[2], logistik memiliki tujuan utama yakni memastikan barang atau jasa tersedia tepat waktu, lokasi yang tepat, jumlah yang tepat serta biaya yang minimal.

PT. Pos Indonesia (Persero) sebagai salah satu perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak pada bidang jasa kurir, logistik dan transaksi keuangan yang memiliki cakupan wilayah pengiriman terluas di Indonesia, luasnya cakupan wilayah pengiriman menyebabkan meningkatnya kompleksitas rute distribusi yang harus dilalui oleh kurir setiap harinya. Kondisi tersebut juga dialami pada Kantor Pos Cabang Sidoarjo sebagai penyedia jasa pengiriman dengan jangkauan cukup luas yang memiliki tanggung jawab besar dalam memastikan proses distribusi berjalan secara lancar dan efisien. Kegiatan operasional Kantor Pos memiliki beberapa tahapan, dimulai dari penerimaan paket pelanggan, penyortiran paket berdasarkan tujuan pengiriman, perencanaan rute pengiriman oleh masing-masing kurir kemudian proses pengiriman oleh kurir ke lokasi tujuan. Setelah paket berhasil dikirim kurir melakukan konfirmasi pengiriman pada sistem [3].

Dalam kegiatan operasional sehari-hari efisiensi menjadi faktor krusial karena berhubungan dengan kecepatan layanan, biaya distribusi serta pemanfaatan sumber daya yang tersedia. Namun, pada operasional Kantor Pos Sidoarjo masih menentukan rute pengiriman secara manual dengan mengandalkan ingatan, pengalaman dan perkiraan pribadi kurir (intuitif). Berdasarkan kebiasaan pribadi tersebut kurir sering kali melewati jalur yang sama lebih dari satu kali sehingga mengakibatkan total jarak tempuh yang panjang. Selain itu dalam pendistribusian batasan kapasitas muatan kurir belum optimal sehingga terjadi *overload* pada beberapa kurir yang mengakibatkan beban kerja tidak merata. Kondisi ini juga memicu bertambahnya biaya operasional serta menimbulkan ketidakseimbangan beban kerja yang berdampak menurunnya kualitas layanan distribusi.

Masalah tersebut dapat diidentifikasi sebagai *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yaitu permasalahan perancangan pendistribusian yang memperhatikan batasan kapasitas. *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) sendiri memiliki tiga komponen yakni depot, pelanggan dan kendaraan. Menurut [4], *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) memiliki batasan yaitu setiap kendaraan berangkat dari depot utama untuk mengantarkan barang ke sejumlah pelanggan dengan memperhatikan batasan kapasitas kemudian setelah menyelesaikan pengiriman harus kembali ke depot, memastikan pelanggan dikunjungi tepat satu kali dan tidak melebihi batasan kapasitas. Penelitian yang dilakukan oleh [5] membuktikan bahwa algoritma eksak dalam mencari rute optimal kurang efisien karena waktu komputasinya meningkat secara signifikan seiring bertambahnya jumlah pelanggan. Hal ini menunjukkan metode eksak memiliki keterbatasan dalam menyelesaikan kasus berskala besar dan metode tersebut kurang praktis jika diterapkan pada wilayah distribusi yang luas seperti pada Kantor Pos Sidoarjo. Pada permasalahan penentuan rute yang bersifat kompleks ini tergolong dalam kategori NP-Hard Problem. Seperti yang dijelaskan oleh [6] dalam penelitiannya masalah yang bersifat NP-Hard sulit dicapai dalam waktu yang singkat menggunakan algoritma konvensional sehingga dibutuhkan metode *metaheuristik* untuk menyelesaikan permasalahan tersebut seperti Algoritma Genetika.

Algoritma Genetika dikembangkan berdasarkan prinsip seleksi alam dan evolusi untuk menemukan solusi yang optimal. Penyelesaian Algoritma Genetika meniru mekanisme genetika dari organisme. Pada tahun 1975 Algoritma Genetika pertama kali dikembangkan oleh John Holland yang menyatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi dapat dimodelkan menggunakan pendekatan berbasis genetika [7]. Pengembangan Algoritma Genetika sering kali dikombinasikan oleh algoritma lain untuk meningkatkan kualitas solusi. Penelitian yang dilakukan oleh [8] menyebutkan bahwa Algoritma Genetika dapat diimplementasikan dalam banyak hal seperti penjadwalan, pengiriman, logistik dan banyak industri karena Algoritma Genetika memiliki sifat global sehingga lebih unggul jika digunakan dalam data yang panjang. Dalam penelitian yang dilakukan oleh [9] membahas tentang metode *Local Search* yang diintegrasikan ke dalam tahap operasional Algoritma Genetika untuk mempercepat pencarian solusi optimal pada permasalahan pencarian rute wisata. Hal ini menunjukkan fleksibilitas Algoritma Genetika dalam menyelesaikan berbagai kendala di dunia nyata.

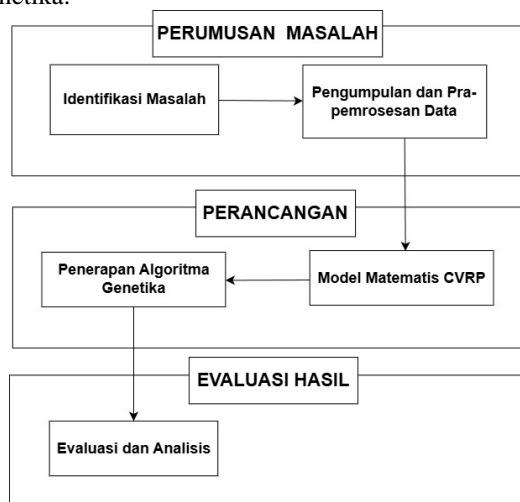
Berbagai penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengkaji optimasi distribusi dan penentuan rute pengiriman barang dengan pendekatan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) menggunakan metode *metaheuristik* seperti Algoritma Genetika. Penelitian yang dilakukan [10] menerapkan Algoritma Genetika dalam penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dan menghasilkan rute dengan total jarak tempuh lebih pendek dibandingkan dengan metode *Nearest Neighbor* dan *Savings Algorithim*. Penelitian oleh [11] menunjukkan bahwa model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dalam penyelesaian pengelolaan limbah menggunakan Algoritma Genetika terbukti efektif dalam menentukan rute optimal. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh [12] menunjukkan hasil penerapan Algoritma Genetika mampu menurunkan biaya transportasi hingga 12% serta dapat meningkatkan efisiensi waktu pengiriman. Meskipun berbagai penelitian telah membahas optimasi rute menggunakan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dan Algoritma Genetika namun, sebagian penelitian hanya berfokus pada meminimalisir jarak tempuh dan belum mempertimbangkan aspek pemerataan beban kerja antar kurir. Oleh karena itu penelitian ini tidak hanya mengoptimalkan jarak tempuh tetapi juga mempertimbangkan pemerataan beban kerja antar kurir agar tercapai rute pengiriman yang lebih optimal dan juga seimbang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan pencarian rute paling optimal dengan batasan yang sudah ditentukan sehingga meminimalkan total jarak tempuh serta mengoptimalkan rute dengan pendekatan *Capacitated*

Vehicle Routing Problem (CVRP) yang memperhitungkan kapasitas muatan maksimum kurir dan pemerataan beban kerja antar kurir pada operasional Kantor Pos Cabang Sidoarjo. Kontribusi penelitian ini meliputi pengembangan model optimasi, implementasi sistem berbasis web serta evaluasi efisiensi distribusi. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi model *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* berbasis Algoritma Genetika dengan pemerataan beban kerja antar kurir serta pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis web. Sistem yang dikembangkan mampu menentukan jumlah kurir berdasarkan kapasitas muatan serta menampilkan perbandingan kondisi distribusi sebelum dan sesudah penerapan optimasi. Pendekatan ini juga memberikan visualisasi rekomendasi rute bagi setiap kurir dalam lingkungan operasional.

II. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan optimasi yang dilakukan pada Kantor Pos Cabang Sidoarjo yang dilaksanakan dari bulan Oktober-Desember 2025. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang tersusun saling berkaitan sehingga membentuk alur penelitian yang sistematis. Rancangan penelitian ini berfokus pada model optimasi rute pengiriman dengan pendekatan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* menggunakan metode Algoritma Genetika.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Pada Gambar 1 menunjukkan diagram alur penelitian yang terdiri dari tiga tahap utama yaitu perumusan masalah, perancangan dan evaluasi hasil. Tahapan tersebut dimulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, perancangan model optimasi, hingga penerapan Algoritma Genetika untuk memperoleh rute yang lebih efisien.

A. Identifikasi Masalah

Pada tahapan identifikasi masalah dilakukan studi literatur dan wawancara langsung pada pegawai PT. Pos Indonesia Cabang Sidoarjo. Ditemukan beberapa permasalahan yang mempengaruhi operasional pengiriman. Masalah utama yang dihadapi adalah belum adanya sistem yang mampu menentukan rute pengiriman secara optimal dengan memperhatikan kapasitas muatan kendaraan, pemerataan beban kerja serta penentuan rute secara manual. Selain itu keterbatasan kapasitas juga menjadi permasalahan proses distribusi di mana setiap kurir memiliki batasan maksimum 70Kg.

Namun, pada operasional sehari-hari Kantor Pos Sidoarjo ditemukan beberapa kurir yang memiliki beban muatan yang melebihi kapasitas (*overload*) sedangkan kurir lain memiliki muatan jauh lebih sedikit. Permasalahan berikutnya yakni adanya sebaran titik pelanggan. Setiap pelanggan memiliki lokasi yang tersebar di berbagai wilayah Sidoarjo sehingga kompleksitas kombinasi rute menjadi sangat besar. Ketika bertambahnya jumlah pelanggan maka jumlah kombinasi rute dapat meningkat.

Permasalahan ini tidak memungkinkan untuk diselesaikan dengan perhitungan manual atau dengan metode eksak dalam waktu singkat, sehingga permasalahan ini tergolong dalam NP-Hard yang membutuhkan waktu komputasi yang tinggi untuk mencari solusi optimal. Dari permasalahan tersebut maka dibutuhkan suatu model optimasi rute pengiriman yang dapat meminimalkan jarak tempuh serta mempertimbangkan pemerataan beban kerja antar kurir dan memperhatikan kapasitas kendaraan.

B. Pengumpulan dan Pra-pemrosesan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk proses optimasi. Data diperoleh melalui hasil observasi dan wawancara dengan pihak Kantor Pos Cabang Sidoarjo sehingga mencerminkan permasalahan

yang sebenarnya terjadi di lapangan. Secara keseluruhan data yang digunakan dalam proses optimasi terdiri dari 690 alamat pelanggan dengan 13 kurir yang beroperasi pada kondisi awal distribusi. Data yang digunakan dalam proses optimasi meliputi data pelanggan, berat kiriman, kapasitas kendaraan, lokasi pengiriman dan koordinat awal pengiriman (depot) sebagai titik awal distribusi. Setiap baris data merepresentasikan satu alamat pelanggan. Data yang telah diperoleh dilakukan pemeriksaan kelengkapan data, penyesuaian format data serta penyesuaian satuan berat pengiriman. Selain itu digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan adanya data kosong dan duplikat.

Setelah proses *cleaning* dilakukan selanjutnya dilakukan perhitungan jarak antar titik pengiriman melalui koordinat pelanggan yang tersedia. Data berat paket digunakan untuk menganalisis batasan kapasitas setiap kurir, pemerataan beban kerja antar kurir dan memastikan tidak terjadi *overload* pada setiap rute pengiriman. Data ini akan diterapkan pada tahap implementasi Algoritma Genetika untuk proses optimasi rute.

TABEL 1
DATA DISTRIBUSI KANTOR POS CABANG SIDOARJO

No.	Alamat Penerima	Berat Kiriman (kg)	Latitude	Longitude
1	Ngampel RT 1/2	0.1 kg	-7.4914685	112.714713
2	Perum Graha Candi Mas Blok A No 31 RT 19 RW 5 Gelam Candi	0.2 kg	-7.4880821	112.7130868
...
690	Perum Mentari Bumi Sejahtera Jalan Taman Melati IV Blok As No. 64 Klurak Candi	0.4	-7.47878	112.7470567

Berdasarkan tabel 1 merupakan hasil dari tahapan *cleaning* setiap titik koordinat pelanggan dan berat kiriman akan digunakan dalam perhitungan jarak antar titik. Hasil dari perhitungan menjadi parameter penting dalam pembentukan matriks jarak pelanggan. Data inilah yang menjadi dasar dalam pembentukan model CVRP untuk menentukan rute yang optimal.

C. Model Matematis Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

Pada tahap ini model diformulasikan melalui fungsi objektif dan beberapa fungsi *constraint*. Fungsi objektif ini merepresentasikan total jarak yang harus ditempuh oleh semua kendaraan dalam melayani seluruh pelanggan. Sedangkan fungsi *constraint* membatasi solusi agar sesuai dengan kondisi lapangan.

- 1) Fungsi objektif: Merepresentasikan total jarak yang harus ditempuh oleh semua kendaraan dalam melayani seluruh pelanggan. Rumus *Havershine* dipilih karena lebih akurat dalam perhitungan jarak antar pelanggan yang memperhitungkan koordinat geografis dibandingkan dengan *Euclidean*, sebagaimana yang telah dibuktikan dalam penelitian sebelumnya [13].

$$\text{Minimize } Z = \sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n d_{ij} \cdot x_{ijk} \quad (1)$$

- 2) *Constraint* Setiap pelanggan hanya dikunjungi satu kali oleh satu kendaraan: Setiap pelanggan boleh dikunjungi satu kali oleh satu kendaraan, artinya tidak boleh ada dua kendaraan yang mengantarkan ke pelanggan yang sama dan tidak boleh ada pelanggan yang dilewati lebih dari satu kali dalam keseluruhan rute distribusi.

$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ijk} = 1, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

- 3) *Constraint* Kapasitas kendaraan tidak boleh terlampaui: Total beban permintaan dari pelanggan yang dilayani oleh satu kendaraan tidak boleh melebihi kapasitas maksimum kendaraan yang telah ditentukan sebelumnya.

$$\sum_{i=1}^n q_i \cdot x_{ijk} \leq Q, \quad \forall k = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

- 4) *Constraint* Kendaraan harus berangkat dan kembali ke depot: Kurir atau kendaraan berangkat satu kali dari depot untuk memulai pengiriman dan kembali satu kali ke depot setelah menyelesaikan rute pengiriman.

$$T_k \leq 2, \quad \forall \sum_{i=1}^n x_{0ik} = 1, \quad \sum_{i=1}^n x_{i0k} = 1 \quad (4)$$

- 5) *Constraint* Pemerataan beban kerja antar kurir: *Constraint* ini memastikan agar setiap kendaraan memiliki beban kerja atau jumlah berat kiriman yang tidak jauh beda antar kurir. Sehingga sistem akan berusaha mendistribusikan kiriman secara seimbang agar tidak ada kurir yang beratnya berlebihan ataupun terlalu ringan.

$$|L_k - \bar{L}| \leq \delta, \quad \forall k \quad (5)$$

D. Penerapan Algoritma Genetika

Algoritma ini memanfaatkan teori ilmiah *Evaluationary Algorithm* sebagaimana yang telah dijelaskan pada teori Charles Darwin, teori tersebut setiap individu akan terus mengalami perubahan gen di mana individu dengan kemampuan terbaik memiliki peluang lebih besar untuk bertahan hidup [14]. Berikut merupakan tahapan Algoritma Genetika:

- 1) Inisialisasi Parameter: Inisialisasi parameter merupakan tahapan penentuan nilai variabel yang akan digunakan dalam proses evolusi. Parameter ini meliputi ukuran populasi, generasi, tingkat elitisme, probabilitas *crossover*, mutasi, serta batasan konvergen. Populasi ditetapkan sebesar 100 kromosom dengan jumlah generasi maksimum sebesar 2000 iterasi. Probabilitas *crossover* sebesar 0.8 sedangkan probabilitas mutasi sebesar 0,05. Tingkat elitisme ditetapkan sebesar 0,2 yang berarti 20% individu terbaik akan dipertahankan di setiap generasi sehingga karakteristik tetap ada dalam populasi untuk generasi selanjutnya [15]. Selain itu parameter penalti rute sebesar 0,001 untuk mengontrol kompleksitas solusi yang dihasilkan.
- 2) Inisialisasi populasi: Merupakan tahapan dalam pembangkitan populasi awal untuk menjaga keberagaman solusi pada proses evaluasi secara acak dengan panjang individu yang bervariasi [16]. Populasi Awal terbentuk dari sekumpulan kromosom yang merepresentasikan urutan rute kunjungan pelanggan dengan memperhatikan batasan kapasitas kendaraan. Pembentukan populasi ini dihasilkan secara acak tetapi tetap disesuaikan permasalahan yang akan di optimasi dengan batasan permasalahan.
- 3) Evaluasi *Fitness*: Pada tahap evaluasi *fitness* dilakukan penghitungan kualitas solusi menggunakan fungsi *fitness*, yang di mana akan dinilai seberapa baik suatu kromosom dalam memenuhi tujuan optimasi. Nilai *fitness* akan dihitung dari total jarak ditambah penalti setiap rute tambahan. Semakin pendek jarak yang di tempuh maka semakin tinggi nilai *fitness* sehingga solusi lebih efisien [17].
- 4) Seleksi Individu: Merupakan tahapan dengan tujuan untuk memilih individu atau kromosom terbaik dari populasi yang ada untuk dijadikan induk dalam proses reproduksi. Kromosom dengan nilai *fitness* lebih tinggi memiliki peluang lebih besar untuk terpilih [18].
- 5) Reproduksi *Crossover*: Bertujuan untuk mengeksplorasi solusi yang sudah baik untuk menghasilkan solusi yang lebih optimal dengan cara menggabungkan dua kromosom induk untuk menghasilkan satu atau lebih kromosom anak yang memiliki karakteristik dari kedua induk.
- 6) Mutasi: Merupakan proses untuk menciptakan individu dengan cara memodifikasi sebagian gen pada kromosom secara acak sehingga membentuk variasi baru [19]. Tujuan dari mutasi ini adalah untuk mempertahankan keberagaman populasi dan mencegah algoritma terjebak pada *local optimum*.
- 7) Populasi Baru: Ketika proses *crossover* dan mutasi selesai dilakukan maka akan terbentuk populasi baru. Kemudian populasi baru ini akan di evaluasi kembali menggunakan fungsi *fitness*. Siklus ini akan berlangsung secara berulang-ulang hingga mencapai generasi tertentu atau ketika nilai *fitness* terbaik tidak mengalami peningkatan yang signifikan lagi. Proses ini disebut dengan konvergensi yang menunjukkan bahwa populasi sudah mencapai solusi optimal.
- 8) Syarat Berhenti: Menurut [20], terdapat beberapa syarat berhenti yang umum digunakan dalam penerapan Algoritma Genetika yaitu batas nilai *fitness*, batas nilai fungsi objektif, jumlah maksimum generasi dan serta kondisi konvergensi. Proses evolusi dilengkapi dengan *early stopping* berdasarkan kriteria konvergensi yaitu apabila tidak terjadi peningkatan nilai *fitness* terbaik dalam 300 generasi berturut-turut dengan perubahan sebesar 0,0001, maka proses dihentikan lebih awal.

E. Evaluasi dan Analisis

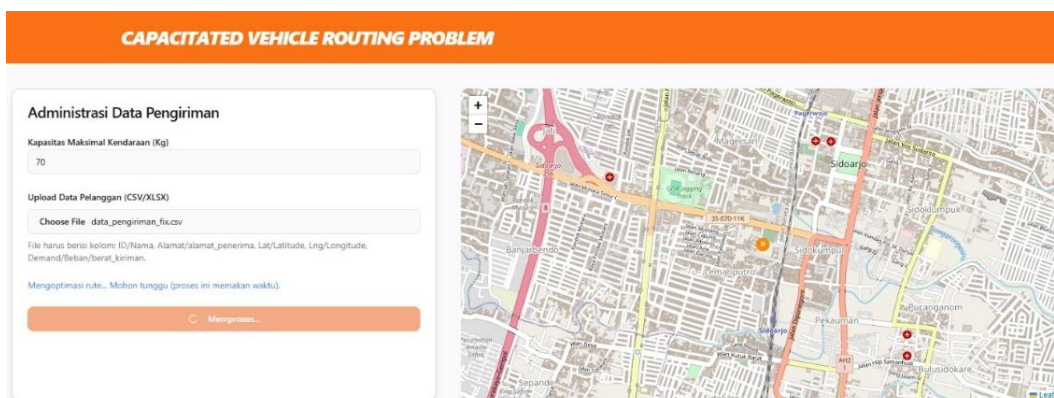
Pada tahapan evaluasi dan analisis ini dilakukan untuk mengukur kinerja dari sistem optimasi distribusi yang telah dibangun. Perbandingan dilakukan dengan cara menganalisis sebelum dan sesudah penerapan Algoritma Genetika dalam distribusi. Data sebelum optimasi diperoleh dari sistem distribusi yang berjalan secara manual, sedangkan data setelah optimasi diperoleh dari hasil pemrosesan sistem. Evaluasi ini memiliki beberapa indikator yaitu jumlah jarak tempuh pengiriman, pemerataan beban kerja antar kurir dan jumlah kurir yang beroperasi. Selain itu dilakukan pengecekan terhadap batasan kapasitas untuk memastikan bahwa solusi yang dihasilkan tetap memenuhi *constraint* yang telah ditetapkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini membahas hasil implementasi Algoritma Genetika dalam menyelesaikan permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada sistem distribusi Kantor Pos Cabang Sidoarjo. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk implementasi berbasis web dengan analisis perbandingan sebelum dan setelah penerapan optimasi serta visualisasi optimasi rute pengiriman.

A. Implementasi Sistem Optimasi Distribusi Berbasis Web

Pada penelitian ini sistem optimasi distribusi dikembangkan dengan berbasis web sebagai sistem pendukung keputusan dalam penentuan rute distribusi.

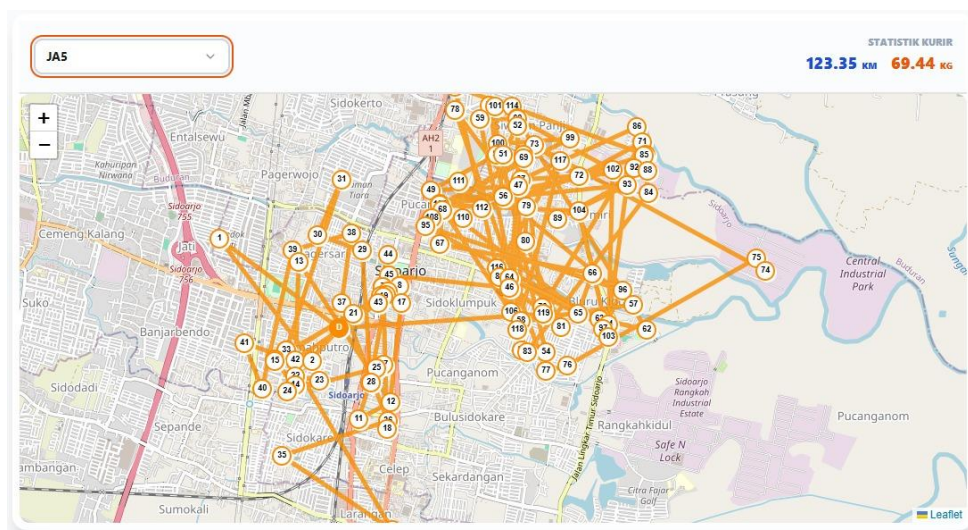


Gambar 2. Dashboard Input Data

Pada Gambar 2 menampilkan halaman utama pada sistem, pada halaman ini admin dapat melakukan unggah data distribusi dalam format CSV maupun XLSX yang berisikan id_customer, alamat_penerima, latitude, longitude dan berat_kiriman. Selain itu admin juga dapat menentukan kapasitas maksimum muatan kurir yang digunakan sebagai *constraint* dalam proses optimasi. Selain itu batasan kapasitas juga memengaruhi jumlah kurir yang beroperasi dan pembagian rute yang akan dihasilkan oleh sistem.

B. Hasil Optimasi Rute Pengiriman Menggunakan Algoritma Genetika

Data yang diunggah ke dalam sistem merepresentasikan satu alamat pelanggan yang kemudian diberi penanda berupa *node*. Setelah data distribusi berhasil di proses maka sistem akan menghasilkan peta rute pengiriman dan urutan kunjungan.



Gambar 3. Visualisasi Peta Rute Pengiriman

Pada Gambar 3 menampilkan hasil optimasi dalam bentuk visualisasi peta digital. Setiap titik merepresentasikan alamat pelanggan berdasarkan urutan data yang diunggah pada data CSV/XLSX, sedangkan garis penghubung menunjukkan urutan kunjungan kurir sesuai hasil optimasi Algoritma Genetika. Pola yang terbentuk menunjukkan jalur pengiriman yang tidak adanya pengulangan rute atau tumpang tindih antar kurir. Visualisasi tersebut juga memberikan informasi terkait total jarak tempuh dan beban muatan yang dibawa oleh setiap kurir. Beban muatan juga dipastikan tidak akan melebihi batasan kapasitas yang telah ditentukan.

DAFTAR URUTAN KUNJUNGAN JAT7		
★	DEPOT (START) Gudang Utama	-
1	NODE 228 SMA NOR JL DESA PAGER WOJO BUDURAN	31.1 KG
2	NODE 469 JALAN JAWA RT 08 RW 02 DESA WIDUNGASING...	-
3	NODE 470 CV OASE INDONESIA PABRIK MINYAK GORENG LENTER...	1.0 KG
4	NODE 478 WARUNG SOGOL DUKUH TENGAH RT.04 RW.03...	0.6 KG
5	NODE 472 Jalan Kampung Jamur RT 11 RW 3 Wadugasih Buduran...	0.7 KG
6	NODE 443 DSN BINANGUN 011/003	0.8 KG
7	NODE 474 jln hrm mangundiprojo km 3.5 sidoarjo	0.2 KG
8	NODE 476 Perumahan Grand Surya Jalan Grand Surya Blok C8 No 2...	0.3 KG
9	NODE 477 GEDUNG KEMANUSIAAN LAZIZMU JATIM JL JAWA NO 5...	0.1 KG

Gambar 4. Urutan Kunjungan Distribusi

Pada Gambar 4 tersebut menampilkan hasil rekomendasi rute pengiriman untuk setiap kurir secara berurutan. Urutan perjalanan kurir akan selalu dimulai dan diakhiri dari depot sebagai titik awal dan titik selesai pengiriman. Depot yang dimaksud adalah Kantor Pos Cabang Sidoarjo. Urutan kunjungan yang dihasilkan tidak mengikuti nomor urut *node* secara berurutan, melainkan disusun berdasarkan hasil optimasi Algoritma Genetika. Urutan kunjungan dapat dimulai dari *node* tertinggi kemudian dilanjutkan dengan *node* lebih kecil. Urutan ini tergantung pada posisi geografis dan kontribusi terhadap minimasi total jarak tempuh. Hal ini menunjukkan *node* berfungsi sebagai identitas alamat pelanggan sedangkan urutan rute pengiriman ditentukan oleh proses optimasi.

C. Analisis Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penerapan Algoritma Genetika

Perbandingan hasil optimasi dilakukan untuk mengetahui efektivitas penerapan Algoritma Genetika dalam meminimalkan jarak tempuh distribusi dibandingkan dengan metode manual.

CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM				
← PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI				
RANK	SKEMA	JARAK TOTAL	PENGHEMATAN (%)	AKSI
1	_691C	789.75 KM	→ 19.9%	LIHAT DETAIL
# 2	BASELINE_691C	986.26 KM	TITIK ACUAN	HANYA STATISTIK

Gambar 5. Perbandingan Hasil Optimasi Rute

Berdasarkan Gambar 5 rute yang dihasilkan dengan penerapan Algoritma Genetika berhasil memiliki total jarak tempuh lebih pendek yaitu 789.75 km, dibandingkan dengan rute *baseline* (rute manual) yang memiliki total jarak tempuh 986,26 km. Hasil tersebut menunjukkan adanya penghematan jarak sebesar 19,9%, hal ini menunjukkan penerapan Algoritma Genetika terbukti meningkatkan efisiensi rute distribusi. Dengan jarak tempuh yang lebih pendek distribusi dapat menjadi lebih efisien dari sisi waktu pengiriman maupun penggunaan bahan bakar kendaraan. Selanjutnya dilakukan analisis pemerataan beban kerja kurir dengan merekap total muatan yang dibawa oleh masing-masing kurir yang dihasilkan dari hasil optimasi.

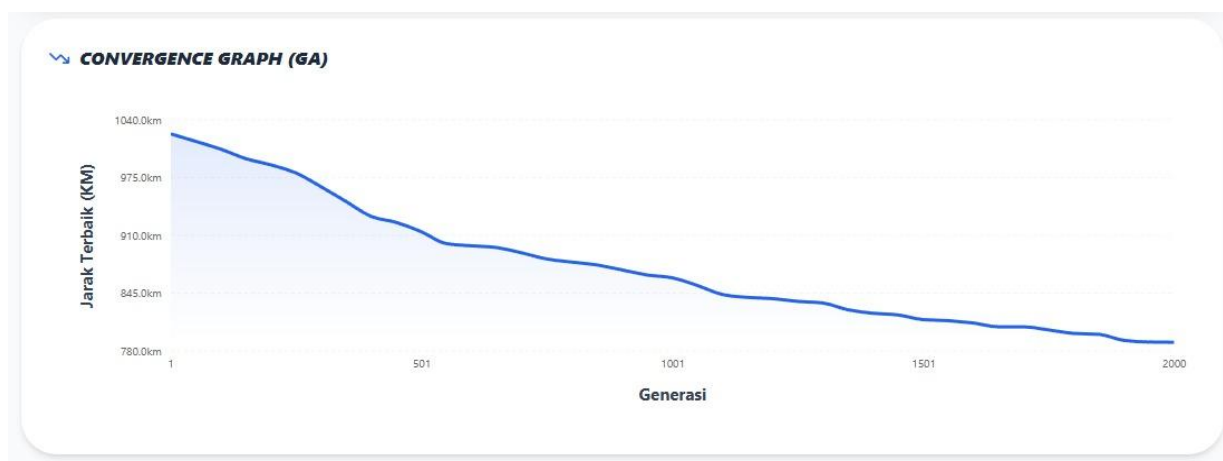
TABEL 2
ANALISIS PEMERATAAN BEBAN KERJA

No.	Kurir	Berat Sebelum (kg)	Beban Sesudah (kg)
1	JA 1	18.38 kg	66.14 kg
2	JA 2	38.74 kg	69.56 kg
3	JA 3	35.61 kg	39.30 kg
4	JA 4	38.40 kg	69.42 kg
5	JA 5	30.69 kg	69.44 kg
6	JA 6	29.52 kg	59.24 kg
7	JA 7	55.64 kg	69.51 kg
8	JA 8	28.80 kg	43.69 kg
9	JA 9	23.35 kg	68.74 kg
10	JA 10	23.04 kg	61.70 kg
11	JA 11	7.38 kg	-
12	JA 12	138.87 kg	-
13	JA 13	21.39 kg	-

Berdasarkan tabel 2 pemerataan beban kerja dapat diketahui bahwa sebelum penerapan Algoritma Genetika terjadi ketidakseimbangan beban kerja antar kurir, di mana terdapat kurir yang mengalami *overload* sedangkan kurir lain memiliki beban yang sangat ringan. Setelah penerapan Algoritma Genetika dan penerapan *constraint* yang telah ditentukan sebelumnya, beban kerja kurir menjadi lebih merata dengan nilai kapasitas maksimum yaitu 70 kg. Selain itu jumlah kurir yang beroperasi berkurang dari 13 kurir menjadi 10 kurir tanpa menyebabkan *overload*. Hal ini menunjukkan bahwa Algoritma Genetika tidak hanya mampu mengoptimalkan rute distribusi tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya kurir.

D. Grafik Konvergen Algoritma Genetika

Grafik konvergen digunakan untuk menggambarkan proses pencarian solusi optimal oleh Algoritma Genetika selama iterasi berlangsung.



Gambar 6. Grafik Konvergen

Pada Gambar 6 menunjukkan grafik konvergen yang mengalami penurunan nilai *fitness* secara bertahap hingga mencapai kondisi stabil pada generasi yang telah ditentukan. Pada generasi awal nilai jarak tempuh terbaik terdapat pada kisaran 1025 km. Seiring bertambahnya jumlah generasi, nilai jarak tempuh mengalami penurunan secara bertahap akibat proses Algoritma Genetika. Penurunan nilai jarak tempuh cenderung melambat dan telah konvergen pada generasi ke-2000, di mana tidak ada perbaikan solusi yang signifikan meskipun ditambah jumlah generasi. Hal ini menunjukkan bahwa Algoritma Genetika dapat mengeksplorasi ruang solusi dan stabil tanpa terjebak dalam solusi lokal optimum.

Berdasarkan hasil optimasi yang diperoleh menunjukkan bahwa kemampuan Algoritma Genetika dalam mengeksplorasi berbagai kemungkinan solusi melalui beberapa tahapan. Sehingga, Algoritma mampu menemukan kombinasi rute yang lebih optimal dibandingkan dengan pendekatan manual. Selain itu, pemilihan parameter yang tepat serta penggunaan data yang merepresentasikan kondisi nyata memengaruhi kualitas optimasi yang dihasilkan. Meskipun demikian penelitian ini memiliki keterbatasan data yang bersifat statis dan belum mempertimbangkan kondisi lalu lintas atau perubahan permintaan secara *real time*. Pendekatan ini memiliki potensi untuk diterapkan sebagai sistem pendukung keputusan dalam meningkatkan efisiensi operasional distribusi yang berfokus dalam pengurangan jarak tempuh dan optimalisasi penggunaan kurir.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penerapan Algoritma Genetika dalam penyelesaian permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* pada Kantor Pos Cabang Sidoarjo mampu menghasilkan rute distribusi yang lebih optimal serta pemerataan beban kerja antar kurir yang memperhatikan batasan kapasitas kendaraan. Keseluruhan *constraint* pada penelitian ini telah diterapkan dan tercapai dengan baik. Sebelum optimasi terjadi ketidakseimbangan beban kerja antar kurir, di mana terdapat kurir yang mengalami *overload* sedangkan kurir lain memiliki beban yang sangat ringan. Setelah menerapkan optimasi beban kerja antar kurir menjadi lebih merata dan berada dalam batas kapasitas yang telah ditentukan. Selain itu, hasil optimasi menunjukkan penurunan total jarak tempuh, berkurangnya jumlah kurir yang beroperasi. Sistem berbasis web yang dikembangkan mampu memberikan visualisasi rute, urutan kunjungan, serta perbandingan kondisi sebelum dan sesudah optimasi sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan operasional. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambahkan faktor waktu pengiriman dan kondisi lalu lintas untuk menghasilkan solusi yang lebih realistis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Yulianto and A. Wulandari, "Dampak Perkembangan E-Commerce Terhadap Industri Jasa Transportasi dan Logistik di Era Digital," *J. Pengabd. Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 352–365, 2025.
- [2] N. Tri, R. Adiningrum, C. Prianto, M. Yusril, and H. Setyawan, "Implementasi Linear Programming Pada Model CVRPP untuk Pengelolaan Operasional Logistik," *J. Inform. Univ. Muhammadiyah Tangerang P*, vol. 8, no. 4, pp. 2722–2713, 2024.
- [3] R. Aryadi, "Implementasi Algoritma Lin Kernighan Helsgaun Untuk Menentukan Jarak Terpendek Dalam Sistem Pengantaran Pos Di Kecamatan Mariso," *Arus J. Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, 2025.
- [4] P. Adi, "Optimasi Rute Pengiriman Bahan Baku CKD Part dengan Pendekatan Capacitated Vehicle Routing Problems (CVRP) DI PT XYZ," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 12, no. 4, pp. 1–14, 2023.
- [5] D. Rizaldi and N. K. Dewi, "Implementasi Metode Branch And Bound Untuk Mendapatkan Rute Terpendek Pada Angkutan Tersier (Studi kasus : Kantor Pos Cabang Magetan 63300)," *J. Ind.*, vol. 14, no. 02, pp. 48–57, 2025.
- [6] Y. Syarif Firmansyah, K. Novianingsih, and H. Serviana Husain, "Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Menggunakan Gabungan Algoritma Genetika dan Simulated Annealing," *J. EurekaMatika*, vol. 9, no. 2, pp. 107–116, 2021.
- [7] W. Prasetya and J. Deny, "Penerapan Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan Mata Kuliah," vol. 5, no. 2, 2023.
- [8] R. R. Hidayat *et al.*, "Optimasi Optimal Binning Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Model Penilaian Kredit," *J. Pengemb. IT*, vol. 7, no. 3, pp. 168–178, 2022.
- [9] A. Mufliq and A. Utamima, "Genetic Algorithm and Local Search for Optimization of Tourism Trips as an Orienteering Problem," *2023 11th Int. Symp. Digit. Forensics Secur.*, pp. 1–5, 2023, doi: 10.1109/ISDFS58141.2023.10131734.
- [10] H. Patmawati and Y. Anton Nugroho, "Optimalisasi Rute Distribusi Matras Pada Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Dengan Metode Algoritma Genetika," *J. Cakrawala Ilm.*, vol. 1, no. 11, pp. 2745–2756, 2022.
- [11] A. Purbasari, R. M. Fikri, M. Rifqi, A. Fauzaan, and M. F. Firdaus, "Optimasi Rute Pengangkutan Sampah Elektronik di Kota Bandung dengan Pendekatan menggunakan Algoritma Genetika dan Algoritma Seleksi Clonal," vol. 10, no. 3, pp. 342–350, 2024.
- [12] M. R. Putra, H. K. Pambudi, Y. Nurdiansyah, J. Barat, T. Window, and I. Pendahuluan, "Perancangan Rute Distribusi Dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika Untuk Meminimasi Biaya Transportasi Pada Pengiriman Vaksin Dan Alat Penunjang Pada Pt Pos Logistik," vol. 11, no. 4, pp. 4392–4395, 2024.
- [13] R. Maulana, P. Hertaryawan, D. I. Mulyana, Y. Akbar, S. I. Geografis, and H. Formula, "Optimasi Pemetaan Ruang Makam Pada TPU Di Jakarta Menggunakan Quantum GIS Dengan Metode Haversine Formula," vol. 18, no. x, pp. 547–558, 2024.
- [14] G. Cahya R, P. Bagus W, and Y. Diah Rosita, "Penentuan Rute Optimal Untuk Jasa Pengiriman Barang Menggunakan Algoritma Genetika," *J. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 5, no. 1, pp. 48–55, 2023.
- [15] N. Technology *et al.*, "Optimasi Rute Distribusi Logistik Menggunakan Algoritma Genetika Berbasis Google Maps API Untuk Efisiensi Biaya Operasional," vol. 5, no. 2, pp. 57–65, 2025.
- [16] A. S. Fauziah, I. Cholissodin, and B. Rahayudi, "Optimasi Pendistribusian Air Mineral menggunakan Algoritma Genetika," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 2, pp. 966–972, 2022, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [17] U. Cahyadi, D. Sa, and L. Mustika, "Penentuan Rute Pengiriman pada Distribusi Produk dengan Pendekatan Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus pada UMKM Cuankie HD Barokah Garut)," *J. Kalibr.*, pp. 65–72, 2025, doi: 10.33364/kalibrasi/v.23-2.1978.
- [18] 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.
- [19] L. Aryani and S. Yurinanda, "Optimasi Penjadwalan Petugas Penjagaan Portal Dinas Perhubungan Batang Hari," *JISTech (Journal Islam. Sci. Technol.*, vol. 10, no. 1, pp. 72–84, 2025.
- [20] A. Tohari and Y. Puji Astuti, "Penerapan Algoritma Genetika Dalam Menentukan Rute Terpendek PT. Pos Cabang Lamongan," vol. 11, no. 03, pp. 458–467, 2023.