

OPTIMASI TRAVELING SALESMAN PROBLEM (TSP) MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA DAN GOOGLE MAPS API UNTUK KURIR EKSPEDISI PADA J&T PARIS 2 BERBASIS WEB GIS

Gusti Muhamad Adzaky^{1, *}, Rachmad Wahid Saleh Insani², Sucipto³

^{1,2,3}Prodi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Pontianak, Jalan Jendral Ahmad Yani No.111 78124 INDONESIA

Abstrak

Kurir, sebagai elemen vital dalam proses pengiriman, memiliki tanggung jawab penting dalam menjaga kelancaran operasi ekspedisi dengan mengirim barang secara cepat dan efisien. Mereka sering dihadapkan pada tantangan menentukan rute optimal, terutama saat mengirim barang ke berbagai alamat di area luas. Kondisi ini dapat menyebabkan pemborosan waktu dan bahan bakar. Oleh karena itu, peneliti menghubungkan permasalahan ini dengan *Traveling Salesman Problem* (TSP) dan mendapati bahwa algoritma genetika merupakan solusi efektif. Penelitian ini berfokus pada studi kasus konkret, J&T Paris 2, dan bertujuan mengimplementasikan solusi berbasis web untuk membantu kurir menentukan rute pengiriman yang efisien dengan memanfaatkan teknologi informasi. Metodologi penelitian mencakup identifikasi masalah, pengumpulan data lokasi tujuan, pengolahan data dengan algoritma genetika, dan desain sistem Web GIS. Hasilnya mencakup berbagai fitur dalam pengoptimalan rute, seperti *dashboard*, estimasi biaya, CRUD data kelompok, titik pengantaran, pembobotan, dan hasil rute terbaik dengan algoritma genetika. Untuk mengoptimasi rute perjalanan kurir, dan menghasilkan *running time* (waktu eksekusi) yang optimal. Peneliti melakukan 6 kali percobaan, dengan estimasi biaya 1 kilomernya sebesar Rp. 1200 menggunakan data Kelompok Antar Area Pontianak Tenggara (Kurir Dimas) dengan Parameter Algoritma Genetika. Eksperimen menunjukkan bahwa sistem ini mencapai kinerja optimal pada eksperimen nomor 3, menghasilkan total jarak perjalanan sekitar 10.524 kilometer dengan estimasi biaya sebesar Rp. 12.031. Pengujian juga memvalidasi fungsi-fungsi sistem, termasuk *login*, perubahan data estimasi biaya pengguna, CRUD kelompok, CRUD titik pengantaran, pembobotan, perhitungan, dan penghapusan data. Kesimpulannya, implementasi Web GIS berhasil memenuhi kebutuhan dalam penyimpanan data dan penentuan lintasan terpendek, mengoptimasi TSP dengan algoritma genetika dan *Google Maps API*. Sistem ini efisien dan efektif dalam mengatasi permasalahan pengantaran oleh kurir.

Kata Kunci:

Traveling Salesman Problem, Algoritma Genetika, Optimasi Rute, Maps Api, Matriks Jarak

Abstract

Couriers, as vital components of the delivery process, bear significant responsibility in ensuring the smooth operation of expeditions by swiftly and efficiently delivering goods. They often face the challenge of determining the optimal routes, especially when delivering to various addresses across a wide area. This situation can lead to time and fuel wastage. Therefore, the author associates this issue with the Traveling Salesman Problem (TSP) and finds that genetic algorithms offer an effective solution. This study focuses on a specific case, J&T Paris 2, with the aim of implementing a web-based solution to assist couriers in determining efficient delivery routes using information technology. The research methodology includes problem identification, data collection of destination locations, data processing with genetic algorithms, and the design of a Web GIS system. The results encompass various features in route optimization, such as a dashboard, cost estimation, Create, Read, Update, Delete (CRUD) group data, delivery points, weighting, and the best route results using genetic algorithms. To optimize courier travel routes and achieve optimal running time (execution time), the researcher conducted six experiments

Keywords:

Traveling Salesman Problem, Genetic Algorithm, Route Optimization, matrix distance, maps api

* Korespondensi

E-mail: 181220091@unmuhpnk.ac.id

with a cost estimate of Rp. 1200 per kilometer using data from the Southeast Pontianak Delivery Area Group (Courier Dimas) with genetic algorithm parameters. The experiments reveal that the system achieves optimal performance in Experiment 3, resulting in a total travel distance of approximately 10,524 kilometer with an estimated cost of Rp. 12,031. Testing also validates the system's functions, including login, user cost estimation data modification, CRUD group operations, CRUD delivery points, weighting, calculations, and data deletion. In conclusion, the implementation of Web GIS effectively meets the needs of data storage and determining the shortest routes, optimizing the TSP with genetic algorithms and the Google Maps API. This system efficiently and effectively addresses courier delivery challenges.

1. PENDAHULUAN

Pengiriman memiliki beberapa jasa yang salah satunya adalah ekspedisi. jasa tersebut digunakan untuk mengirimkan produk atau barang dalam kapasitas sedang hingga kecil ke berbagai tempat tujuan.

Kurir perusahaan ekspedisi sebagai ujung tombak pelayanan sering kali mengalami kesulitan untuk menentukan rute yang akan dilalui dalam pengantaran barang karena banyaknya alamat yang menjadi tujuannya, untuk itu diperlukan suatu sistem yang dapat membantu kurir dalam menentukan rute yang akan dilaluinya dalam sekali pengantaran dan dapat menampilkan hasil pencarian jarak pada lebih dari satu titik tujuan yang telah diperoleh (C *et al.*, 2017)

Kurir pada J&T Paris 2 mencakup 2 kecamatan untuk dilakukan pengantaran yaitu Pontianak utara dan Pontianak tenggara, di mana Pontianak utara memiliki luas 37,22 km² dengan persentase 34,52% (Kamelia, 2023) yang berarti memiliki luas terbesar pertama dari seluruh kecamatan, selain itu ada Pontianak tenggara dengan luas 14,83 km² dengan persentase 13,75%. yang jika dijumlahkan menghasilkan persentase 48,27% atau hampir setengah dari kota Pontianak. Luasnya sebuah kota serta banyaknya jalan raya sering kali menyulitkan seseorang untuk mencari rute optimum, baik dari segi jarak maupun biaya yang dikeluarkan untuk bepergian dari satu tempat ke tempat lainnya (C *et al.*, 2017).

Masalah pada kurir ekspedisi secara universal adalah contoh dari kasus *Traveling Salesman Problem*. Pada penelitian ini, peneliti mengerucutkan penelitian yang hanya berfokus di j&t paris 2 sebagai tempat penelitian. Pada saat peneliti turun langsung kelapangan dan bertanya pada pihak instansi untuk mengetahui sistem dari pengantaran, peneliti memperoleh jawaban sebagai berikut: Kurir di bagi per-area untuk membagikan paket ke titik tertentu. Kurir sendiri, merasa kesulitan untuk merencanakan tempat mana saja yang lebih didahulukan agar bisa menghemat bahan bakar serta mengestimasi bahan bakar, karena rute yang masih tumpang tindih dan jarak total belum diketahui (untuk mengestimasi biaya).

Agar pengantaran bisa di optimasi, dalam analisis jurnal berjudul *Algoritma Optimasi Untuk Penyelesaian Traveling Salesman Problem*, pendekatan deduktif diterapkan. Dan di dapatkanlah Algoritma Genetika sebagai solusi untuk optimasi dikarenakan waktu komputasi yang dibutuhkan cenderung stabil. Mampu memberikan jarak terpendek meski dengan jumlah kota yang besar, bila dibandingkan dengan algoritma yang lain (Rizki *et al.*, 2020).

Peneliti berharap bahwa dengan mengetahui tentang algoritma genetika sebagai alternatif solusi, pengimplementasian algoritma genetika pada platform web yang terkomputerisasi dapat membantu kurir dalam menentukan rute pengantaran barang, terutama mengingat banyaknya alamat yang menjadi tujuan. Peneliti menjadikan solusi ini sebagai objek penelitian, karena teknik ini dapat menemukan solusi optimal dari permasalahan dengan banyak solusi. Dengan hadirnya aplikasi ini, peneliti berharap bahwa Kurir J&T Paris 2 dapat memanfaatkannya untuk mengoptimalkan proses pengiriman.

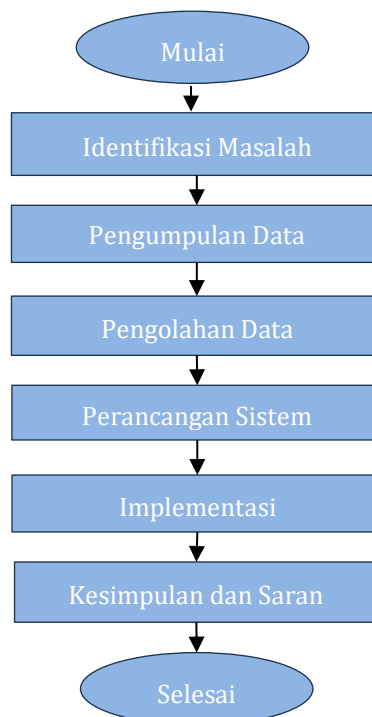
2. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian ini mengambil pendekatan untuk mengoptimasi *Traveling Salesman Problem* (TSP) dengan menggunakan algoritma genetika dan *Google Maps API*, dengan fokus pada pengiriman kurir ekspedisi di J&T Paris 2 berbasis Web GIS. Meskipun sumber referensi yang berfokus pada implementasi yang berbasis Web GIS terbatas, penelitian ini menghubungkan diri dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan penggunaan algoritma genetika dalam pengoptimalan rute perjalanan dan penjadwalan yang dapat memberikan gambaran yang lebih luas tentang bidang ini. Pertama berjudul "APLIKASI PENCARIAN RUTE TERPENDEK MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA (Studi Kasus: Pencarian Rute Terpendek untuk Pemadam Kebakaran di Wilayah Kota Pontianak) (Utami *et al.*, 2014)". Penelitian ini mengatasi permasalahan pencarian rute terpendek dengan menggunakan algoritma genetika. Mereka menggali konsep rute terpendek dengan memperhatikan faktor-faktor seperti waktu kemacetan dan panjang jalan. Penelitian ini relevan dengan penelitian saat ini karena mengusulkan solusi yang mirip menggunakan algoritma genetika untuk mencari rute terpendek. Berikutnya Berjudul "OPTIMASI TRAVELING SALESMAN PROBLEM (TSP) UNTUK RUTE PAKET WISATA DI BALI DENGAN ALGORITMA

GENETIKA(Gede *et al.*, 2017)". Penelitian ini fokus pada optimasi rute perjalanan wisata di Bali menggunakan algoritma genetika. Meskipun konteksnya berbeda, konsep optimasi rute dengan algoritma genetika yang diusulkan dalam penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang bagaimana algoritma tersebut dapat digunakan dalam situasi serupa. Berikutnya Berjudul "Implementasi Algoritma Genetika dan Google Maps API Dalam Penyelesaian *Traveling Salesman Problem with Time Window (TSP-TW)* Pada Penjadwalan Rute Perjalanan Divisi Pemasaran STMIK El Rahma(Santoso & Sanuri, 2019)". Penelitian ini menerapkan algoritma genetika dan Google Maps API dalam konteks penjadwalan rute perjalanan. Hasil penelitian ini mungkin memberikan wawasan tentang penggunaan Google Maps API dalam pengoptimalan rute, yang sesuai dengan metode yang digunakan dalam penelitian Anda. Berikutnya berjudul "Optimasi *Travelling Salesman Problem* dengan Algoritma Genetika pada Kasus Pendistribusian Barang PT. Pos Indonesia di Kota Bandar Lampung(Rohman *et al.*, 2020)". Penelitian ini mencoba mengoptimasi rute distribusi barang menggunakan algoritma genetika, relevan dengan upaya Anda untuk mengoptimasi rute pengiriman kurir ekspedisi. Hasil dan pengalaman dari penelitian ini dapat memberikan perspektif tambahan tentang penggunaan algoritma genetika dalam masalah TSP. Berikutnya berjudul "Penerapan Algoritma Genetika Untuk Mencari Optimasi Kombinasi Jalur Terpendek Dalam Kasus *Travelling Salesman Problem*(Yusron Mubarak & Chotijah, 2021)". Penelitian ini mencoba mencari optimasi jalur terpendek dalam konteks TSP dengan menggunakan algoritma genetika. Metode penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang penggunaan algoritma genetika dan pemilihan parameter optimal, yang relevan dengan penelitian Anda. Penelitian sebelumnya yang disebutkan di atas menunjukkan bahwa penggunaan algoritma genetika dalam mencari solusi optimal untuk masalah perjalanan dan pengiriman barang telah menjadi topik penelitian yang penting. Sementara penelitian-penelitian tersebut mungkin berfokus pada konteks yang berbeda, mereka memberikan dasar teoritis dan praktis untuk pendekatan yang serupa yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu mengoptimalkan rute pengiriman kurir ekspedisi dengan memanfaatkan algoritma genetika dan teknologi GIS berbasis web.

3. METODE PENELITIAN

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan peneliti, untuk mewujudkan penelitian ini, bisa dilihat pada Gambar 1, dan dideskripsikan sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

A. Tahapan Identifikasi Masalah

Dalam penelitian ini, langkah awal adalah melakukan Literatur *Review*, di mana peneliti mengidentifikasi topik dan pertanyaan penelitian, mencari sumber literatur relevan, menganalisis dan mensintesis informasi, serta menentukan kesimpulan berdasarkan hasil literatur *review*. Selanjutnya, dalam tahap Penentuan Teknik Optimasi, peneliti membandingkan beberapa algoritma seperti *Greedy*, ABC, CIH, dan Genetika. Algoritma Genetika dipilih sebagai solusi yang sesuai. Langkah terakhir adalah Perumusan Masalah, di mana peneliti mengidentifikasi masalah dan menyesuaikannya dengan algoritma Genetika yang telah dipilih.

B. Tahapan Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara

Wawancara dilakukan pada

Hari/Tanggal : Jumat 3 Februari 2023

Narasumber : Randy Fikri (Kepala Gudang)

C. Tahapan Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini bertujuan untuk mencari rute paling optimal menggunakan Algoritma Genetika. Tahap-tahapannya adalah sebagai berikut (Santoso & Sanuri, 2019) :

1. Pengkodean

Suatu permasalahan dalam Algoritma Genetika harus dikonversi dulu ke dalam bentuk individu yang diwakili oleh satu atau lebih kromosom dengan kode tertentu. Pada permasalahan perjalanan atau kunjungan, solusi yang ingin dicari adalah urutan objek yang harus dikunjungi (Santoso & Sanuri, 2019). Pada penelitian ini, gen akan diwakili dengan tabel titik yang akan memiliki nama kelompok, kode titik, nama titik, garis *latitude* dan *longitude* yang di ambil dari input *user*, *user* juga akan menginputkan titik awal, dan titik tujuan yang akan membentuk satu kromosom, jumlah kromosom dan nilai maksimal dari generasi yang bertujuan untuk melihat pengulangan dari generasi. Nilai *Fitness* sendiri akan diwakili dengan jarak yang diambil dari *matrix distance*.

2. Inisialisasi Populasi

Inisiasi adalah membangkitkan sejumlah individu secara acak atau melalui prosedur tertentu. Individu (gen) akan diacak pada suatu kromosom, kromosom tersebut akan diulang berdasarkan jumlah kromosom yang akan dilakukan perulangan dengan menggunakan suatu fungsi. Kromosom yang sudah dibangkitkan akan menjadi sebuah populasi (Santoso & Sanuri, 2019). Populasi, diisi oleh beberapa kromosom yang sudah diinput *user*.

3. Evaluasi Fungsi *Fitness*

Suatu individu atau kromosom dievaluasi berdasarkan suatu fungsi tertentu sebagai ukuran performasinya. Fungsi yang digunakan untuk mengukur nilai kecocokan disebut dengan *fitness function*. Proses evaluasi fungsi *fitness* ini akan terus berjalan sampai terpenuhinya kriteria berhenti (Hijriana, 2015). Pada penelitian ini, jika sudah optimal (nilai *fitness* yang dihasilkan berturut turut sama sebanyak 20 kali, dan *fitness* yang dihasilkan kromosom, terseleksi paling kecil) maka *looping* (perulangan) akan diberhentikan.

4. Kalkulasi Fungsi *Fitness* dan Estimasi Biaya

Pada penelitian ini, jarak per titik didapatkan dari *Matrix distance* yang diinputkan oleh *user* menggunakan *google maps api*. Setiap gen (titik), akan dikalkulasikan dengan cara menambahkan jarak per gen (*fitness*), dan dibagikan dengan jumlah gen yang ditambah dengan titik asal. Untuk mendapatkan total jarak dan Mendapatkan total biaya, dilakukan persamaan 1 dan 2 sebagai berikut :

$$\text{Total jarak} = \sum_{i=1}^n \text{Jarak}_i \quad (1)$$

Keterangan:

Total Jarak : total jarak perjalanan

n : jumlah segmen perjalanan (misalnya, jumlah kaki atau legs dalam rute perjalanan)

jarak_i : adalah jarak dari segmen perjalanan ke-*i*

$$\text{Biaya} = \frac{d}{1000} \times c \quad (2)$$

Keterangan:

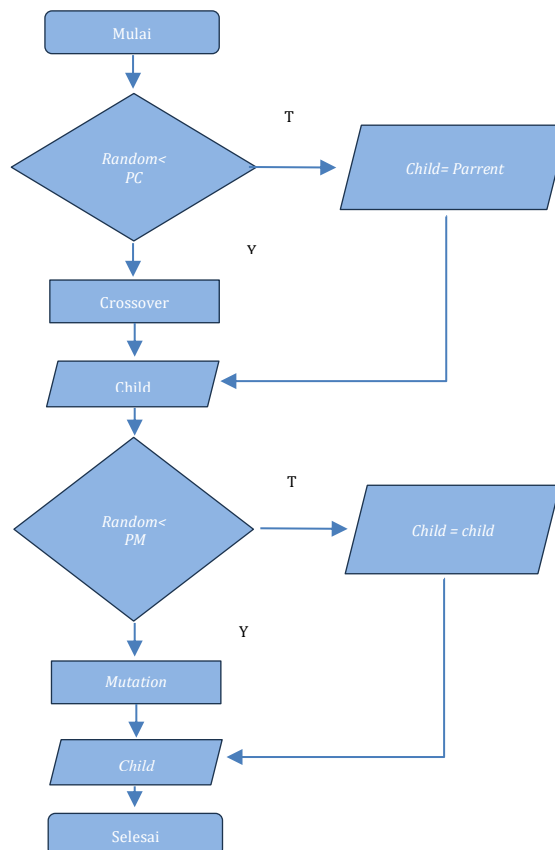
$Biaya$: biaya perjalanan
 $\frac{d}{1000}$: mengonversi total jarak dari meter ke kilometer
 c : biaya per kilometer

5. Seleksi Orangtua

Proses penyeleksian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *roulette-wheel selection* [13]. Metode ini mudah diimplementasikan dalam pemrograman dengan langkah-langkah berikut: pertama, menghitung nilai *fitness* dari setiap individu (f_i untuk individu ke-1 hingga ke- n); kedua, menghitung total *fitness* dari seluruh individu; ketiga, menghitung probabilitas masing-masing individu dengan membagi nilai *fitness* mereka dengan total *fitness*; keempat, menghitung probabilitas kumulatif; kelima, membangkitkan bilangan acak $R \in (0, 1]$ berdasarkan jumlah populasi pada generasi; keenam, menentukan individu yang terpilih sebagai induk berdasarkan bilangan acak yang dihasilkan, dengan aturan bahwa jika $R[i]$ kurang dari kumulatif *fitness* pertama $q[1]$, maka kromosom ke- i digantikan oleh kromosom pertama sebagai induk. Selain itu, jika $q[i-1] < R \leq q[i]$, maka kromosom ke- i dipilih sebagai induk dengan syarat bahwa kumulatif *fitness* $q[i]$ lebih besar atau sama dengan $R[i]$. Sebagai contoh, jika $R[1]$ kurang dari $q[4]$, maka kromosom $K[1]$ digantikan oleh kromosom $K[4]$ pada populasi awal.

6. Reproduksi

Reproduksi dilakukan dengan sekema gambar 2. Dalam penelitian ini, digunakan *crossover* dengan tahapan-tahapan berikut: pertama, mengambil populasi yang telah melalui proses penyeleksian; kedua, menentukan *crossover rate* (cr) sebesar 0,75; ketiga, membangkitkan nilai acak; keempat, melakukan perbandingan antara nilai acak yang telah dibangkitkan dengan *crossover rate*; kelima, menentukan kombinasi dengan membagi kromosom menggunakan teknik *one-cut point*; dan terakhir, merekomendasikan populasi hasil *crossover*. Selanjutnya, proses mutasi dilakukan dengan langkah-langkah berikut: pertama, mengambil populasi yang telah melalui proses *crossover*; kedua, menentukan *mutation rate* (mr) sebesar 0,25; ketiga, menghitung jumlah mutasi; keempat, melakukan proses mutasi sesuai dengan ketentuan; kelima, menggabungkan hasil mutasi ke *offsprings* dari *crossover*; dan terakhir, merekomendasikan populasi hasil mutasi.



Gambar 2. Skema Crossover dan Mutasi

7. Kriteria Berhenti

Iterasi berhenti setelah dalam beberapa generasi berturut-turut sampai 10 didapatkan nilai *fitness* paling rendah yang tidak berubah. Sehingga apabila perhitungan dilanjutkan hingga ke generasi ke-N maka diyakinkan bahwa nilai *fitness* yang terendah tetap tidak akan berubah.

D. Tahapan Perancangan Sistem

Pada penelitian ini, penulis melakukan analisis kebutuhan fungsional Dalam mengembangkan sistem optimasi TSP menggunakan algoritma genetika dan Google Maps API untuk kurir ekspedisi pada J&T Paris 2 berbasis Web GIS, ada beberapa kebutuhan fungsional yang perlu dianalisis. Kebutuhan fungsional ini mencakup fitur-fitur utama yang harus ada dalam sistem untuk memenuhi kebutuhan pengguna. Berikut adalah analisis kebutuhan fungsional yang relevan:

1. Aplikasi memiliki menu *login* untuk pengguna.
2. Aplikasi dapat input estimasi biaya per-kilometer.
3. Aplikasi memiliki fitur *CRUD* pada menu kelompok antar.
4. Aplikasi memiliki fitur *CRUD* pada menu pemilihan titik antar.
5. Aplikasi dapat menentukan jarak titik 1 ke titik lainnya ketika input pada menu bobot
6. Pengguna bisa input titik tujuan untuk di optimasi, dan Mendapatkan *marker* yang sudah di optimasi untuk beberapa tempat yang dipilih agar dilakukan antar.
7. Aplikasi dapat menyimpan dan menghapus histori lokasi yang pernah digunakan oleh pengguna.

E. Tahapan Implementasi

1. Metode Pengembangan Sistem

Dalam kasus ini, metode pengembangan sistem yang digunakan adalah *Agile Software Development* dengan jenis *Extreme Programming(XP)*. Pemilihan *Extreme Programming(XP)* didasarkan pada kompleksitas yang tidak terlalu tinggi dan skala kecil dari perangkat lunak yang akan dikembangkan, serta kebutuhan untuk menyelesaikan pengembangan dengan waktu yang relatif singkat. Model *Agile Extreme Programming* melibatkan beberapa aturan praktik, termasuk perencanaan, desain, implementasi, pemrograman, dan pengujian.

2. Paradigma Pemograman

Pada penelitian ini, untuk meningkatkan struktur kode, peneliti memanfaatkan kerangka kerja CodeIgniter4 yang mengusung struktur folder *Model View Controller*. Implementasi menggunakan framework CodeIgniter4 juga mengadopsi paradigma *Object-Oriented Programming (OOP)*. CodeIgniter4, sebagai framework PHP, mengaplikasikan pendekatan OOP dalam pengembangan aplikasi web. Beberapa konsep OOP yang diterapkan dalam CodeIgniter4 mencakup penggunaan kelas-kelas, seperti *Controller* yang mengelola permintaan pengguna dan *Model* yang berinteraksi dengan basis data. Selain itu, *framework* ini menggunakan konsep pewarisan untuk mengizinkan penggunaan kode yang dapat digunakan kembali dan membangun hierarki kelas yang terstruktur. Selain itu, penggunaan pengapsulan digunakan untuk mengatur akses ke properti dan metode dalam kelas, dengan tingkat aksesibilitas yang sesuai. Konsep *polimorfisme* memungkinkan penggunaan objek dengan tipe yang berbeda melalui antarmuka yang seragam, terutama dalam penggunaan *helper*, *library*, atau *plugin* yang dapat digunakan secara fleksibel dalam berbagai bagian aplikasi. Terakhir, CodeIgniter4 menyediakan tingkat abstraksi yang tinggi dengan menyediakan antarmuka dan fitur-fitur yang terdefinisi dengan baik, memungkinkan pengembang untuk fokus pada implementasi fungsionalitas tertentu tanpa harus memperhatikan detail-detail teknis yang lebih dalam.

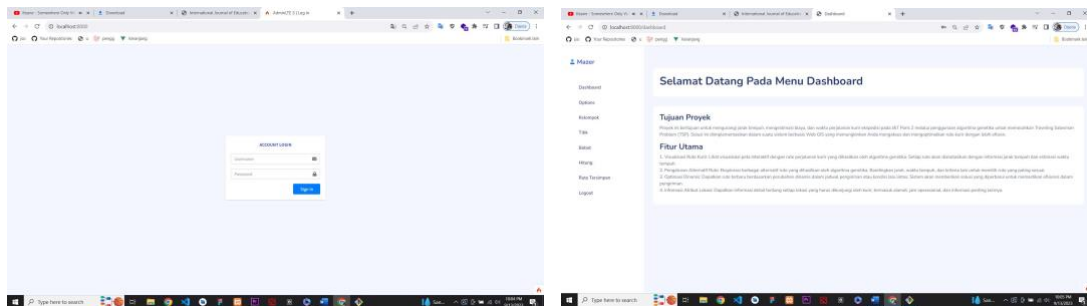
F. Tahapan Kesimpulan dan Saran

Tahap ini berisikan tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta hasil yang didapatkan. Tahap ini juga berisikan poin-poin penting kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran peneliti bagi pembaca untuk melakukan pengembangan terhadap penelitian ini ke depannya.

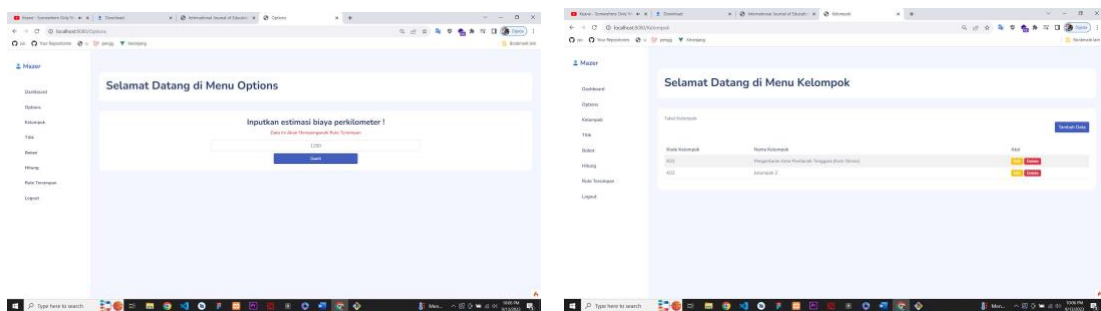
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

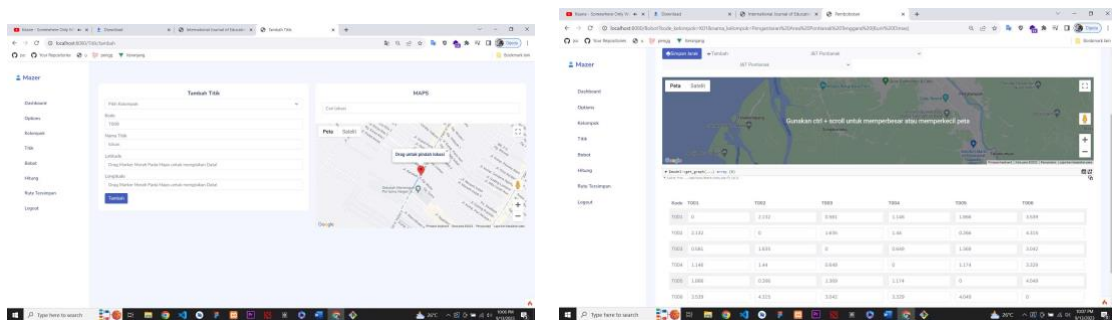
Hasil *Screenshot* Dari Sistem bisa dilihat pada gambar 3 Form Login dan Dashboard, gambar 4 *Form Menu Options* dan *Form Kelompok*, Gambar 5 *Form Tambah Data Titik* dan *Form jarak*, Gambar 6 *Form Menu Hitung* dan Rute yang belum teroptimasi dan Gambar 7 Menu Tampil rute teroptimasi dan *History* penyimpanan rute teroptimasi.



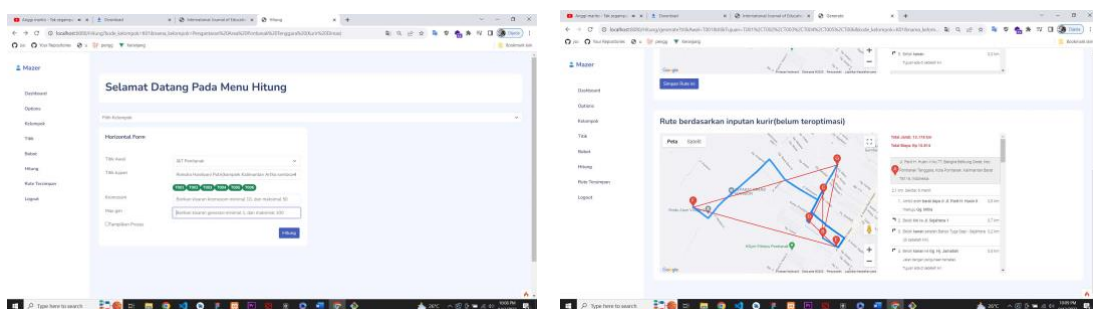
Gambar 3. *Form Login* dan *Dashboard*



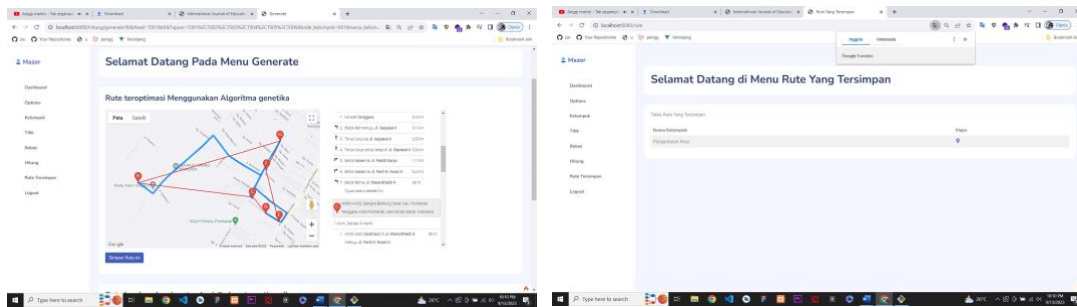
Gambar 4. *Form Menu Options* dan *Form Kelompok*



Gambar 5. *Form Tambah Data Titik* dan *Form jarak*



Gambar 6. *Form Menu Hitung* dan Rute yang belum teroptimasi



Gambar 7. Menu Tampil rute teroptimasi dan *History* penyimpanan rute teroptimasi

Pengujiannya sendiri dilakukan menggunakan *blackbox testing* untuk membantu dalam pengujian unit dan fungsional dari 126system.

1. Pengujian Sistem *Blackbox Login*

Pengujian *126system Blackbox* pengguna mengevaluasi interaksi pengguna dengan *126system* tanpa memperhatikan implementasi internal. Tujuannya memastikan kesesuaian perilaku *126system* dengan harapan pengguna dan kebutuhan fungsional. Hasilnya tercatat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Use case login*

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasil pengujian	Kesimpulan
1	<i>Username</i> dan <i>Password</i> tidak diisi kemudian klik tombol <i>Login</i>	<i>Username:</i> (kosong) <i>Password:</i> (kosong)	Sistem akan menolak dan menampilkan pesan "harap isi <i>username</i> dan <i>password</i> "	Sesuai harapan	Berhasil
2	Mengetikan <i>Username</i> , dan <i>Password</i> tidak diisi atau kosong kemudian klik tombol <i>Login</i>	<i>Username:</i> User <i>Password:</i> (kosong)	Sistem akan menolak dan menampilkan pesan " <i>password</i> belum diisi"	Sesuai harapan	Berhasil
3	Mengetikan <i>Password</i> , dan <i>username</i> tidak diisi atau kosong kemudian klik tombol <i>Login</i>	<i>Username:</i> (kosong) <i>Password:</i> pontianak123	Sistem akan menolak dan menampilkan pesan " <i>username</i> belum diisi"	Sesuai harapan	Berhasil
4	Mengetikan <i>username</i> dan <i>password</i> yang tidak sesuai, kemudian klik tombol <i>Login</i>	<i>Username:</i> user <i>Password:</i> user	Sistem akan menolak dan menampilkan pesan " <i>username</i> dan <i>password</i> yang Anda masukan tidak valid/salah"	Sesuai harapan	Berhasil
5	Mengetikan <i>username</i> dan <i>password</i> yang benar/sesuai, kemudian klik tombol <i>Login</i>	<i>Username :</i> user <i>Password :</i> pontianak123	Sistem menerima akses login dan kemudian menampilkan halaman data untuk admin	Sesuai harapan	Berhasil

2. Pengujian Sistem *Blackbox* ubah data Estimasi biaya Pengguna

Pengujian *blackbox* sistem untuk ubah data oleh pengguna bertujuan memverifikasi bahwa langkah penambahan data oleh pengguna berjalan dengan tepat sesuai keperluan sistem. Rincian hasil pengujian tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. *Use case* memproses data estimasi biaya

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasil pengujian	Kesimpulan
1	Estimasi Biaya Kosong dan klik tombol "Ganti"	Inputkan Biaya: (kosong)	Sistem menolak, dan memberikan pesan "Tolong inputkan data terlebih dahulu!"	Sesuai Harapan	Berhasil
2	Pengguna Menginoutkan Estimasi Biaya diisi dengan 1200 dan tekan tombol "Ganti"	Inputkan Biaya: (1200)	Sistem akan memperbaharui data dan menampilkan Popup "Kamu berhasil Mengupdate Data"	Sesuai Harapan	Berhasil

3. Pengujian Sistem *Blackbox* CRUD Kelompok

Tujuan dari pengujian sistem dengan metode *blackbox* untuk *Create, Read, Update, Delete* data yang dilakukan pengguna untuk memverifikasi kelancaran proses *CRUD* sesuai dengan persyaratan sistem. Informasi hasil pengujian terdapat dalam Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Memproses data kelompok antar

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasil pengujian	Kesimpulan
1	Pengguna tidak input Kode kelompok dan nama kelompok dan menekan tombol "Tambah"	Kode: (kosong) Nama: (kosong)	Sistem menolak, dan memberikan pesan "Kode Kelompok Harus Diisi!", dan "Nama Kelompok Harus Diisi!". Pada tempat input dan tanda merah	Sesuai harapan	Berhasil
2	Pengguna input Kode kelompok dan nama kelompok dan menekan tombol "Tambah"	Kode: (K02) Nama: (Antar kelompok 2)	Sistem akan menambahkan data dan muncul <i>alert</i> "data berhasil ditambahkan" dan berpindah ke <i>menu</i> kelompok antar.	Sesuai Harapan	Berhasil
3	-	-	-	-	Berhasil
4	-	-	-	-	Berhasil
5	Pengguna menghapus salah satu data yang terdapat pada tabel	Hapus Data : Data yang dipilih untuk dihapus	Sistem akan menghapus data dan memberikan <i>Alert</i> "data berhasil di hapus"	Sesuai harapan	Berhasil

4. Pengujian Sistem *Blackbox* CRUD Titik Antar

Tujuan dari pengujian sistem dengan metode *blackbox* untuk *Create, Read, Update, Delete* data yang dilakukan pengguna untuk memverifikasi kelancaran proses *CRUD* sesuai dengan persyaratan sistem. Informasi hasil pengujian terdapat dalam Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. *Use case* memproses data titik pengantaran

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasil pengujian	Kesimpulan
1	Pengguna tidak input salah satu dari <i>form</i> input Tambah data dan menekan tombol "tambah data"	Pilih kelompok : (kosong): kode(kosong)nama titik: (kosong) lat:(kosong) lng: (kosong)	Sistem akan memindai dan memberikan input tersebut untuk dimintai input dengan tulisan seperti ini : " <i>field</i> Harus Diisi!"	Sesuai harapan	Berhasil

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasil pengujian	Kesimpulan
2	-	-	-	Sesuai Harapan	Berhasil
3	-	-	-	Sesuai Harapan	Berhasil
4	-	-	-	Sesuai Harapan	Berhasil
5	Pengguna menghapus salah satu data yang terdapat pada tabel	Hapus Data : Data yang dipilih untuk dihapus	Sistem akan menghapus data dan memberikan <i>Alert</i> "data berhasil di hapus"	Sesuai harapan	Berhasil

5. Pengujian Sistem *Blackbox* Menu Pembobotan

Tujuan dari pengujian sistem dengan metode *blackbox* untuk input matriks jarak data yang dilakukan pengguna untuk memverifikasi kelancaran proses Perhitungan sesuai dengan persyaratan sistem. Pada pengujian ini, pengguna memilih kelompok antar dan menginput jarak dari titik a ke titik b dengan cara menekan tombol *select* yang berisikan daftar titik yang menjadi kelompok antar, lalu menekan tombol simpan jarak. Hasil yang diharapkan adalah sebagai berikut:

- Elemen pada baris ke-0, kolom ke-0 (0, 0) mewakili jarak dari titik 0 ke titik 0. Jarak antara titik dengan dirinya sendiri harus selalu 0, dan ini adalah standar dalam matriks jarak.
- Elemen pada baris ke-0, kolom ke-1 (0, 1) mewakili jarak dari titik 0 ke titik 1. Nilai jaraknya adalah 2.132.
- Elemen pada baris ke-0, kolom ke-2 (0, 2) mewakili jarak dari titik 0 ke titik 2. Nilai jaraknya adalah 0.581.
- Elemen pada baris ke-0, kolom ke-3 (0, 3) mewakili jarak dari titik 0 ke titik 3. Nilai jaraknya adalah 1.146.
- Elemen pada baris ke-0, kolom ke-4 (0, 4) mewakili jarak dari titik 0 ke titik 4. Nilai jaraknya adalah 1.866.
- Elemen pada baris ke-0, kolom ke-5 (0, 5) mewakili jarak dari titik 0 ke titik 5. Nilai jaraknya adalah 3.539.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa data berhasil disimpan dan sesuai dengan harapan. Oleh karena itu, pengujian skenario 1 dapat dianggap berhasil.

6. Pengujian Sistem *Blackbox* Menu Hitung

Tujuan dari pengujian sistem dengan metode *blackbox* ini memperhitungan dan memverifikasi data-data yang dilakukan oleh pengguna agar data bisa sesuai dengan persyaratan sistem. Informasi hasil pengujian terdapat dalam Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian *blackbox* Generate

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Yang pengujian	Kesimpulan
1	Pengguna memilih dan menekan salah satu kelompok antar, dan tidak input titik awal, titik Tujuan, kromosom, maksimal generasi dan menekan tombol "hitung"	Titik Awal: (Kosong) Titik Tujuan: (kosong) kromosom: (kosong) Maksimal generasi: (kosong)	Sistem akan memindai dan memberikan input yang (kosong) untuk dimintai input dengan tulisan seperti ini : " <i>field</i> Harus Diisi terlebih dahulu!"	Sesuai Harapan	Berhasil
2	Pengguna memilih dan menekan salah satu kelompok antar, dan input data sesuai(benar)titik	Titik Awal: (J&T Pontianak) Titik Tujuan: (T001,T002,T003,T004,T005,T006)	Sistem akan berpindah ke halaman <i>generate</i> dimana hasil optimasi(berbentuk	Sesuai Harapan	Berhasil

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Yang pengujian	Kesimpulan
	awal, titik Tujuan, kromosom, maksimal generasi dan menekan tombol "hitung".	kromosom: (10) Maksimal generasi:(50)	<i>maps</i>), total jarak, total biaya, dan petunjuk arah bisa dilihat ataupun disimpan		

7. Pengujian Sistem *Blackbox* Hapus Data

Tujuan dari pengujian sistem dengan metode *blackbox* ini adalah untuk memverifikasi penghapusan data yang dilakukan pengguna sebagai kelancaran proses, sesuai dengan persyaratan sistem. Informasi hasil pengujian terdapat dalam Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Hasil Pengujian *blackbox* Hapus Data

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Yang pengujian	Kesimpulan
1	Pengguna memilih salah satu data, dan menekan tombol yang memiliki logo <i>maps</i> , Pengguna Menghapus Data dengan cara menekan tombol "Hapus Data"	Hapus Data : Data yang dipilih untuk dihapus	Sistem akan menghapus data.	Sesuai Harapan	Berhasil

B. Pembahasan

Untuk mengoptimasi rute perjalanan kurir, peneliti melakukan 6 kali percobaan, dengan estimasi biaya perkilometer sebesar Rp. 1200 menggunakan data Kelompok Antar Area Pontianak Tenggara (Kurir Dimas) pada Tabel 7 sebagai titik antar, Tabel 8 sebagai matriks jarak Tabel 9 Parameter Algoritma Genetika untuk perhitungan, dan Hasil 6 kali percobaan bisa dilihat pada Tabel.

Tabel 7. Titik antar

No	Kelompok	Kode	Nama Titik	Lat	Lng
1	K01	T001	J&T Pontianak	-0.0716	109.351933
2	K01	T001	Nur Apriani	-0.082816	109.349643
3	K01	T001	iffa qarima (Jl. Komplek Wanabhakti 3 No.6) rumah ke 4 dari kanan pagar chrome	-0.076123	109.349675
4	K01	T001	Sri Mulyani(rumah ke2 disamping paud Husna)	-0.080309	109.347685
5	K01	T001	Muhammad Vicky(perumah kpmpolek vila kenacana no 1)	-0.084112	109.351661
6	K01	T001	Reindra Hardiyani Putri(komplek Kalimantan Artha sentosa 1 rumah urutan terakhir)	-0.078124	109.329729

Tabel 8. Matriks jarak

No	Kode	Nama Alternatif	T001	T003	T004	T005	T006	T007
1	T001	J&T Pontianak	0	2.132	0.581	1.146	1.866	3.539
2	T002	Nur Apriani	2.132	0	1.635	1.44	0.266	4.315
3	T003	iffa qarima (Jl. Komplek Wanabhakti 3 No.6) rumah ke 4 dari kanan pagar chrome	0.581	1.635	0	0.649	1.369	3.042
4	T004	Sri Mulyani(rumah ke2 disamping paud Husna)	1.146	1.44	0.649	0	1.174	3.329
5	T005	Muhammad Vicky(perumah komplek vila kenacana no 1)	1.866	0.266	1.369	1.174	0	4.049
6	T006	Reindra Hardiyani Putri(komplek Kalimantan Artha sentosa 1 rumah urutan terakhir)	3.539	4.315	3.042	3.329	4.049	0

Tabel 9. Parameter algoritma genetika untuk perhitungan

Percobaan	<i>Crossover Rate</i>	<i>Mutation Rate</i>	<i>Jumlah Kromosom</i>	<i>Maksimal Generasi</i>
Ke-1	75%	25%	6	5
Ke-2	75%	25%	5	10
Ke-3	75%	25%	10	20
Ke-4	75%	25%	10	30
Ke-5	75%	25%	10	40
Ke-6	75%	25%	10	50

Tabel 10. Hasil percobaan sistem

No	Stop gen	Estimasi Biaya	Lama Eksekusi	<i>Fitness</i> Terbaik	Solusi(kromosom)	Total Jarak
1	5	Rp. 12.031	7,390s	15.48	J&T Pontianak, Sri Mulyani(rumah ke2 disamping paud Husna), Muhammad Vicky(perumah kpmplek vila kenacana no 1), Reindra Hardiyani Putri(komplek Kalimantan Artha sentosa 1 rumah urutan terakhir), Nur Apriani, iffa qarima (Jl. Komplek Wanabhakti 3 No.6) rumah ke 4 dari kanan pagar chrome, J&T Pontianak	15.480
2	10	Rp. 10.802	0,004 s	12.962	J&T Pontianak, Nur Apriani, Muhammad Vicky(perumah kpmplek vila kenacana no 1), Sri Mulyani(rumah ke2 disamping paud Husna), iffa qarima (Jl. Komplek Wanabhakti 3 No.6) rumah ke 4 dari kanan pagar chrome, Reindra Hardiyani Putri(komplek Kalimantan Artha sentosa 1 rumah urutan terakhir), J&T Pontianak	12.962

No	Stop gen	Estimasi Biaya	Lama Eksekusi	<i>Fitness</i> Terbaik	Solusi(kromosom)	Total Jarak
3	5	Rp. 10.524	0.001 s	12.63	J&T Pontianak, Reindra Hardiyani Putri(komplek Kalimantan Artha sentosa 1 rumah urutan terakhir), Sri Mulyani(rumah ke2 disamping paud Husna), Nur Apriani, Muhammad Vicky(perumah kpmplek vila kenacana no 1), iffa qarima (Jl. Komplek Wanabhakti 3 No.6) rumah ke 4 dari kanan pagar chrome, J&T Pontianak	10.524
4	11	Rp. 10.524	0.002 s	12.629	J&T Pontianak, Nur Apriani, Muhammad Vicky(perumah kpmplek vila kenacana no 1), Sri Mulyani(rumah ke2 disamping paud Husna), Reindra Hardiyani Putri(komplek Kalimantan Artha sentosa 1 rumah urutan terakhir), iffa qarima (Jl. Komplek Wanabhakti 3 No.6) rumah ke 4 dari kanan pagar chrome, J&T Pontianak	10.524
5	9	Rp. 10.524	0.002 s	12.629	J&T Pontianak, Reindra Hardiyani Putri(komplek Kalimantan Artha sentosa 1 rumah urutan terakhir), Sri Mulyani(rumah ke2 disamping paud Husna), Nur Apriani, Muhammad Vicky(perumah kpmplek vila kenacana no 1), iffa qarima (Jl. Komplek Wanabhakti 3 No.6) rumah ke 4 dari kanan pagar chrome, J&T Pontianak	10.524
6	6	Rp. 10.524	0.008 s	12.629	J&T Pontianak, Sri Mulyani(rumah ke2 disamping paud Husna), Nur Apriani, Muhammad Vicky(perumah kpmplek vila kenacana no 1), Reindra Hardiyani Putri(komplek Kalimantan Artha sentosa 1 rumah urutan terakhir), iffa qarima (Jl. Komplek Wanabhakti 3 No.6) rumah ke 4 dari kanan pagar chrome, J&T Pontianak	10.524

Hasil percobaan dari sistem optimasi *Travelling Salesman Problem*(TSP) menggunakan algoritma genetika menghasilkan beberapa solusi dengan kinerja yang sangat baik. Eksperimen terbaik adalah yang memiliki nomor 3, dengan parameter probabilitas *crossover*(Cr) sebesar 75%, probabilitas mutasi (*Mr*) sebesar 25%, jumlah generasi (*gen*) 10, stop *generation* 5, dan EB (Total Estimasi Biaya) 12.63. Solusi terbaik dalam eksperimen ini memiliki total jarak perjalanan sekitar 10.524 kilometer.

Alasan mengapa baris nomor 3 dianggap hasil terbaik didasarkan pada kombinasi parameter yang digunakan, termasuk *Crossover Rate* (Cr), *Mutation Rate* (Mr), jumlah populasi (kromosom), jumlah generasi (gen), serta nilai Hasil Stop pada generasi dan estimasi biaya yang paling rendah. Kombinasi parameter ini menghasilkan nilai *fitness* terbaik dengan total jarak yang paling rendah yaitu 10.524 km.

Solusi ini melibatkan perjalanan yang melintasi titik-titik tertentu, dimulai dari J&T Pontianak dan melalui Reindra Hardiyani Putri di Komplek Kalimantan Artha Sentosa, Sri Mulyani (rumah ke-2 disamping PAUD Husna), Nur Apriani, Muhammad Vicky di perumahan Komplek Vila Kenacana, Iffa Qarima di Jl. Komplek Wanabhakti 3 No.6, dan kembali ke J&T Pontianak. Solusi ini berhasil mencapai total jarak terpendek di antara semua eksperimen yang dijalankan.

Keberhasilan solusi terbaik ini dapat didistribusikan kepada kombinasi parameter yang tepat, yaitu probabilitas *crossover* dan mutasi yang mengarah pada diversifikasi dan eksplorasi solusi, serta pengaturan jumlah generasi dan stop *generation* yang memungkinkan algoritma genetika untuk mencapai konvergensi dengan baik. Solusi ini mengilustrasikan rute yang efisien dan optimal bagi seorang *salesman* untuk mengunjungi titik-titik yang ditentukan, dengan jarak total yang minimal. Dengan demikian, hasil ini menunjukkan keefektifan algoritma genetika dalam mengatasi masalah perjalanan *salesman* dengan memanfaatkan parameter-parameter yang tepat untuk mencapai solusi terbaik.

5. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Web GIS berhasil diimplementasikan untuk kebutuhan penyimpanan, pengolahan data, dan berhasil melakukan penentuan lintasan terpendek. Sistem ini mengimplementasikan algoritma genetika dengan memanfaatkan Google Maps API untuk mengoptimasi *Travelling Salesman Problem* (TSP) dengan fitur-fitur seperti pengelolaan data kelompok, titik pengantaran, perhitungan rute terpendek, dan pengujian yang telah diimplementasikan dengan baik. Dari data pengantaran oleh kurir Dimas dari J&T Pontianak, ditemukan

hasil pengantaran dengan kombinasi hasil terbaik berdasarkan parameter seperti *Crossover Rate (Cr)*, *Mutation Rate (Mr)*, jumlah populasi (kromosom), jumlah generasi (gen), serta nilai Hasil Stop pada generasi dan estimasi biaya terendah. Hasil pengujian menunjukkan nilai *fitness* terbaik sebesar 12.63, waktu eksekusi sekitar 0.001 detik, dan total jarak sejauh 10.524 km, sehingga rute pengantaran oleh Kurir Dimas menjadi efisien, mencakup tempat seperti J&T Pontianak, Reindra Hardiyani Putri, Sri Mulyani, dan lainnya, dengan estimasi biaya sebesar Rp. 12.031. Dengan demikian, permasalahan TSP berhasil diselesaikan oleh algoritma genetika dengan baik.

Meskipun demikian, terdapat beberapa kekurangan pada sistem, seperti pengguna tidak dapat mengatur sendiri nilai *mutation rate* (Cr: 25%) dan *crossover rate* (Mr: 75%). Oleh karena itu, dalam penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengimplementasikan penelitian secara adaptif dengan menggunakan algoritma genetika guna meningkatkan hasil parameter agar hasil yang diperoleh semakin baik.

Daftar Pustaka

- Auliasari, K., Kertaningtyas, M., & Basuki, D. W. L. (2018). Optimalisasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Metode *Traveling Salesman Problem*. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 16(1), 15. <https://doi.org/10.24014/sitekin.v16i1.6109>
- C, A. P., Pramono, B., & Aksara, L. . B. (2017). Travelling Salesman Problem (TSP) Untuk Menentukan Rute Terpendek Bagi Kurir Kota Kendari Menggunakan Algoritma Greedy Berbasis Android. *SemanTIK*, 3(1), 95–106.
- Hijriana, N. (2015). Penerapan Metode Algoritma Genetika Untuk Permasalahan Penjadwalan Perawat (Nurse Scheduling Problem). *Info Teknik*, 16(1), 61–74.
- Jinggo Pratama, A. S., Abdul Khamid, & Yesy Diah Rosita. (2023). Pencarian Rute Optimal Wisata Mojokerto Dalam Kasus *Traveling Salesman Problem* Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Informatika Teknologi Dan Sains (Jinteks)*, 5(2), 283–288. <https://doi.org/10.51401/jinteks.v5i2.2447>
- Kamelia, R. (2023). *Profil Kota Pontianak: Sejarah, Geografi, Peta, dan Iklim*. <https://tirto.id/profil-kota-pontianak-sejarah-geografi-peta-dan-iklim-gAzw>
- Nadzir, M., Cholissodin, I., & Rahayudi, B. (2019). Penerapan Multi Travelling Salesman Problem Pada Optimasi Pendistribusian Bantuan Sosial Beras Sejahtera Studi Kasus: Perum Bulog Subdivre Malang. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(3), 2894–2902.
- Nugroho, I. S., Bhagya, T. G., & Rosinawati, D. (2020). Genetic Algorithm Untuk Memperbaiki Rute Travelling Salesman Problem Yang Dihasilkan Dari Savings Algorithm. *Jurnal Sain Dan Teknik*, 2(2), 58–71.
- Pitaloka, D. K., & Koesdijarto, R. (2022). IMPLEMENTASI TRAVELLING SALESMAN PROBLEM (TSP) DENGAN ALGORITMA GENETIKA MENGGUNAKAN PETA LEAFLET (Studi Kasus PT . AMZ Geoinfo Solution Surabaya). 1(September), 767–776.
- 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.
- Rohman, S., Zakaria, L., Asmiati, A., & Nuryaman, A. (2020). Optimisasi Travelling Salesman Problem dengan Algoritma Genetika pada Kasus Pendistribusian Barang PT. Pos Indonesia di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Matematika Integratif*, 16(1), 61. <https://doi.org/10.24198/jmi.v16.n1.27804.61-73>
- Santoso, H., & Sanuri, R. (2019). Implementasi Algoritma Genetika dan Google Maps API Dalam Penyelesaian *Traveling Salesman Problem* with Time Window (TSP-TW) Pada Penjadwalan Rute Perjalanan Divisi Pemasaran STMIK El Rahma. *Teknika*, 8(2), 110–118. <https://doi.org/10.34148/teknika.v8i2.187>
- Yusron Mubarak, A., & Chotijah, U. (2021). Penerapan Algoritma Genetika Untuk Mencari Optimasi Kombinasi Jalur Terpendek Dalam Kasus Travelling Salesman Problem. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 7(2), 77–82. <https://doi.org/10.54914/jtt.v7i2.424>