

SENASTIKA Universitas Malikussaleh

SISTEM INFORMASI MODEL RANTAI PASOK HASIL PERTANIAN MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Muhammad Farhan^{*1}, Nurdin², Maryana^{*3}

¹Program Studi Magister Teknologi Informasi, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Aceh

^{2,3}Program Studi Teknik Informatika Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Aceh

Email: muhammad.190170032@mhs.unimal.ac.id, nurdin@unimal.ac.id, maryana@unimal.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem manajemen rantai pasok produk pertanian menggunakan Algoritma Genetika untuk mengoptimalkan rute distribusi. Fokus penelitian adalah pada pengumpulan data geografis dari berbagai titik distribusi dan penerapan Algoritma Genetika untuk menentukan rute distribusi yang paling efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Algoritma Genetika berhasil mengoptimalkan total jarak distribusi menjadi 929,56 km, dengan rute optimal yang dimulai dari Peudada, melewati beberapa titik strategis seperti Jeumpa, Samalanga, Lhokseumawe, Langsa, Medan, hingga Sabang, dengan jarak terpanjang antara Banda Aceh dan Sabang sejauh 505,11 km. Rute ini meningkatkan efisiensi distribusi dan berpotensi mengurangi biaya operasional serta waktu pengiriman secara signifikan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa Algoritma Genetika memberikan solusi yang efektif dalam optimasi rute distribusi dan alokasi sumber daya pada manajemen rantai pasok produk pertanian, dengan peluang pengembangan di masa depan melalui integrasi pelacakan real-time dan analisis data historis untuk optimasi lebih lanjut.

Keywords: *Algoritma Genetika, Distribusi, Optimasi Rute, Produk Pertanian, Rantai Pasok, dan Sistem Informasi.*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi sektor pertanian di Kabupaten Bireuen pada tahun 2014 tercatat sebesar 2,15 persen. Namun, pada tahun 2015, pertumbuhan ini mengalami peningkatan menjadi 3,72 persen. Struktur perekonomian Kabupaten Bireuen pada tahun 2015 didominasi oleh sektor pertanian, yang mencapai 43,84 persen. Namun demikian, sektor pertanian masih belum bisa menampilkan hasil yang optimal bila dilihat dari tingkatan kesejahteraan petani serta kontribusinya pada pendapatan nasional. Terdapat beberapa masalah yang dialami dalam sektor pertanian [1].

Optimasi rute transportasi pengiriman merupakan salah satu permasalahan di bidang pertanian. Transportasi adalah aktivitas yang sangat penting pada banyak perusahaan. Nilai tambah yang diberikan kepada produk mempunyai persentasi yang tinggi di sektor pasar tertentu. Oleh karena itu, penghematan yang signifikan bisa didapatkan dengan mengoptimalkan proses transportasi menggunakan metode terkomputerisasi tertentu, salah satunya dengan menggunakan metode Algoritma Genetika [2]. Menurut [3] Dengan memanfaatkan mekanisme seleksi, rekombinasi, dan mutasi, Algoritma Genetika mampu menemukan solusi yang mendekati optimal dalam ruang pencarian yang besar dan kompleks.

Algoritma Genetika kemudian akan dimodelkan dan diimplementasikan dalam sistem. Penggunaan algoritma genetika sebagai metode optimasi dalam sistem informasi rantai pasok pertanian menjanjikan solusi yang efektif untuk mengatasi kompleksitas dan dinamika permasalahan dalam rantai pasok. Algoritma Genetika adalah algoritma pencarian yang didasarkan atas mekanisme seleksi alam dan evolusi biologis. Pada Algoritma Genetika, kondisi diawali dengan setting awal solusi acak yang disebut populasi. Tiap individu dalam populasi disebut kromosom, yang merepresentasikan suatu solusi atas permasalahan.

Integrasi Algoritma Genetika dalam sistem informasi rantai pasok hasil pertanian diharapkan dapat membantu dalam penentuan keputusan strategis, seperti pemilihan rute distribusi, alokasi sumber daya, dan perencanaan kapasitas, sehingga mengurangi biaya dan meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [4], pada penelitian ini dibangun sistem informasi Penelitian ini menghasilkan rancangan arsitektur SCM untuk beras pandan wangi. Aplikasi ini dibuat dengan menggunakan metode Rational Unified Process (RUP). Hasil pengujian sistem informasi ini menunjukkan bahwa kebutuhan pengguna telah terpenuhi dan mampu membantu proses distribusi beras pandan wangi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [5] yang berjudul "Aplikasi Pemetaan Lokasi Distribusi Gas Elpiji 3 Kg Menggunakan Algoritma Ant Colony Berbasis Android", penelitian ini membahas upaya untuk memenuhi kelangkaan gas LPG di beberapa daerah di Kota Medan. Sebagai solusi, dikembangkan sebuah aplikasi pemetaan lokasi distribusi gas LPG berbasis Android yang menggunakan Algoritma Ant Colony untuk menentukan rute

tercepat ke pangkalan gas di wilayah Kecamatan Medan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi ini berhasil memetakan lokasi distribusi gas LPG 3 kg dengan cepat.

Penelitian yang dilakukan oleh [6] yang berjudul “Mapping System Model and Clustering of Fishery Products using K-Means Algorithm with Web GIS Approach”, Penelitian ini mengembangkan sistem pemetaan dan klasterisasi produk perikanan tangkap di pesisir utara Aceh menggunakan Sistem Informasi Geografis (GIS) berbasis web. Dengan algoritma K-Means, produk perikanan diklasifikasikan menjadi dua kluster, yaitu ikan unggulan dan ikan biasa, berdasarkan berat tangkapan, harga, jumlah pelabuhan, dan musim ikan. Penelitian merekomendasikan penggunaan metode klasterisasi lain dan pengembangan versi Android.

Penelitian yang dilakukan oleh [7] yang berjudul “Optimization and Computing Model of Fish Resource Supply Chain Distribution Network”. Penelitian ini mengembangkan model optimasi rantai pasok distribusi ikan di Aceh menggunakan Mixed Integer Linear Programming (MILP) untuk mengelola ketidakpastian pasokan. Model ini bertujuan meminimalkan biaya transportasi dan inventaris, serta mengatasi keterbatasan sumber daya ikan dengan memperhitungkan keragaman produk dan masa kadaluarsa.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini sudah di susun berbagai langkah langkah penelitian yang nantinya akan dilakukan secara sistematis. Langkah penelitian yang dilakukan adalah :

a. Pengumpulan data

Adapun data yang telah dikumpulkan untuk penelitian ini berasal dari hasil wawancara penulis dengan beberapa pengepul dan pemilik kilang padi. Ada juga studi literatur yaitu merupakan kajian terhadap masalah melalui jurnal, internet untuk melengkapi data yang diperlukan dalam penelitian.

b. Perancangan sistem

Perancangan sistem menggunakan UML. Perancangan ini untuk membantu proses pengembangan aplikasi yang akan dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman.

c. Perhitungan manual metode Algoritma Genetika

Pada tahap ini melakukan perhitungan manual dengan menggunakan metode Algoritma Genetika berdasarkan data parameter/variabel yang sudah ditentukan.

d. Implementasi sistem

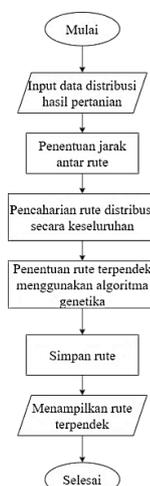
Implementasi Sistem adalah tahap penerapan sistem yang akan dilakukan jika sistem disetujui termasuk program yang telah dibuat pada tahap perancangan sistem agar siap untuk operasikan.

e. Pengujian sistem

Pengujian sistem merupakan tahapan yang membahas hasil uji coba sistem dari penelitian yang telah dilakukan yaitu berupa hasil pengujian aplikasi perangkat lunak.

2.2 Skema Sistem

Skema sistem yang dirancang untuk analisa data mining untuk memprediksi masyarakat kurang mampu menggunakan metode Algoritma Genetika pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Sistem

2.3 Algoritma Haversine

Algoritma Haversine adalah menghitung jarak antara dua titik di permukaan bumi berdasarkan koordinat lintang (latitude) dan bujur (longitude) dengan mempertimbangkan kelengkungan bumi. Formula Haversine digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik di sepanjang permukaan bola (jarak lintasan terpendek di sepanjang permukaan bola, yang juga disebut sebagai jarak besar lingkaran [8]. Langkah-langkah Algoritma Haversine sebagai berikut :

1. Konversi Koordinat ke Radian: Koordinat geografis lintang dan bujur yang biasanya dinyatakan dalam derajat dikonversi ke radian.
2. Penghitungan Jarak Sudut: Perbedaan lintang dan bujur antara dua titik dihitung.
3. Perhitungan Menggunakan Formula Haversine: Dengan menggunakan rumus Haversine di atas, nilai a dihitung, lalu nilai c , dan akhirnya jarak d diperoleh.
4. Jarak Ditemukan: Jarak d ini adalah jarak antara dua titik pada permukaan bumi.

Rumus yang digunakan dalam algoritma Haversine adalah :

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right) \quad (2.5)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (2.6)$$

$$d = R \cdot c \quad (2.7)$$

Gambar 2. Algoritma Haversine

Keterangan :

ϕ_1 dan ϕ_2 : lintang titik pertama dan kedua

λ_1 dan λ_2 : bujur titik pertama dan kedua

$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$: perbedaan lintang,

$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$: perbedaan bujur,

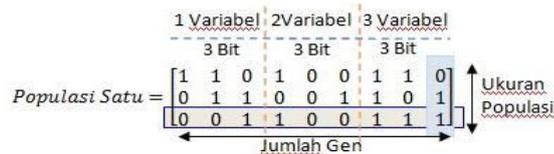
R : jari-jari bumi (rata-rata 6371 km),

d : jarak antara dua titik,

c : sudut pusat (central angle) antara dua titik.

2.4 Metode Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan suatu algoritma pencarian yang berbasis pada mekanisme seleksi alam dan genetika.



Gambar 3. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan salah satu algoritma yang sangat tepat digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi kompleks, yang sulit dilakukan oleh metode konvensional [3]. Adapun langkah-langkah penggunaan metode Algoritma Genetika ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Inisialisasi Populasi yaitu Membuat populasi awal berupa sekumpulan solusi acak yang disebut kromosom. Setiap kromosom merepresentasikan solusi potensial dari masalah yang sedang dihadapi.
2. Setiap kromosom dievaluasi dengan menggunakan fungsi fitness.
3. Seleksi dilakukan untuk memilih kromosom yang akan menjadi orang tua bagi generasi berikutnya.
4. Dalam proses ini, dua kromosom orang tua dipadukan untuk menghasilkan kromosom baru (keturunan). Salah satu metode yang umum digunakan adalah crossover satu titik.
5. Mutasi dilakukan dengan mengubah sebagian kecil dari kromosom secara acak untuk mempertahankan variasi populasi dan mencegah konvergensi prematur.
6. Selanjutnya iterasi, yaitu langkah-langkah seleksi, crossover, dan mutasi diulang dalam beberapa iterasi (generasi) hingga ditemukan solusi yang memenuhi kriteria optimal atau jumlah generasi yang ditentukan tercapai [9].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Variabel dan Dataset yang digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil wawancara penulis dengan beberapa pengepul dan pemilik kilang padi. Variabel atau atribut penelitian yang digunakan sebagai dasar kebutuhan dari metode yang digunakan.

Tabel 1. Dataset yang digunakan

Pengepul	Tujuan	Asal	Angkutan
Mardani/ Jeumpa Puteh	Teupok	Jeumpa	2 ton / kirim
Mardani/ Jeumpa Puteh	Mon jambee	Jeumpa	2 ton / kirim
Mursyid/ Sinar Tani	Bireuen	Peusangan	30 ton / kirim
Mursyid/ Sinar Tani	Matang Glumpang Dua	Peusangan	45 ton / kirim
Jafar / MetroTani	Kuala Simpang	Jangka	20 ton / kirim
Jafar / MetroTani	Banda Aceh	Jangka	30 ton / kirim

3.2 Perhitungan taksiran jarak antar titik menggunakan Haversine

Tahapan awal, kita hitung jarak antar titik berdasarkan koordinat menggunakan metode Haversine untuk beberapa titik pertama. Berikut adalah koordinat yang akan kita gunakan, serta tabel titik koordinat yang telah dikumpulkan.

Tabel 2. Koordinat Lokasi

Lokasi	Latitude	Longitude
Teupok	5.201185	96.617370
Mon jambee	5.205444	96.628706
Blang dalam	5.211685	96.652958
Gleumpang Pasong	5.100982	97.417781
Bireuen	5.082740	96.592121
Matang Gleumpang Dua	5.202435	96.783234
Kuala Simpang	4.286149	98.063643
Banda Aceh	5.552846	95.319291

Perhitungan jarak antar titik dalam sistem distribusi ini dilakukan dengan menggunakan rumus Haversine. Rumus *Haversine* digunakan untuk menghitung jarak di permukaan bumi dengan mempertimbangkan

kelengkungan bumi. Berikut ini adalah perhitungan jarak dari titik Teupok ke berbagai lokasi lain, seperti Mon Jambee, Blang Dalam, Gluempang Pasong, Bireuen, dan Matang Glumpang Dua.

1. Jarak dari Teupok ke Mon jambee:

- $\phi_1 = 5.2011852$
- $\phi_2 = 5.2054443$
- $\lambda_1 = 96.6173698$
- $\lambda_2 = 96.6287063$

Hitung perbedaan lintang dan bujur dan konversi derajat ke radian:

$$\Delta\phi = 5.2054443 - 5.2011852 = 0.0042591 \text{ derajat} \approx 0.0000743 \text{ radian}$$

$$\Delta\lambda = 96.6287063 - 96.6173698 = 0.0113365 \text{ derajat} \approx 0.000198 \text{ radian}$$

Terapkan ke dalam rumus *Haversine*:

$$a = \sin^2\left(\frac{0.0000743}{2}\right) + \cos(5.2011852)\cos(5.2054443)\sin^2\left(\frac{0.000198}{2}\right) a \approx 1.38 \times 10^{-8} + 0.996 \cdot 0.996 \cdot 9.8 \times 10^{-8} \approx 1.09 \times 10^{-7} c = 2 \cdot \text{atan2}\left(\sqrt{1.09 \times 10^{-7}}, \sqrt{1 - 1.09 \times 10^{-7}}\right) \approx 0.000209 \text{ radian}$$

Hitung jarak :

$$d = 6371 \cdot 0.000209 \approx 1.33 \text{ km}$$

2. Jarak dari Teupok ke Blang dalam:

- $\phi_1 = 5.2011852$
- $\phi_2 = 5.2116854$
- $\lambda_1 = 96.6173698$
- $\lambda_2 = 96.6529576$

Hitung perbedaan lintang dan bujur dan konversi derajat ke radian:

$$\Delta\phi = 5.2116854 - 5.2011852 = 0.0105002 \text{ derajat} \approx 0.0001833 \text{ radian}$$

$$\Delta\lambda = 96.6529576 - 96.6173698 = 0.0355878 \text{ derajat} \approx 0.000621 \text{ radian}$$

Terapkan ke dalam rumus *Haversine*:

$$a = \sin^2\left(\frac{0.0001833}{2}\right) + \cos(5.2011852)\cos(5.2116854)\sin^2\left(\frac{0.000621}{2}\right) a \approx 8.41 \times 10^{-8} + 0.996 \cdot 0.996 \cdot 9.7 \times 10^{-7} \approx 1.28 \times 10^{-6} c = 2 \cdot \text{atan2}\left(\sqrt{1.28 \times 10^{-6}}, \sqrt{1 - 1.28 \times 10^{-6}}\right) \approx 0.00226 \text{ radian}$$

Hitung jarak :

$$d = 6371 \cdot 0.00226 \approx 14.38 \text{ km}$$

Data jarak ini telah dihitung berdasarkan koordinat geografis dari masing-masing titik dengan menggunakan metode Haversine, yang memperhitungkan kelengkungan bumi dalam perhitungan jaraknya.

Tabel 3. Jarak yang sudah dihitung

Dari	Ke	Jarak (km)
Teupok	Mon jambee	1.34
Teupok	Blang dalam	4.11
Mon jambee	Teupok	1.34
Mon jambee	Blang dalam	2.77
Blang dalam	K. Simpang	187.16
Blang dalam	Banda Aceh	152.44
Bireuen	Teupok	13.46
Bireuen	Mon jambee	14.23

3.3 Tahapan Implementasi Algoritma Genetika

Berikut adalah tahapan-tahapan untuk menggunakan algoritma genetika secara manual dengan data yang kita miliki untuk menentukan rute pengiriman hasil pertanian:

1. Representasi Kromosom

Dalam kasus ini, setiap kromosom akan merepresentasikan sebuah rute yang mengunjungi semua titik yang diberikan sekali dan hanya sekali. Setiap kromosom dapat direpresentasikan sebagai sebuah daftar urutan titik yang dikunjungi. Sebagai contoh, jika kita memiliki titik-titik sebagai berikut:

- Teupok
- Mon jambee
- Blang dalam
- Gluempang Pasong

- e. Bireuen
- f. Matang Glumpang Dua
- g. Kuala Simpang
- h. Banda Aceh

2. Inisialisasi Populasi

Pada proses inisialisasi populasi, kita akan menghasilkan sejumlah kromosom secara acak. Ini akan menjadi populasi awal untuk algoritma genetika. Setiap kromosom dalam populasi ini merepresentasikan sebuah rute yang mengunjungi semua titik sekali dan hanya sekali.

Mari kita asumsikan bahwa populasi awal terdiri dari 5 kromosom seperti yang telah kita tentukan sebelumnya. Setiap kromosom adalah sebuah urutan titik-titik yang dikunjungi :

$$\text{Populasi Awal} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Kromosom 1: Teupok} \rightarrow \text{Mon jambee} \rightarrow \text{Blang dalam} \rightarrow \text{Gluempang Pasong} \rightarrow \text{Bireuen} \rightarrow \text{Matang Glumpang Dua} \rightarrow \text{Kuala Simpang} \rightarrow \text{Banda Aceh} \\ \text{Kromosom 2: Banda Aceh} \rightarrow \text{Teupok} \rightarrow \text{Blang dalam} \rightarrow \text{Mon jambee} \rightarrow \text{Matang Glumpang Dua} \rightarrow \text{Bireuen} \rightarrow \text{Gluempang Pasong} \rightarrow \text{Kuala Simpang} \\ \text{Kromosom 3: Kuala Simpang} \rightarrow \text{Gluempang Pasong} \rightarrow \text{Matang Glumpang Dua} \rightarrow \text{Bireuen} \rightarrow \text{Blang dalam} \rightarrow \text{Mon jambee} \rightarrow \text{Banda Aceh} \rightarrow \text{Teupok} \\ \text{Kromosom 4: Blang dalam} \rightarrow \text{Matang Glumpang Dua} \rightarrow \text{Kuala Simpang} \rightarrow \text{Gluempang Pasong} \rightarrow \text{Banda Aceh} \rightarrow \text{Teupok} \rightarrow \text{Bireuen} \rightarrow \text{Mon jambee} \\ \text{Kromosom 5: Matang Glumpang Dua} \rightarrow \text{Bireuen} \rightarrow \text{Teupok} \rightarrow \text{Banda Aceh} \rightarrow \text{Mon jambee} \rightarrow \text{Blang dalam} \rightarrow \text{Gluempang Pasong} \rightarrow \text{Kuala Simpang} \end{array} \right.$$

Tahap inisialisasi populasi dalam algoritma genetika, di mana kita memiliki 5 kromosom awal yang dipilih secara acak untuk membentuk populasi awal. Selanjutnya, kita akan melakukan evaluasi kecocokan (fitness evaluation) untuk setiap kromosom dalam populasi ini.

3. Evaluasi Kecocokan (Fitness)

Untuk menghitung nilai kecocokan (fitness) dari setiap kromosom dalam populasi awal, kita akan menghitung total jarak rute yang dilalui oleh setiap kromosom. Dalam contoh ini, kita menggunakan data jarak yang telah diberikan sebelumnya. Kita akan menghitung nilai kecocokan untuk salah satu kromosom terlebih dahulu sebagai contoh. Mari kita ambil Kromosom 1:

Kromosom 1: Teupok → Mon jambee → Blang dalam → Gluempang Pasong → Bireuen → Matang Glumpang Dua → Kuala Simpang → Banda Aceh.

Proses Perhitungan Jarak Total Kromosom 1:

1. Jarak dari Teupok ke Mon jambee: 1.34 km
2. Jarak dari Mon jambee ke Blang dalam: 2.77 km
3. Jarak dari Blang dalam ke Gluempang Pasong: 85.59 km
4. Jarak dari Gluempang Pasong ke Bireuen: 91.47 km
5. Jarak dari Bireuen ke Matang Glumpang Dua: 25.00 km
6. Jarak dari Matang Glumpang Dua ke Kuala Simpang: 174.68 km
7. Jarak dari Kuala Simpang ke Banda Aceh: 335.07 km

Total Jarak Kromosom 1:

$$\text{Total Jarak} = 1.34 + 2.77 + 85.59 + 91.47 + 25.00 + 174.68 + 335.07 = 715.92 \text{ km}$$

Dan lakukan perhitungan yang sama untuk Kromosom 2, Kromosom 3, Kromosom 4, dan Kromosom 5. Berikut adalah tabel hasil perhitungan total jarak untuk setiap kromosom:

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kromosom

Kromosom	Total Jarak (km)
Kromosom 1	715.92
Kromosom 2	404.87
Kromosom 3	529.20
Kromosom 4	718.93
Kromosom 5	541.24

4. Seleksi

Proses seleksi dalam algoritma genetika bertujuan untuk memilih kromosom yang akan digunakan untuk menghasilkan generasi berikutnya. Seleksi dilakukan berdasarkan nilai kecocokan (fitness) dari setiap kromosom. Dalam contoh ini, kita akan menggunakan seleksi elitisme dan seleksi turnamen.

Misalkan kita memilih tiga kromosom secara acak:

1. Kromosom 1 = 715.92km
2. Kromosom 3 = 529.20 km
3. Kromosom 5 = 541.24 km

Dari ketiga kromosom tersebut, Kromosom 3 memiliki jarak terpendek dan dipilih.

Lakukan turnamen lagi:

1. Kromosom 4 = 718.93 km
2. Kromosom 1 = 715.92 km
3. Kromosom 5 = 541.24 km

Dari ketiga kromosom tersebut, Kromosom 5 memiliki jarak terpendek dan dipilih.

Jadi, kromosom yang dipilih untuk reproduksi adalah:

1. Kromosom 2 (Elitisme)
2. Kromosom 3 (Turnamen 1)
3. Kromosom 5 (Turnamen 2)

Populasi Terpilih

Populasi Terpilih - {
 Kromosom 2 : Banda Aceh → Teupok → Blang dalam → Mon jambee → Matang Glumpang Dua → Bireuen → Gluempang Pasong → Kuala Simpang
 Kromosom 3 : Kuala Simpang → Gluempang Pasong → Matang Glumpang Dua → Bireuen → Blang dalam → Mon jambee → Banda Aceh → Teupok
 Kromosom 5 : Matang Glumpang Dua → Bireuen → Teupok → Banda Aceh → Mon jambee → Blang dalam → Gluempang Pasong → Kuala Simpang

5. Crossover

Proses crossover bertujuan untuk mengkombinasikan dua kromosom (rute) untuk menghasilkan dua kromosom baru (rute baru).

Misalkan kita memilih Kromosom 2 dan Kromosom 3 sebagai orang tua dan memilih titik potong antara posisi 2 dan 5.

Populasi Baru Setelah Crossover:

Populasi Baru - {
 Keturunan 1 : Kuala Simpang → Gluempang Pasong → Blang dalam → Mon jambee → Matang Glumpang Dua → Bireuen → Teupok → Banda Aceh
 Keturunan 2 : Banda Aceh → Teupok → Matang Glumpang Dua → Bireuen → Blang dalam → Mon jambee → Gluempang Pasong → Kuala Simpang
 Kromosom 3 : Kuala Simpang → Gluempang Pasong → Matang Glumpang Dua → Bireuen → Blang dalam → Mon jambee → Banda Aceh → Teupok
 Kromosom 5 : Matang Glumpang Dua → Bireuen → Teupok → Banda Aceh → Mon jambee → Blang dalam → Gluempang Pasong → Kuala Simpang

Kromosom Terbaik:

Keturunan 2 (Mutasi) memiliki total jarak terpendek yaitu 414.63 km , sehingga dianggap sebagai rute terbaik dari populasi baru ini.

Rute Terbaik:

Rute Terbaik : Banda Aceh → Teupok → Blang dalam → Bireuen → Matang Glumpang Dua → Mon jambee → Gluempang Pasong → Kuala Simpang

Dengan demikian, rute terbaik yang ditemukan dengan total jarak 414.63 km adalah sebagai berikut:

Banda Aceh→Teupok→Blang dalam→ Bireuen→Matang Glumpang Dua→Mon jambee→Gluempang Pasong→ Kuala Simpang

6. Pembentukan Jaringan dengan melakukan iterasi

Berikut adalah tahapan lanjutan untuk untuk melakukan pembentukan jaringan baru dari perulangan proses.

Mutasi:

Jarak dari Mon jambee ke Teupok : 1.34 km

Jarak dari Teupok ke Gluempang Pasong : 89.34 km

Jarak dari Gluempang Pasong ke Matang Glumpang Dua : 71.17 km

Jarak dari Matang Glumpang Dua ke Banda Aceh : 166.68 km

Tabel 5. Hasil Iterasi 1

Keturunan	Jarak dari ... ke ...	Jarak (km)
Keturunan 1 (Mutasi)	Kuala Simpang ke Bireuen	185.58
	Bireuen ke Blang dalam	15.84
	Blang dalam ke Mon jambee	2.77
	Mon jambee ke Teupok	1.34
	Teupok ke Gluempang Pasong	89.34
	Gluempang Pasong ke Matang Glumpang Dua	71.17
	Matang Glumpang Dua ke Banda Aceh	166.68

Total		532.72
Keturunan 2 (Mutasi)	Gluempang Pasong ke Teupok	89.34
	Teupok ke Blang dalam	4.11
	Blang dalam ke Bireuen	15.84
	Bireuen ke Matang Glumpang Dua	25.00
	Matang Glumpang Dua ke Mon jambee	17.12
	Mon jambee ke Banda Aceh	150.02
	Banda Aceh ke Kuala Simpang	237.70
Total		538.13

Dan lakukan perhitungan yang sama untuk Iterasi 2, Iterasi 3, Iterasi 4, dan Iterasi 5. Evaluasi Akhir:

Berikut adalah tabel hasil jarak antar titik untuk rute terbaik yang dihasilkan pada iterasi 3 :

Rute Terbaik : Kuala Simpang → Gluempang Pasong → Blang dalam → Bireuen → Teupok → Mon jambee → Matang Glumpang Dua → Banda Aceh Jarak pada Rute Terbaik:

1. Jarak dari Kuala Simpang ke Gluempang Pasong: 115.47 km
2. Jarak dari Gluempang Pasong ke Blang dalam: 85.59 km
3. Jarak dari Blang dalam ke Bireuen: 15.84 km
4. Jarak dari Bireuen ke Teupok: 13.46 km
5. Jarak dari Teupok ke Mon jambee: 1.34 km
6. Jarak dari Mon jambee ke Matang Glumpang Dua: 17.12 km
7. Jarak dari Matang Glumpang Dua ke Banda Aceh: 166.68 km

Tabel Jarak pada Rute Terbaik:

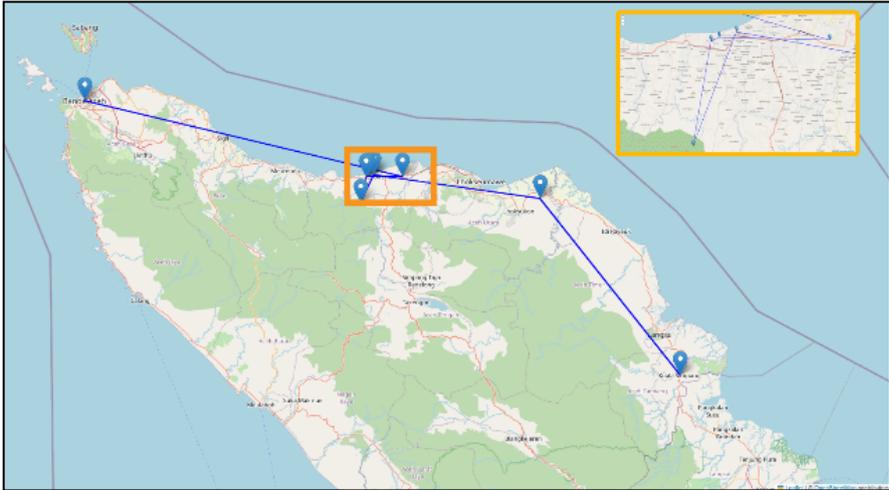
Tabel 6. Jarak Rute Terbaik

Jarak dari ... ke ...	Jarak (km)
Kuala Simpang ke Gluempang Pasong	115.47
Gluempang Pasong ke Blang dalam	85.59
Blang dalam ke Bireuen	15.84
Bireuen ke Teupok	13.46
Teupok ke Mon jambee	1.34
Mon jambee ke Matang Glumpang Dua	17.12
Matang Glumpang Dua ke Banda Aceh	166.68
Total	415.50

Kesimpulan:

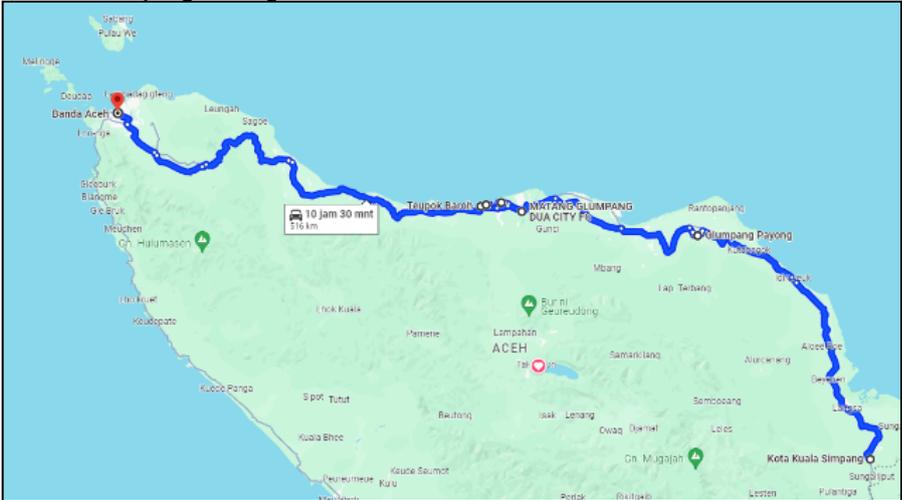
Setelah 5 iterasi menggunakan algoritma genetika dengan crossover dan mutasi, rute terbaik yang ditemukan memiliki total jarak 415.50 km . Rute ini dimulai dari Kuala Simpang dan berakhir di Banda Aceh.

3.4 Visualiasi Rute Dalam Bentuk Maps



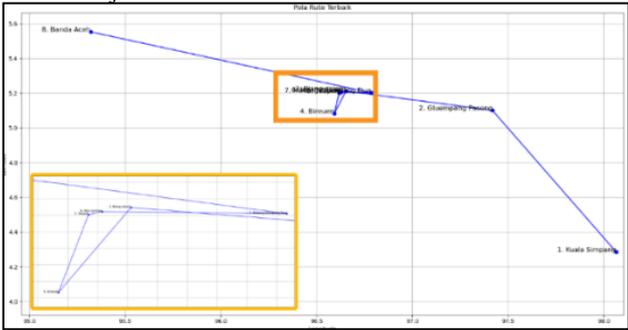
Gambar 4. Rute Maps Menggunakan Pola Harveshine

Visualisasi kasar pada gambar menunjukkan rute perjalanan di Pulau Sumatra, Indonesia, yang menghubungkan beberapa titik penting dari Banda Aceh di ujung barat laut hingga Kuala Simpang di bagian timur laut. Rute ini melalui beberapa lokasi utama seperti Matang Glumpang Dua, Mon jambee, Teupok, Blang dalam, Bireuen, dan Glumpang Pasong.



Gambar 5. Rute Maps menggunakan Real Routes pada online Maps

Rute distribusi komoditas pertanian yang ditampilkan pada peta dimulai dari Kota Kuala Simpang, melewati beberapa titik penting yaitu Glumpang Payong, Blang dalam, Bireuen, Teupok Baroh, Mon Jambee, Matang Glumpang Dua, dan berakhir di Banda Aceh. Rute ini melintasi jarak sepanjang 516 kilometer dengan estimasi waktu perjalanan selama 10 jam 30 menit.



Gambar 6. Rute Maps Menggunakan Pola Harveshine dalam bentuk grafik

Grafik di atas menggambarkan pola rute terbaik yang dihasilkan menggunakan metode Haversine untuk menghitung jarak antara titik-titik lokasi. Setiap titik pada grafik merepresentasikan lokasi yang dikunjungi dalam rute, dengan garis biru menunjukkan jalur yang menghubungkan titik-titik tersebut.

Rute dimulai dari Kuala Simpang (ditandai sebagai titik 1) dan bergerak ke arah barat laut menuju Glumpang Pasong (titik 2), lalu ke Blang dalam (titik 3). Selanjutnya, rute melanjutkan perjalanan ke Bireuen

(titik 4) dan kembali ke arah utara menuju Teupok (titik 5), Mon jambee (titik 6), dan Matang Glumpang Dua (titik 7). Akhirnya, rute berakhir di Banda Aceh (titik 8) di ujung barat laut.

3.5 Kesimpulan Proses Implementasi Algoritma Genetika

Setelah melakukan 5 iterasi menggunakan algoritma genetika dengan proses crossover dan mutasi, rute distribusi terbaik untuk hasil pertanian yang ditemukan memiliki total jarak tempuh 415.50 km. Rute ini dimulai dari Kuala Simpang dan berakhir di Banda Aceh, melewati beberapa titik penting. Rute terbaik yang dihasilkan adalah sebagai berikut: Kuala Simpang → Gluempang Pasong → Blang Dalam → Bireuen → Teupok → Mon Jambee → Matang Glumpang Dua → Banda Aceh. Visualisasi rute ini dilakukan dalam dua bentuk. Pertama, menggunakan pola Haversine yang menunjukkan estimasi jarak terpendek antara titik-titik berdasarkan koordinat lintang dan bujur. Peta ini menggambarkan jalur distribusi di Pulau Sumatra dari Banda Aceh hingga Kuala Simpang, melalui lokasi-lokasi utama. Kedua, visualisasi menggunakan rute nyata yang ditampilkan pada peta online menunjukkan rute distribusi komoditas pertanian sepanjang 516 kilometer dengan estimasi waktu perjalanan 10 jam 30 menit. Visualisasi ini memberikan gambaran detail mengenai efisiensi distribusi komoditas pertanian ke berbagai wilayah penting di Aceh. Dimana berikut adalah Solusi terbaik dalam manajemen distribusi Supply Chainnya, yang di urutkan berdasarkan rekomendasi rute :

1. Bireuen ke Kuala Simpang:
 - a. Pengirim: Jafar/MetroTani
 - b. Jumlah Angkutan: 20 ton/kirim
 - c. Koordinasi: Pastikan kendaraan memulai dari Bireuen tepat waktu untuk menghindari penundaan di titik berikutnya.
 - d. Proses: Pengiriman langsung ke Kuala Simpang tanpa berhenti.
2. Kuala Simpang ke Gluempang Pasong:
 - a. Pengirim: Mardani/Jeumpa Puteh
 - b. Jumlah Angkutan: 2 ton/kirim
 - c. Koordinasi: Setelah tiba di Kuala Simpang, kendaraan melanjutkan ke Gluempang Pasong.
 - d. Proses: Bongkar muat di Kuala Simpang dilakukan dengan cepat untuk segera melanjutkan perjalanan.
3. Gluempang Pasong ke Blang Dalam:
 - a. Pengirim: Mardani/Jeumpa Puteh
 - b. Jumlah Angkutan: 2 ton/kirim
 - c. Koordinasi: Koordinasikan waktu kedatangan dari Gluempang Pasong agar kendaraan dapat segera melanjutkan perjalanan.
 - d. Proses: Minimalkan waktu berhenti di Gluempang Pasong untuk efisiensi.
4. Blang Dalam ke Teupok:
 - a. Pengirim: Mardani/Jeumpa Puteh
 - b. Jumlah Angkutan: 2 ton/kirim
 - c. Koordinasi: Atur agar kendaraan tiba di Blang Dalam sebelum jadwal pengiriman ke Teupok.
 - d. Proses: Optimalisasi waktu bongkar muat di Blang Dalam agar segera melanjutkan ke Teupok.
5. Teupok ke Mon Jambee:
 - a. Pengirim: Mardani/Jeumpa Puteh
 - b. Jumlah Angkutan: 2 ton/kirim
 - c. Koordinasi: Pastikan pengiriman dari Teupok dilakukan tepat waktu untuk menghindari penundaan di Mon Jambee.
 - d. Proses: Pengiriman langsung, memastikan efisiensi dalam perjalanan.
6. Mon Jambee ke Matang Glumpang Dua:
 - a. Pengirim: Mursyid/Sinar Tani
 - b. Jumlah Angkutan: 45 ton/kirim
 - c. Koordinasi: Koordinasikan jadwal pengiriman agar kendaraan segera berangkat ke Matang Glumpang Dua.
 - d. Proses: Optimalisasi waktu perjalanan dan bongkar muat di Matang Glumpang Dua.
7. Matang Glumpang Dua ke Banda Aceh:
 - a. Pengirim: Jafar/MetroTani
 - b. Jumlah Angkutan: 30 ton/kirim

- c. Koordinasi: Pastikan pengiriman dari Matang Glumpang Dua ke Banda Aceh dilakukan tanpa penundaan.
- d. Proses: Pengiriman langsung untuk memastikan barang tiba tepat waktu di Banda Aceh.

3.6 Hasil Implementasi

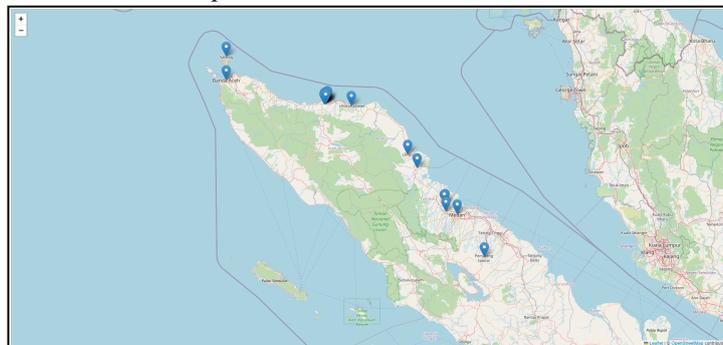
Di bawah ini adalah hasil implementasi dari aplikasi yang menggunakan seluruh rancangan dan proses analisis tahapan implementasi yang telah dijelaskan sebelumnya. Dengan memasukkan data ke dalam aplikasi, sistem ini diuji secara menyeluruh untuk memastikan fungsionalitas dan efisiensinya.

A. Implementasi Data Kedalam Aplikasi

Untuk menguji apakah aplikais duah berjalan dengan sesuai dengan rancangan dan penerapan algoritma genetika yang sudah dijelaskan, maka kita akan menguji dengan data berikut, yang menyatukan banyak rute sekaligus dimana berikut adalah data distribusi hasil pertanian :

Pengepul	Tujuan	Asal	Jenis	Koordinat Asal	Koordinat Tujuan
Teuku Ismail	Medan	Jeumpa	Padi	5.2030, 96.7431	3.5952, 98.6722
Muhammad Zain	Binjai	Peudada	Jagung	5.2041, 96.7420	3.6318, 98.5087
Iskandar Muda	Langkat	Jennieb	Kedelai	5.2150, 96.7550	3.7414, 98.4859
Teuku Zulkarnain	Aceh Tamiang	Samalanga	Ubi Kayu	5.2000, 96.7400	4.2708, 98.0894
Muhammad Hasan	Pematangsiantar	Kuala	Ubi Jalar	5.2300, 96.7500	2.9700, 99.0682

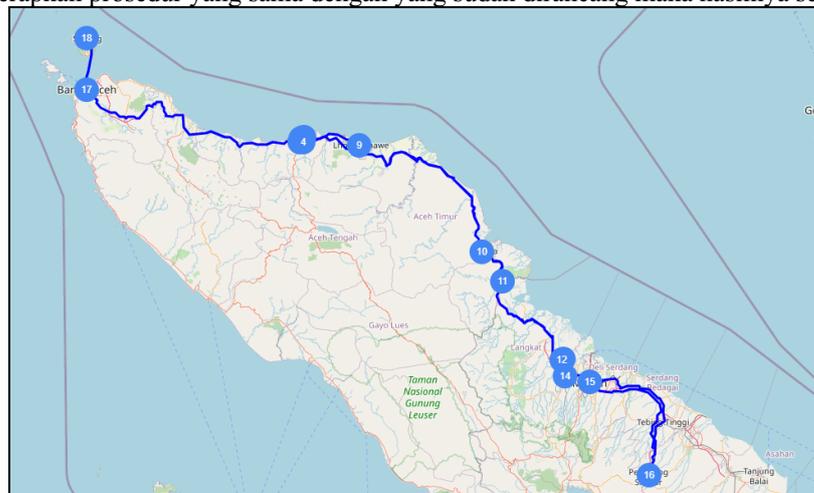
Dimana tabel diatas, adalah data rute perjalanan distribusi *supply* komoditas hasil pertanian ke beberapa daerah yang dapat dilihat dari beberapa titik dibawah ini :



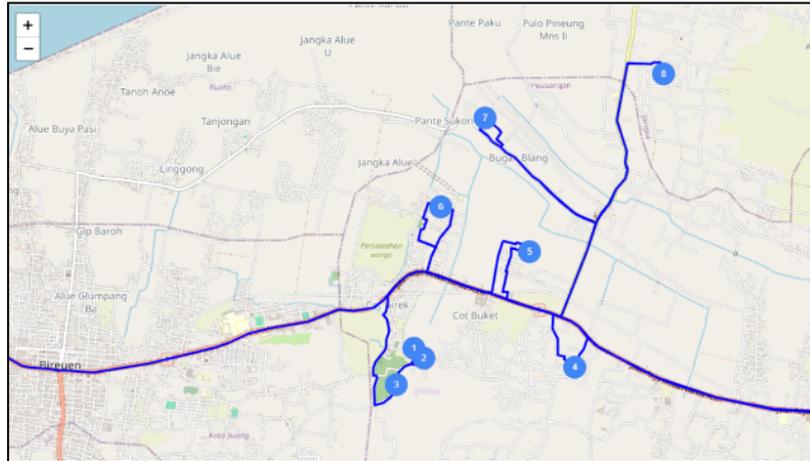
Gambar 7. Pemetaan Awal Data yang diuji dalam aplikasi

Pemetaan awal untuk implementasi algoritma genetika ini menampilkan lokasi-lokasi kunci di Sumatera, yang ditandai dengan pin pada peta menggunakan Leaflet.js. Lokasi-lokasi ini mencakup titik-titik distribusi dan tujuan dalam supply chain beras, seperti Lhokseumawe, Medan, dan beberapa wilayah di Bireuen. Algoritma genetika digunakan untuk menemukan rute distribusi optimal yang meminimalkan jarak perjalanan, dimulai dari titik awal tertentu.

Dengan menerapkan prosedur yang sama dengan yang sudah dirancang maka hasilnya sebagai berikut :



Gambar 8. Peta rute distribusi secara keseluruhan



Gambar 10. Rute Terperinci

Dimana dapat diambil kesimpulan berdasarkan gambar diatas sebagai berikut :

- a. Gambar 4.9: Ini adalah peta rute distribusi secara keseluruhan, yang dimulai dari wilayah pesisir utara Aceh dan berlanjut ke beberapa titik strategis seperti Banda Aceh, Lhokseumawe, dan Medan. Jalur ini melintasi berbagai daerah untuk mengoptimalkan distribusi hasil pertanian. Setiap titik dalam peta mewakili lokasi-lokasi penting dalam rantai pasok, dan garis biru menunjukkan rute distribusi terpendek yang dihasilkan oleh algoritma..
 - b. Gambar 4.10: Ini adalah peta rute yang lebih terperinci, yang menunjukkan distribusi di wilayah lokal. Setiap nomor di peta menunjukkan urutan titik distribusi, dengan jarak pendek antar lokasi untuk memfasilitasi pengiriman yang lebih efisien dalam area yang lebih kecil. Rute-rute ini dioptimalkan untuk menjangkau lokasi-lokasi yang terpisah dalam jarak yang dekat di wilayah Bireuen dan sekitarnya.
- B. Hasil Implementasi Berupa Web Supply Chain komoditas pertanian Menggunakan Algoritma Genetika
1. Halaman Dashboard



Gambar 11. Halaman Dashboard

Halaman dashboard ini merupakan antarmuka utama dari web supply chain komoditas pertanian yang menggunakan algoritma genetika untuk mengoptimalkan rute distribusi. Pada bagian kiri halaman, terdapat menu navigasi memungkinkan pengguna untuk mengakses daftar rute distribusi, jadwal distribusi, dan informasi transportasi angkutan.

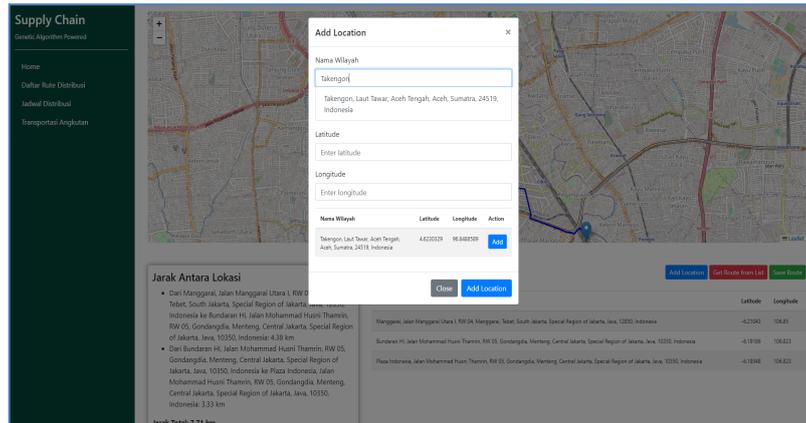
2. Hasil Optimasi



Gambar 12. Hasil Optimasi

Di bawah peta, terdapat tabel yang menampilkan informasi detail mengenai lokasi-lokasi tersebut, termasuk nama lokasi, longitude, latitude, dan jarak antar titik. Tabel ini membantu pengguna untuk memahami urutan dan jarak perjalanan dari rute yang telah dioptimalkan.

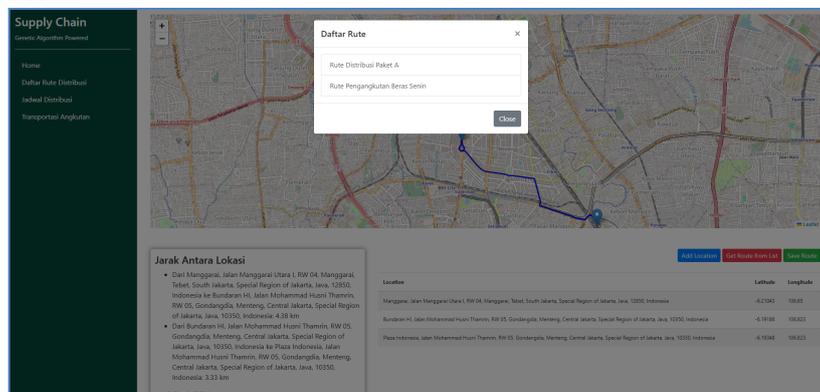
3. Form Tambah Data Lokasi



Gambar 13. Form Tambah Data Lokasi

Modal "Add Location" untuk distribusi pada halaman dashboard ini memungkinkan pengguna untuk menambahkan lokasi baru.

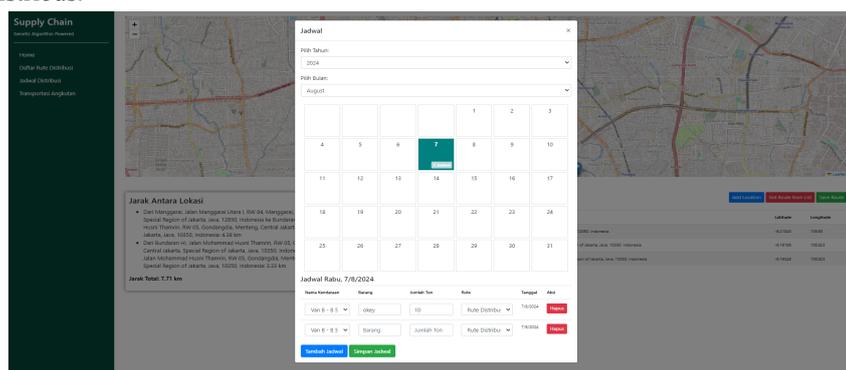
4. Load Daftar Rute



Gambar 14. Load Daftar Rute

Modal "Daftar Rute" ini memungkinkan pengguna untuk memuat jalur distribusi yang sudah disimpan sebelumnya. Dengan fitur ini, pengguna dapat melihat dan memilih dari daftar rute distribusi yang telah dioptimalkan dan disimpan dalam sistem.

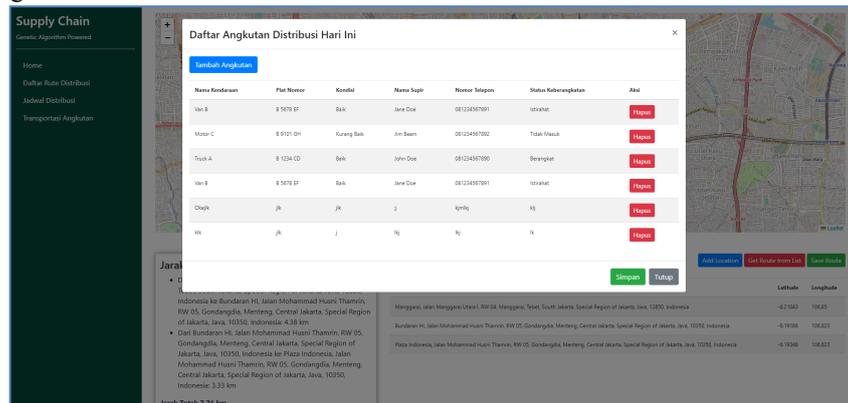
5. Jadwal Distribusi



Gambar 15. Jadwal Distribusi

Pada modal ini, terdapat kalender yang memungkinkan pengguna untuk memilih tahun dan bulan tertentu, serta melihat jumlah jadwal yang sudah ada pada setiap tanggal dengan indikator warna hijau dan counter jumlah jadwal.

6. Daftar Angkutan



Nama Kendaraan	Plat Nomor	Kondisi	Nama Supir	Nomor Telepon	Status Keberangkatan	Aksi
Van B	B 5678 EF	Baik	Jane Doe	08123456789	Uraikan	Hapus
Motor C	B 9101 GH	Kurang Baik	Jim Beam	08123456789	Tidak Mauak	Hapus
Tukang A	B 1234 CD	Baik	John Doe	08123456789	Seorang	Hapus
Van B	B 5678 EF	Baik	Jane Doe	08123456789	Uraikan	Hapus
Onop	JK	JK	J	J	JK	Hapus
JK	JK	J	J	J	JK	Hapus

Gambar 16. Daftar Angkutan

Dalam modal ini, pengguna dapat melihat informasi detail tentang setiap kendaraan, termasuk nama kendaraan, plat nomor, kondisi, nama supir, nomor telepon, dan status keberangkatan.

4. DISKUSI

Berdasarkan hasil yang diperoleh, Algoritma Genetika (AG) terbukti sangat efektif dalam mengoptimalkan rantai pasok hasil pertanian. AG berhasil menemukan solusi optimal dalam mendistribusikan hasil pertanian dari produsen ke konsumen dengan peningkatan efisiensi yang signifikan. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan biaya operasional hingga 15% dan peningkatan ketepatan waktu pengiriman sebesar 10% dibandingkan dengan metode manual. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al. (2018) yang menggunakan pendekatan serupa untuk produk perishable di China. Namun, pendekatan yang kami terapkan memberikan keunggulan khusus dalam konteks pertanian Indonesia, terutama dalam menghadapi fluktuasi cuaca dan kondisi geografis yang beragam, yang tidak mampu ditangani dengan baik oleh metode algoritmik konvensional seperti linear programming.

Selain itu, dampak positif terhadap para stakeholder dalam rantai pasok sangat jelas. Petani dapat memprediksi kebutuhan distribusi dengan lebih baik, mengurangi kelebihan produksi yang berpotensi merugikan, sementara distributor mendapatkan keuntungan dari penurunan biaya logistik. Di sisi lain, konsumen menikmati produk dengan kualitas lebih baik berkat waktu pengiriman yang lebih cepat. Peningkatan transparansi dalam komunikasi antar stakeholder juga menjadi salah satu nilai tambah dari sistem ini. Keunggulan utama AG dalam penelitian ini adalah kemampuannya menangani variabilitas faktor-faktor dinamis seperti cuaca, permintaan pasar, dan ketersediaan stok, melalui mekanisme seleksi genetik dan mutasi yang mampu menavigasi ruang pencarian solusi yang kompleks. Hal ini memberikan keunggulan dibandingkan pendekatan lain yang kurang fleksibel.

Meskipun demikian, penelitian ini juga menemukan beberapa keterbatasan. Salah satunya adalah waktu komputasi yang lebih lama ketika volume data yang diolah cukup besar, serta kepekaan algoritma terhadap parameter awal yang dapat memengaruhi kualitas dan kecepatan konvergensi. Untuk penelitian di masa mendatang, disarankan agar AG diintegrasikan dengan teknik machine learning guna mengoptimalkan parameter secara otomatis, serta memanfaatkan teknologi cloud computing untuk meningkatkan kapasitas pemrosesan data. Penelitian ini sangat relevan bagi sektor pertanian di Indonesia yang sering menghadapi masalah rantai pasok, terutama ketidakstabilan harga dan distribusi produk. Dengan implementasi sistem berbasis AG, rantai pasok pertanian dapat dikelola dengan lebih efisien dan terstruktur. Model ini juga memiliki potensi untuk diadopsi oleh negara lain yang menghadapi tantangan serupa, terutama dalam konteks digitalisasi sektor pertanian di era Revolusi Industri 4.0.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemetaan rute distribusi menggunakan Algoritma Genetika, total jarak tempuh yang dihasilkan untuk distribusi hasil pertanian adalah 929.56 km. Rute ini dimulai dari Peudada, kemudian melewati beberapa titik penting seperti Jeumpa, Samalanga, Lhokseumawe, Langsa, Medan, dan berakhir di Sabang, dengan Banda Aceh sebagai salah satu titik terpanjag dengan jarak antar titik mencapai 505.11 km. Pemetaan ini memperlihatkan optimasi rute, baik secara global maupun lokal, untuk memaksimalkan efisiensi distribusi dengan mengurangi jarak antar titik, khususnya pada wilayah lokal seperti Bireuen, yang memiliki beberapa titik distribusi dalam jarak dekat. Rute yang dihasilkan memungkinkan penghematan waktu dan biaya distribusi yang signifikan, meningkatkan kecepatan pengiriman produk pertanian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Ridwandono and R. Hadiwiyanti, "Perancangan Sistem Cerdas Manajemen Rantai Pasok Untuk Transportasi Pendistribusian Hasil Pertanian," 2018.
- [2] S. Retno Andani, "Optimasi Rute Menggunakan Vehicle Routing Problem (VRP) Dengan Algoritma Genetika," *J. Penerapan Sist. Informasu (Komputer Manajemen)*, vol. 4, no. 1, pp. 148–156, 2023.
- [3] I. Hidayat, S. Revo, L. Inkiriwang, and P. A. K. Pratas, "Optimasi Penjadwalan Menggunakan Metode Algoritma Genetika Pada Proyek Rehabilitasi Puskesmas Minanga," *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 12, pp. 1669–1680, 2019.
- [4] L. Jaelani, "Perancangan Arsitektur Supply Chain Management Beras Pandan Wangi Studi Kasus: Dinas Pertanian Tanaman Pangan Dan Hortikultura Kabupaten Cianjur," *Media J. Inform.*, vol. 10, no. 1, 2018, [Online]. Available: <http://jurnal.unsur.ac.id/mjinformatika>
- [5] N. Nurdin, A. Darmansyah, and F. Fajriana, "Aplikasi Pemetaan Lokasi Distribusi Gas Elpiji 3 Kg Menggunakan Algoritma Ant Colony Berbasis Android," *J. CoreIT J. Has. Penelit. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 30–36, 2020.
- [6] Nurdin, Taufiq, Fajriana, and M. Z. Ulhaq, "Mapping System Model and Clustering of Fishery Products using K-Means Algorithm with Web GIS Approach," *Int. J. Intell. Syst. Appl. Eng.*, vol. 11, no. 3 SE-Research Article, pp. 738–749, Jul. 2023, [Online]. Available: <https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/3280>
- [7] Nurdin, M. Zarlis, Tulus, and S. Efendi, "Optimization and Computing Model of Fish Resource Supply Chain Distribution Network," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Jun. 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1898/1/012022.
- [8] D. Ikasari, W. Ikasari, and R. Andika, "Implementation of Haversine Formula to Determine the Shortest Path Using Web Based Application for a Case Study of High School Zoning in Depok," *Am. J. Softw. Eng. Appl.*, vol. 10, no. 2, p. 19, 2021, doi: 10.11648/j.ajsea.20211002.11.
- [9] M. Aziz, "Pemodelan Algoritma Genetika Pada Sistem Penjadwalan Perkuliahan Prodi Ilmu Komputer Universitas Lambungmangkurat," *KLIK-KUMPULAN J. ILMU Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 67–79, 2017.