

Optimasi Distribusi Tomat ke Pasar Menggunakan Metode Greedy dan Genetic Algorithm ***(Studi Kasus: Kecamatan Barusjahe)***

Betri Natasya¹, Ananda Mondares², Anita Christine³

^{1,2,3)} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Prima Indonesia
Jl. Sampul No.3, Sei Putih Bar., Kec. Medan Petisah, Kota Medan, Sumatera Utara 20118
Email: betrinatasya1117@gmail.com, anandamondares@gmail.com,
anitachristinesembiring@unprimdn.ac.id

ABSTRAK

Distribusi hasil pertanian memainkan peran penting dalam menunjang ketahanan pangan dan efisiensi rantai pasok. Penelitian ini membahas optimasi distribusi tomat dari 21 desa di Kecamatan Barusjahe ke tiga pasar utama, dengan total permintaan pasar sebesar 19.000 kg. Sistem distribusi yang selama ini bersifat manual dinilai belum optimal dari segi jarak tempuh dan pemenuhan permintaan. Tujuan penelitian adalah membandingkan efektivitas metode *Greedy Heuristic* dan *Genetic Algorithm (GA)* dalam menyelesaikan masalah *Vehicle Routing Problem (VRP)* berbasis jarak dan kapasitas. Metode yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif komparatif, dengan pendekatan simulasi berbasis *MATLAB*. Data yang dianalisis mencakup jarak antar lokasi, stok tomat tiap desa, serta permintaan masing-masing pasar. Parameter utama untuk *GA* meliputi ukuran populasi 20, generasi maksimum 20, *crossover rate* 0,8 dan *mutation rate* 0,2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode *Greedy* menghasilkan total jarak distribusi sebesar 43433.44 Km, sedangkan *GA* menghasilkan 49165.62 Km. Waktu komputasi metode *Greedy* hanya 0,00 detik, jauh lebih cepat dibanding *GA* 1,57 detik. Kesimpulannya, *Greedy Heuristic* lebih unggul dalam efisiensi waktu dan cocok untuk implementasi cepat, namun *Genetic Algorithm* memberikan fleksibilitas solusi meski membutuhkan penyetelan parameter lebih lanjut. Perbedaan signifikan dalam hasil *GA* menandakan perlunya evaluasi ulang terhadap fungsi penalti dan jumlah generasi yang digunakan. Studi ini menegaskan pentingnya pemilihan metode optimasi yang sesuai dengan konteks distribusi dan prioritas operasional.

Kata kunci: Distribusi tomat, *Vehicle Routing Problem*, *Greedy Heuristic*, *Genetic Algorithm*, optimasi logistik, jarak distribusi.

ABSTRACT

Agricultural product distribution is crucial in supporting food security and supply chain efficiency. This study examines the optimization of tomato distribution from 21 villages in Barusjahe Subdistrict to three main markets, with a total market demand of 19,000 kg. The current manual distribution system is deemed suboptimal in terms of travel distance and demand fulfillment. This study aims to compare the effectiveness of the Greedy Heuristic method and the Genetic Algorithm (GA) in solving the Vehicle Routing Problem (VRP) based on distance and capacity. The technique used is a quantitative descriptive comparative approach, employing a simulation-based MATLAB approach. The analyzed data includes distances between locations, village tomato stock, and market demand. The main parameters for the GA include a population size of 20, a maximum of 20 generations, a crossover rate of 0.8, and a mutation rate of 0.2. Simulation results show that the Greedy method yields a total distribution distance of 43,433.44 km, while the GA yields 49,165.62 km. The computational time for the Greedy method is only 0.00 seconds, significantly faster than the GA's 1.57 seconds. In conclusion, the Greedy Heuristic is superior in terms of time efficiency and suitable for rapid implementation, while the Genetic Algorithm offers solution flexibility despite requiring further parameter tuning. The significant differences in GA results indicate the need to re-evaluate the penalty function and the number of generations used. This study underscores the importance of selecting an optimization method appropriate to the distribution context and operational priorities.

Keywords: *Tomato distribution, Vehicle Routing Problem, Greedy Heuristic, Genetic Algorithm, logistics optimization, distribution distance.*

Pendahuluan

Dalam resesi ekonomi global, rantai pasokan dunia terbebani ketidakpastian permintaan yang parah, risiko yang lebih besar, dan meningkatnya tingkat persaingan [1]. Supply chain memegang peranan penting untuk

memastikan produk sampai ke konsumen secara tepat waktu, efisien, dan berkelanjutan [2]. Rantai pasok mencakup aliran barang dan informasi secara terintegrasi dengan tujuan meningkatkan kinerja sistem logistik dan distribusi secara keseluruhan. Salah satu elemen utama supply chain adalah distribusi, yang menjadi kunci menjaga kelancaran aliran barang dari hulu ke hilir, khususnya untuk produk perishable seperti tomat yang mudah rusak [3][14].

Studi desain jaringan cold chain menekankan pentingnya integrasi fasilitas seperti pre-cooling, cold storage, dan transportasi suhu terkendali untuk menjaga kualitas produk hortikultura dan mengurangi kerugian hasil pertanian segar [4]. Semakin efisien rute dan infrastruktur distribusi, didukung oleh strategi seperti cross docking dan optimasi first mile, semakin besar peluang produk sampai di pasar dengan mutu optimal dan tepat waktu [5]. Tomat memiliki nilai ekonomis tinggi dan peminat yang terus meningkat [6]. Tomat dihasilkan dan dikonsumsi secara luas, serta menjadi salah satu sayuran utama dalam rantai pasok hortikultura lokal [7]. Hal ini diperkuat rekomendasi WHO untuk konsumsi minimal 400 gram buah dan sayuran per hari [8]. Pada tahun 2022, produksi tomat nasional mencatat rekor tertinggi; Jawa Barat memproduksi 272.961 ton, diikuti Sumatera Utara sebesar 183.015 ton [9]. Provinsi Sumatera Utara, khususnya Kabupaten Karo, dikenal sebagai daerah penghasil sayuran penting; total produksi tomat tahun 2024 tercatat 1.168.744 ton, naik 4,88% dibanding 2023 [11]. Kecamatan Barusjahe sendiri menghasilkan sekitar 248.155 kuintal tomat [12] dengan lahan subur di ketinggian 1.232 mdpl [13]. Sayangnya, distribusi tomat masih menghadapi persoalan serius: tingginya kadar air (>90%) membuat tomat mudah rusak [14]. Minimnya akses petani ke sistem logistik modern sering menyebabkan kerugian pascapanen [15]. Studi [16] menunjukkan ketidakefisienan alokasi kendaraan meningkatkan biaya distribusi dan memperlebar kesenjangan harga antara petani dan konsumen. Limbah dan kerugian tomat segar juga terjadi secara global akibat praktik pengiriman yang buruk [17].

Berbagai pendekatan kuantitatif diterapkan untuk mengoptimalkan distribusi, seperti *Greedy Heuristic* yang memilih rute distribusi terdekat hingga kapasitas kendaraan tercapai [18][19]. Pendekatan ini cepat, sederhana, dan cocok untuk pengambilan keputusan waktu nyata meskipun cenderung menghasilkan solusi lokal. Sebaliknya, *Genetic Algorithm (GA)* adalah metode metaheuristik berbasis populasi yang meniru seleksi alam melalui tahapan *selection*, *crossover*, dan *mutation* [20]. GA telah diterapkan untuk masalah distribusi, seperti studi Berger & Barkaoui yang menggunakan *hybrid GA* pada *Vehicle Routing Problem* dengan hasil optimal [21], serta tinjauan komprehensif heuristik optimasi routing kendaraan [22].

Namun, belum banyak penelitian yang secara komparatif membandingkan *Greedy Heuristic* dan *Genetic Algorithm* pada konteks distribusi hortikultura lokal Indonesia, khususnya komoditas tomat di Kecamatan Barusjahe. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan performa kedua metode tersebut dalam optimasi distribusi tomat agar lebih efisien dan merata.

Metode Penelitian

Studi ini memakai metode kuantitatif deskriptif komparatif dengan analisis deskriptif. Pendekatan optimasi menggunakan *Greedy Heuristic* dan *Genetic Algorithm (GA)* diterapkan. Tujuannya ialah mencari jalur distribusi tomat paling efisien dari 21 desa ke tiga pasar, dengan pertimbangan kapasitas kendaraan, jarak, biaya, dan permintaan. Pengumpulan data melibatkan observasi dan wawancara petani dan pengepul, juga data sekunder seperti jarak, permintaan pasar, dan produksi tomat dari BPS.



Gambar. 1. Peta distribusi tomat di Kecamatan Barusjahe

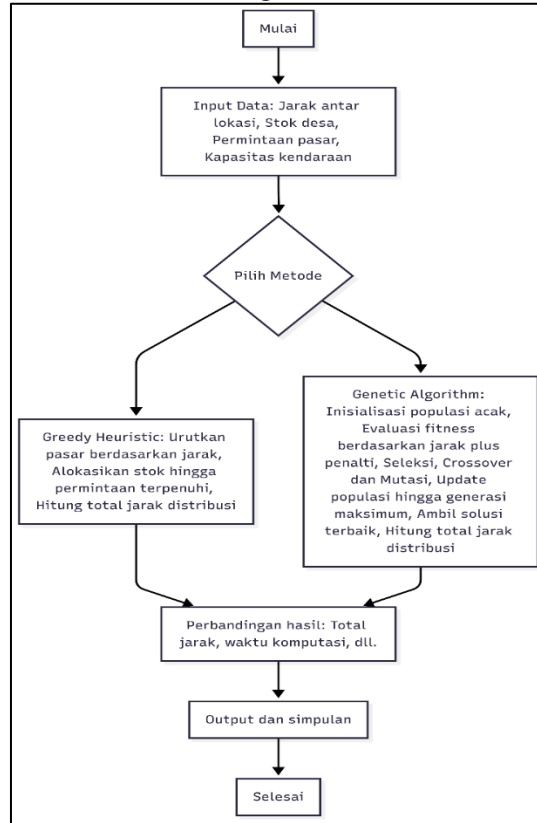
Asumsi Model

Asumsi dasar yang digunakan dalam pemodelan distribusi adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas kendaraan distribusi maksimum adalah 1.200 kg.
2. Permintaan pasar bersifat tetap selama periode pengiriman.
3. Tidak split delivery, artinya setiap desa hanya mendistribusikan hasil panennya ke satu pasar.

4. Distribusi dilakukan dari desa ke pasar secara langsung, tidak melalui depot atau hub tambahan.
5. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara dengan petani dan pengepul, serta sumber sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS) terkait produksi tomat, permintaan pasar, dan jarak antar lokasi.

Berikut flowchart langkah-langkah penelitian optimasi distribusi tomat di Kecamatan BarusJahe dengan Metode *Greedy Heuristic* dan *Genetic Algorithm*.



Gambar. 2. Langkah penelitian

Metode *Greedy Heuristic*

Evaluasi dilakukan pada total jarak dan biaya distribusi. Metode *Greedy Heuristic* digunakan untuk optimasi biaya distribusi tomat di BarusJahe, *Greedy heuristic* menghitung rute distribusi tomat dengan memilih desa terdekat yang belum dikunjungi secara bertahap hingga kapasitas kendaraan terpenuhi, untuk meminimalkan jarak tempuh.

Berikut fungsi objektif dari metode *Greedy Heuristic* :

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s_i \cdot d_{ij} \cdot x_{ij} \quad (1)$$

Dengan Kendala:

1. Setiap desa hanya mengirim ke satu pasar:

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

2. Alokasi ke pasar tidak melebihi permintaan:

$$\sum_{i=1}^n s_i \cdot x_{ij} \leq r_j \quad \forall j = 1, \dots, m \quad (3)$$

3. Variabel biner:

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (4)$$

Untuk setiap desa i , cari pasar j dengan nilai d_{ij} terkecil yang masih memiliki permintaan tersisa.

Genetic Algorithm

Algoritma Genetika yang digunakan dalam penelitian ini merupakan versi sederhana yang disesuaikan untuk optimasi distribusi tomat dari desa-desa di Kecamatan Barusjahe. Parameter yang digunakan pada algoritma genetika ini disesuaikan berdasarkan praktik umum dan referensi penelitian sejenis dalam domain optimasi distribusi dan logistik. Ukuran populasi ditetapkan sebanyak 20 kromosom untuk menjaga keseimbangan antara keragaman solusi dan efisiensi komputasi [23]. Jumlah generasi sebanyak 20 iterasi dipilih untuk mencegah *overfitting* dan menjaga waktu komputasi tetap rendah dalam studi berbasis studi kasus desa. Nilai probabilitas *crossover* sebesar 0,8 dan mutasi sebesar 0,2 digunakan karena telah terbukti efektif dalam mempercepat konvergensi solusi optimal pada studi-studi serupa [24]. Seluruh parameter ini telah diuji melalui beberapa kali simulasi awal untuk memastikan kestabilan hasil dalam konteks distribusi tomat di Barusjahe.

Solusi direpresentasikan sebagai kromosom satu dimensi berupa vektor:

$$x = [x_1, x_2, \dots, x_n], \quad x_i \in \{1, 2, 3\} \quad (5)$$

Fitness function yang digunakan adalah:

$$\text{Fitness}(x) = \sum_{i=1}^n s_i \cdot d_{i,x_i} + \lambda \cdot \sum_{j=1}^m \max\left(0, j - \sum_{i:x_i=j} s_i\right) \quad (6)$$

- λ (lambda): faktor penalti besar (misalnya 10^6) untuk menghukum solusi yang tidak memenuhi permintaan.
- Komponen pertama: total jarak distribusi
- Komponen kedua: penalti kekurangan alokasi
- Langkah-langkah *GA*:
- Inisialisasi populasi: Acak alokasi desa ke pasar
- Evaluasi fitness: Hitung nilai fitness setiap solusi
- Seleksi: Pilih solusi terbaik (misal: turnamen)
- *Crossover*: Tukar bagian kromosom antar parent
- Mutasi: Acak posisi tertentu untuk variasi
- Update populasi dan ulangi sampai generasi maksimum

Seluruh perhitungan dan simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *MATLAB*, yang digunakan untuk menyusun skrip pemodelan dan perhitungan distribusi tomat berdasarkan data stok dan jarak antar desa dan pasar di Barusjahe.

Hasil Dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil 2 metode untuk melihat jarak distribusi yang paling rendah dengan data jarak, stok per desa, dan permintaan setiap pasar di Kecamatan Barusjahe, Kabupaten Karo.

Hasil Optimasi Metode Greedy Heuristic

1. Total Jarak: 43433.44 Km
2. Waktu Komputasi: 0.00 detik
3. Alokasi ke Pasar:
 - Pasar 1: 5000 dari permintaan 5000
 - Pasar 2: 0 dari permintaan 8000
 - Pasar 3: 5652 dari permintaan 6000

Tabel 1. Hasil alokasi metode *Greedy Heuristic*

Desa	Stok(Kg)	Pasar	Jarak (Km)
1	302)	1	5.55
2	820)	1	4.84
3	327)	1	4.20
4	949)	1	3.64
5	961)	1	3.22
6	463)	1	3.01
7	401)	1	3.03
8	292)	1	3.29
9	816)	1	3.74

10	615)	3	4.04
11	315)	3	3.45
12	572)	3	3.00
13	469)	3	2.77
14	293)	3	2.79
15	695)	3	3.07
16	267)	3	3.54
17	364)	3	4.14
18	399)	3	4.82
19	633)	3	5.56
20	318)	3	6.32
21	712)	3	7.08

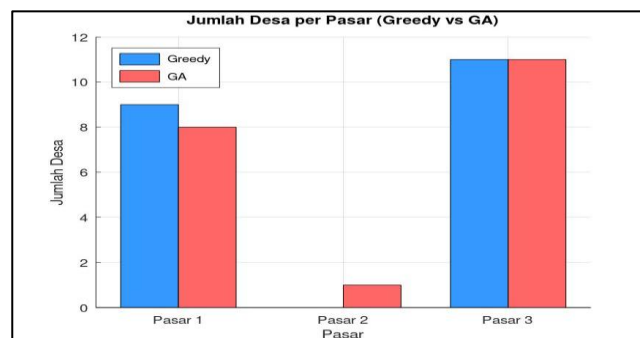
Hasil Perhitungan dengan Genetic Algorithm (GA)

1. Total Jarak: 49165.62 Km
2. Waktu Komputasi: 1.57 detik
3. Alokasi ke Pasar:
 - Pasar 1: 4511 dari permintaan 5000
 - Pasar 2: 712 dari permintaan 8000
 - Pasar 3: 5760 dari permintaan 6000

Tabel 2. Hasil alokasi menggunakan metode *Genetic Algorithm*

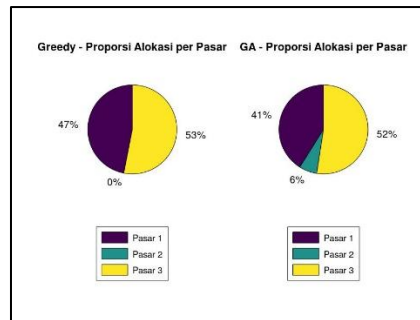
Desa	Stok (Kg)	Pasar	Jarak (Km)
1	302	1	5.55
2	820)	3	10.26
3	327)	1	4.20
4	949)	1	3.64
5	961)	1	3.22
6	463)	1	3.01
7	401)	1	3.03
8	292)	1	3.29
9	816)	1	3.74
10	615)	3	4.04
11	315)	3	3.45
12	572)	3	3.00
13	469)	3	2.77
14	293)	3	2.79
15	695)	3	3.07
16	267)	3	3.54
17	364)	3	4.14
18	399)	3	4.82
19	633)	3	5.56
20	318)	3	6.32
21	712)	2	7.15

Berikut visualisasi grafik batang menunjukkan jumlah desa ke pasar tujuan dari masing-masing metode.



Gambar. 3. Grafik visualisasi jumlah desa ke pasar metode *Greedy Heuristic* dan *Genetic Algorithm*

Berikut visualisasi *Pie Chart* menunjukkan alokasi proporsi distribusi tomat dari masing-masing metode ke pasar. *Greedy* hanya mengalokasikan ke dua pasar saja sedangkan Genetic Algorithm mengalokasikan tomat ke tiga pasar.



Gambar. 4. Visualisasi hasil proporsi alokasi kedua metode

Dan yang terakhir berikut merupakan grafik visualisasi jarak total jarak yang dihasilkan kedua metode.



Gambar. 5. Visualisasi total jarak yang dihasilkan kedua metode

Distribusi hasil menunjukkan bahwa metode *Greedy* tidak hanya lebih efisien dari segi jarak, tetapi juga lebih seimbang dalam memenuhi permintaan tiap pasar. Sebaliknya, metode *GA* dalam konfigurasi saat ini menghasilkan distribusi yang tidak merata serta jarak tempuh yang sangat besar, mengindikasikan bahwa eksplorasi solusi belum optimal.

Simpulan

Studi ini membandingkan dua pendekatan optimasi, yaitu Greedy Heuristic dan *Genetic Algorithm (GA)*, untuk penyaluran tomat di Kecamatan Barusjahe. Hasil menunjukkan bahwa metode *Greedy* menghasilkan total jarak distribusi sebesar 43433.44 Km dengan waktu komputasi sangat cepat yaitu 0,00 detik, sehingga efisien untuk kebutuhan keputusan cepat. Solusi *Greedy* tetap relevan diterapkan dalam sistem distribusi nyata yang menekankan efisiensi waktu dan kemudahan implementasi. Sebaliknya, *GA* memberikan distribusi yang lebih merata ke seluruh pasar, namun menghasilkan total jarak distribusi lebih besar yaitu 49165.62 Km serta memerlukan waktu komputasi 1,57 detik. Untuk implementasi nyata, disarankan penggunaan metode *Greedy* pada kondisi operasional yang membutuhkan respons cepat dan struktur pasar yang relatif stabil. Sementara itu, pengembangan *GA* dapat diarahkan untuk skenario distribusi skala besar yang menuntut keseimbangan permintaan di berbagai lokasi. Penelitian selanjutnya perlu mengeksplorasi parameter *GA* lebih lanjut, menambah variasi metode metaheuristik lain seperti *Particle Swarm Optimization* atau *Ant Colony Optimization*, serta melakukan uji coba pada data real-time untuk meningkatkan akurasi dan adaptabilitas sistem distribusi.

Daftar Pustaka

- [1] H. Zhu, C. Liu, G. Wu, and Y. Gao, "Cold Chain Logistics Network Design for Fresh Agricultural Products with Government Subsidy," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 13, Jul. 2023, doi: 10.3390/su151310021.
- [2] E. Erwin, "The Impact of Agile Supply Chain Strategy on Sustainability Performance with Company's Sustainability Reporting: Evidence from Pulp & Paper Industry in Indonesia," *Jurnal Ilmiah Akuntansi*, vol. 6, no. 2, p. 353, Jan. 2022, doi: 10.23887/jia.v6i2.39124.

- [3] T. Y. Choi, S. Narayanan, D. Novak, J. Olhager, J. B. Sheu, and F. Wiengarten, "Managing extended supply chains," *Journal of Business Logistics*, vol. 42, no. 2, pp. 200–206, Jun. 2021, doi: 10.1111/jbl.12276.
- [4] A. Escudero-Santana, J. Muñuzuri, A. Lorenzo-Espejo, and M. L. Muñoz-Díaz, "Improving E-Commerce Distribution through Last-Mile Logistics with Multiple Possibilities of Deliveries Based on Time and Location," Jun. 01, 2022, *MDPI*. doi: 10.3390/jtaer17020027.
- [5] T. Karasu, Zulkarnain, and P. Leviäkangas, "Transforming Agricultural Supply Chain Challenges into Operational Strategies: Insights from an Agri-Machinery Company," *International Journal of Technology*, vol. 15, no. 4, pp. 1071–1087, 2024, doi: 10.14716/ijtech.v15i4.6635.
- [6] U. Blitar *et al.*, "Pemberian Abu Sekam dan Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum*. Mill) Varietas Servo," *Journal Viabel Pertanian*, vol. 12, no. 2, pp. 40–49, 2018, [Online]. Available: <http://viabel.unisbablitar.ejournal.web.id>
- [7] M. S. Sibomana, T. S. Workneh, and K. Audain, "A review of postharvest handling and losses in the fresh tomato supply chain: a focus on Sub-Saharan Africa," Apr. 01, 2016, *Springer Netherlands*. doi: 10.1007/s12571-016-0562-1.
- [8] P. Schreinemachers, E. B. Simmons, and M. C. S. Wopereis, "Tapping the economic and nutritional power of vegetables," Mar. 01, 2018, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.gfs.2017.09.005.
- [9] N. Noviana, S. Ritawati, I. Rohmawati, and D. Firnia, "Meningkatkan Hasil Tomat dengan Trichokompos dan NPK (Studi Varietas Gustavi F1)," *JIA (Jurnal Ilmiah Agribisnis) : Jurnal Agribisnis dan Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian*, vol. 9, no. 4, pp. 391–400, Sep. 2024, doi: 10.37149/jia.v9i4.1440.
- [10] Saptana *et al.*, "Competitiveness analysis of fresh tomatoes in Indonesia: Turning comparative advantage into competitive advantage," *PLoS One*, vol. 18, no. 11 November, Nov. 2023, doi: 10.1371/journal.pone.0294980.
- [11] B. P. S. Sumut, "Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Semusim Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Tanaman di Provinsi Sumatera Utara, 2024," 2024. [Online]. Available: <https://sumut.bps.go.id/id/statistics-table/3/ZUhFd1JtZzJWVWpqWTJsV05XTllhVmhrRSzFoNFFUMDkjMw==/produksi-tanaman-sayuran-dan-buah-buahan-semusim-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-tanaman—di-provinsi-sumatera-utara-2024.html>
- [12] B. P. S. Sumut, "Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim: Kecamatan Barusjahe, Kabupaten Karo, Provinsi Sumatera Utara, 2024," 2024. [Online]. Available: <https://sumut.bps.go.id/id/statistics-table/3/ZUhFd1JtZzJWVWpqWTJsV05XTllhVmhrRSzFoNFFUMDkjMw==/produksi-tanaman-sayuran-dan-buah-buahan-semusim-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-tanaman—di-provinsi-sumatera-utara-2024.html>
- [13] I. Hasrizart and A. S. Nasution, "Potensi hasil pertanian Kaban Jahe di Kecamatan Kaban Jahe Kabupaten Karo," *Jurnal Derma Pengabdian Dosen Perguruan Tinggi (Jurnal DEPUTI)*, vol. 2, no. 2, pp. 106–110, Jul. 2022, doi: 10.54123/deputi.v2i2.183.
- [14] C. A. Njume, C. Ngosong, C. Y. Krah, and S. Mardjan, "Tomato food value chain: Managing postharvest losses in Cameroon," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Aug. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/542/1/012021.
- [15] S. Sanjaya and T. Perdana, "Logistics System Model Development on Supply Chain Management of Tomato Commodities for Structured Market," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2015, pp. 513–520. doi: 10.1016/j.promfg.2015.11.070.
- [16] M. S. Dharmawati, A. D. Guritno, and H. Yulianto, "Penyusunan Strategi Rantai Pasok Komoditas Sayur Menggunakan Analisis Strukur Biaya Logistik," *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, vol. 9, no. 3, pp. 217–227, Dec. 2020, doi: 10.21776/ub.industria.2020.009.03.6.
- [17] S. Ibrahim Zego, Z. I. Junaida Binti Mohamad Husny Hamid, N. AbdulGhani, and S. Mokhtar, "Exploring the Current Challenges of Cold Chain Logistics Stakeholders in the Tomatoes Value Chain in Nigeria", doi: 10.47772/IJRISS.
- [18] H. Fahmi, M. Zarlis, E. B. Nababan, and P. Sihombing, "Implementation of the Greedy Algorithm to determine the nearest route Search in distributing food production," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jun. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/769/1/012005.
- [19] Z. Dai, K. Gao, and B. C. Giri, "A hybrid heuristic algorithm for cyclic inventory-routing problem with perishable products in VMI supply chain," *Expert Syst Appl*, vol. 153, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.eswa.2020.113322.

- [20] E. Prasetya Tamba, L. P. Sinaga, J. Matematika, U. N. Medan, J. William, and I. Pasar, “Optimasi Vehicle Routing Problem Dengan Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Meminimasi Biaya Pengiriman Barang Di Pt Global Trans Nusa”.
- [21] J. Berger and M. Barkaoui, “A new hybrid genetic algorithm for the capacitated vehicle routing problem,” *Journal of the Operational Research Society*, vol. 54, no. 12, pp. 1254–1262, 2003, doi: 10.1057/palgrave.jors.2601635.
- [22] F. Liu, C. Lu, L. Gui, Q. Zhang, X. Tong, and M. Yuan, “Heuristics for Vehicle Routing Problem: A Survey and Recent Advances”, doi: 10.48550/arXiv.2303.04147.
- [23] D. E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Reading, MA: Addison-Wesley Professional, 1989.
- [24] J. H. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.