



Optimasi Rute Distribusi pada Heterogeneous Capacitated Vehicle Routing Problem (HCVRP) menggunakan Algoritma Evolutionary (Studi Kasus: CV. XYZ)

Tito Bisma May Willis^{1*}, Melly Rosinta Pasaribu², Al'dian Devina Sandra³, Tarizza Alya Nurul Miftah⁴

^{1,2,3,4}Teknik Logistik, Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia.

*Corresponding email: tito.willis@lecturer.itk.ac.id

Received: 10/July/2025

Accepted: 6/October/2025

Revised: 30/September/2025

Published: 31/December/2025

To cite this article:

Willis, T. B. M., Pasaribu, M. R., Sandra, A. D & Miftah, T. A. N (2025). Optimasi Rute Distribusi pada *Heterogeneous Capacitated Vehicle Routing Problem (HCVRP)* menggunakan Algoritma Evolutionary (Studi Kasus: CV. XYZ). *SPECTA Journal of Technology*, 9(3), 280-290. [10.35718/specta.v9i3.8481430](https://doi.org/10.35718/specta.v9i3.8481430)

Abstract

CV. XYZ is a company engaged in the field of goods delivery services that must distribute to various customer points every day. With the number of vehicles and delivery routes that continue to grow, the company faces challenges in managing efficient routes. If delivery is carried out without optimal route planning, there can be wasted mileage, increased fuel costs, and delays in delivery that can reduce customer satisfaction. This study tries to provide a solution with a combination approach between the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) and Heterogeneous Vehicle Routing Problem (HVRP) methods using the Evolutionary Algorithm feature in Microsoft Excel. The main problem to be answered in this study is how to determine the most optimal route and how much distance savings are obtained from the optimization results. The steps in the study start from initial observation, collecting customer and vehicle data, creating a route model, processing data with Excel, to analyzing the results. From the optimization results, the total initial mileage before optimization was 318.7 km, which was then successfully reduced to 300.44 km after processing with Solver, resulting in a difference savings of 18.26 km. These findings indicate that a mathematical approach to delivery route planning can provide a more efficient impact on distribution and reduce the company's operational costs.

Keywords: *CVRP, Evolutionary Algorithm, Distribution, HVRP, Route Optimization.*

Abstrak

CV. XYZ adalah sebuah perusahaan yang berfokus pada layanan pengiriman barang, yang setiap harinya melakukan pengiriman ke berbagai lokasi pelanggan. Dengan semakin banyaknya kendaraan dan rute pengiriman yang harus dijalani, perusahaan menghadapi kesulitan dalam mengelola rute secara efisien. Tanpa adanya perencanaan rute yang baik, proses pengiriman dapat menyebabkan pemborosan jarak, peningkatan biaya bahan bakar, serta keterlambatan, yang pada akhirnya dapat mengurangi kepuasan pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi melalui pendekatan gabungan dari metode *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dan *Heterogeneous Vehicle Routing Problem* (HVRP) dengan memanfaatkan fitur Algoritma *Evolutionary* pada Microsoft Excel. Permasalahan utama yang hendak diselesaikan dalam penelitian ini adalah bagaimana cara menentukan rute paling efisien dan seberapa besar penghematan jarak yang bisa didapat dari hasil optimasi tersebut. Prosedur penelitian dimulai dari pengamatan awal, pengumpulan data mengenai pelanggan dan kendaraan, pembuatan model rute, pemrosesan data menggunakan Excel, hingga analisis hasil. Dari hasil optimasi

ditemukan bahwa total jarak tempuh sebelum dilakukan optimasi adalah 318.7 km, yang berhasil dikurangi menjadi 300.44 km setelah pemrosesan menggunakan Solver, menghasilkan penghematan sebesar 18.26 km. Hasil temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan matematis dalam perencanaan rute pengiriman dapat memberikan pengaruh yang lebih efisiensi terkait distribusi dan penurunan biaya operasional perusahaan.

Kata Kunci: CVRP, Algoritma *Evolutionary*, Distribusi, HVRP, Optimasi Rute.

1. Pendahuluan

CV. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa pengiriman barang, dengan aktivitas utama mendistribusikan berbagai jenis barang ke banyak pelanggan yang tersebar di berbagai wilayah. Dalam dunia logistik modern, kecepatan dan ketepatan pengiriman merupakan elemen krusial untuk menjaga kepuasan pelanggan dan daya saing perusahaan. Seiring dengan pertumbuhan permintaan dan peningkatan volume pengiriman, perusahaan dihadapkan pada kebutuhan untuk mengelola proses distribusi secara lebih efisien, terutama pada aspek perencanaan rute kendaraan pengantar (Tan, S. Y., et al., 2021).

Pengaturan rute yang tidak optimal menyebabkan pemborosan bahan bakar, pemanfaatan armada yang kurang efisien, peningkatan waktu tempuh, dan akhirnya kenaikan biaya operasional sekaligus penurunan kualitas layanan pelanggan. Untuk menangani isu ini, literatur operasi riset dan logistik banyak mengkaji varian *Vehicle Routing Problem* (VRP) serta solusi heuristik dan metaheuristik yang mampu menemukan solusi mendekati optimal dalam waktu komputasi wajar. Namun, sebagian besar studi awal fokus pada model klasik atau satu varian terbatas sehingga belum sepenuhnya mewakili kompleksitas operasional perusahaan riil (Jiang et al., 2022; Máximo et al., 2021).

Dua varian VRP yang sering digunakan untuk merepresentasikan keterbatasan operasional adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), yang memasukkan batas kapasitas kendaraan ke dalam model, dan *Heterogeneous Vehicle Routing Problem* (HVRP), yang mempertimbangkan perbedaan jenis dan biaya operasi antar kendaraan. CVRP dan HVRP telah banyak dikembangkan; namun, penelitian empiris yang menggabungkan kedua varian tersebut untuk merefleksikan kondisi perusahaan dengan armada heterogen dan kapasitas berbeda masih relatif terbatas (Tan et al., 2021; Máximo et al., 2021).

Dari sisi alat implementasi, beberapa studi sebelumnya menunjukkan penggunaan Microsoft Excel Solver untuk menyelesaikan kasus optimasi distribusi nyata (Duan et al., 2016). Keunggulan Excel Solver adalah kemudahan akses dan penerapan praktis bagi perusahaan menengah tanpa memerlukan perangkat lunak khusus atau keahlian pemrograman yang kompleks (Erdoğan, 2017). Namun, pendekatan ini biasanya terbatas pada skala masalah tertentu dan kompleksitas model yang bisa dimasukkan.

Penelitian ini berfokus pada penggabungan CVRP dan HVRP untuk menyesuaikan kondisi distribusi nyata di CV. XYZ, dengan menggunakan algoritma *evolutionary* pada *tools* Solver. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis berupa model rute yang mudah diimplementasikan perusahaan serta kontribusi akademis berupa studi kasus HCVRP.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Distribusi

Distribusi adalah proses penting dalam rantai pasok yang bertujuan menyalurkan barang dari produsen ke konsumen dengan tepat waktu, biaya rendah, dan kualitas tetap terjaga. Perencanaan distribusi yang baik mencakup pemilihan kendaraan, jalur pengiriman, serta pengaturan kapasitas agar tidak terjadi pemborosan sumber daya (Pratiwi & Lubis, 2023).

Menurut Novitasari & Aryanny (2025), penerapan algoritma Ant Colony Optimization pada sistem distribusi mampu mengurangi jarak tempuh hingga 15,86% dibanding rute konvensional. Selain itu, distribusi produk segar memerlukan pertimbangan tambahan berupa time windows dan multi-trips agar

kualitas tetap terjaga, sebagaimana dibahas oleh Asbowo, Sirajuddin, & Ilhami (2025). Hal ini menunjukkan bahwa distribusi bukan hanya sekedar pengiriman barang, melainkan melibatkan strategi optimasi yang kompleks.

2.2. Optimasi Rute

Optimasi rute merupakan inti dari permasalahan Vehicle Routing Problem (VRP), dengan tujuan utama meminimalkan biaya, jarak tempuh, dan waktu pengiriman (Everest & Rachmawati, 2025). Strategi optimasi ini melibatkan algoritma heuristik, metaheuristik, serta model matematis yang lebih kompleks. Studi oleh Ramadhani, Masruroh, & Waluyo (2024) mengembangkan model VRP dengan split delivery dan multi trips, yang terbukti meningkatkan efisiensi distribusi bahan bakar. Pada tingkat internasional, Silva et al. (2023) melakukan tinjauan sistematis terkait pemanfaatan machine learning dalam last mile delivery VRP, yang dinilai mampu meningkatkan adaptasi terhadap kondisi dinamis di lapangan. Selain itu, penelitian Li et al. (2023) tentang distribusi produk pertanian dengan model VRP terintegrasi menunjukkan penghematan biaya sebesar 19% dan bahan bakar hingga 24%.

2.3. Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan salah satu masalah klasik dalam riset operasi yang memiliki peranan penting di berbagai sektor, seperti logistik, distribusi, transportasi, dan perencanaan rute (Nurlailawati, Bakhtiar, & Supriyo, 2023). Dalam VRP, selain memiliki fungsi tujuan untuk meminimalkan total jarak atau total biaya perjalanan, dapat juga untuk meminimalkan banyaknya kendaraan yang digunakan atau tujuan lainnya yang sesuai dengan karakteristik permasalahan (Widyastiti & Sumarsa, 2023). Tujuan utama dari penyelesaian VRP adalah untuk mengoptimalkan penggunaan semua sumber daya yang ada, termasuk jumlah kendaraan, durasi perjalanan, dan tenaga kerja yang terlibat, agar proses distribusi dapat berjalan dengan efisien dan efektif. Selain itu, VRP juga bertujuan untuk mengurangi biaya operasional, meminimalkan jarak tempuh secara keseluruhan, dan mempercepat waktu pengantaran. Hal ini diharapkan dapat memberikan dampak positif terhadap peningkatan pelayanan pelanggan dan profitabilitas perusahaan dalam jangka panjang.

2.4. Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan suatu permasalahan dalam bidang optimasi logistik yang berkaitan dengan pendistribusian barang dari satu depot ke sejumlah pelanggan menggunakan kendaraan yang memiliki kapasitas terbatas, di mana setiap kendaraan harus kembali ke depot setelah menyelesaikan rutenya (Firmansyah, Novianingsih, & Husain, 2021). CVRP mengharuskan kita untuk merencanakan rute yang tidak hanya memperhatikan batas kapasitas kendaraan, tetapi juga efisiensi perjalanan agar tidak terjadi pemborosan sumber daya. Tujuan utama dari penyelesaian CVRP adalah untuk menemukan rute distribusi yang optimal sehingga total jarak tempuh semua kendaraan bisa sekecil mungkin. Hal ini pada akhirnya dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya logistik secara keseluruhan.

2.5. Heterogeneous Vehicle Routing Problem (HVRP)

Heterogeneous Vehicle Routing Problem (HVRP) merupakan pengembangan dari VRP yang mempertimbangkan variasi jenis kendaraan dalam menentukan rute pengiriman. Perbedaan utama antar jenis kendaraan mencakup kapasitas, biaya tetap, dan biaya variabel (Anugrah Tari, S., Prihandono, B., & Noviani, E. 2024). Dalam praktiknya, HVRP lebih mencerminkan kondisi nyata di lapangan, karena perusahaan logistik biasanya mengoperasikan armada dengan berbagai jenis dan ukuran kendaraan untuk memenuhi kebutuhan distribusi yang beragam. Contohnya, kendaraan kecil sering digunakan untuk menjangkau area yang sempit atau padat, sementara kendaraan besar digunakan untuk mengangkut muatan dalam jumlah besar ke lokasi yang lebih jauh. Oleh karena itu, dalam menentukan rute optimal pada HVRP, tidak hanya urutan kunjungan pelanggan yang diperhatikan, tetapi juga penugasan kendaraan yang sesuai dengan karakteristik dan keterbatasan masing-masing. Tujuan utama dari penyelesaian HVRP adalah untuk meminimalkan total biaya operasional, yang mencakup jarak tempuh, penggunaan kendaraan, dan biaya variabel lainnya, sambil tetap memenuhi semua kendala yang ada, seperti kapasitas, waktu pelayanan, dan batasan jumlah kendaraan.

2.6. Algoritma Evolutionary

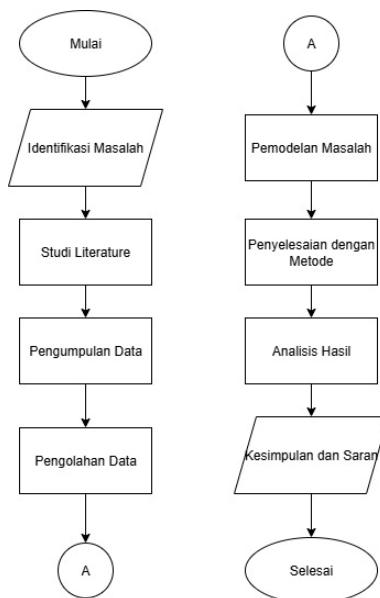
Algoritma *Evolutionary* merupakan sebuah metaheuristic yang dapat diaplikasikan pada berbagai permasalahan optimasi, termasuk CVRP. Algoritma *Evolutionary* merupakan sebuah metaheuristic yang terinspirasi dari teori evolusi, di mana individu yang terkuat yang akan bertahan hidup (Sanggala, 2023). Pendekatan ini menekankan pentingnya perbaikan terus-menerus terhadap solusi yang ada, sehingga solusi optimal atau mendekati optimal dapat dicapai meskipun berada dalam ruang pencarian yang luas dan kompleks. Algoritma *Evolutionary* dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah yang beragam, mulai dari masalah yang memiliki struktur yang sangat kompleks hingga masalah yang relatif sederhana (Chen et al., 2023). Keunggulan dari Algoritma *Evolutionary* terletak pada fleksibilitasnya dalam menghadapi berbagai bentuk pembatasan atau constraint pada masalah logistik, serta kemampuannya untuk mengeksplorasi solusi dalam jumlah besar tanpa terjebak pada solusi lokal. Dengan demikian, metode ini sangat relevan digunakan dalam implementasi CVRP yang secara nyata seringkali melibatkan banyak variabel dan kondisi dinamis di lapangan.

3. Metode

3.1 Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian ini disusun secara sistematis agar tujuan penelitian dapat tercapai secara terarah dan terukur. Adapun tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah
Tahap awal adalah mengidentifikasi permasalahan distribusi/pengiriman barang yang dihadapi perusahaan, seperti tingginya biaya distribusi atau rute yang belum efisien.
2. Studi Literatur
Pada tahap ini dilakukan pengkajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan. Studi literatur membantu peneliti memahami teori dasar, metode penyelesaian VRP/CVRP/HVRP, serta algoritma optimasi yang dapat digunakan.
3. Pengumpulan Data
Data yang dikumpulkan mencakup lokasi pelanggan, jarak antar titik distribusi, kapasitas kendaraan, serta permintaan dari masing-masing pelanggan. Data ini menjadi dasar dalam pemodelan masalah.
4. Pengolahan Data
Data yang telah terkumpul diolah ke dalam bentuk matriks jarak antar lokasi. Selain itu, parameter-parameter seperti kapasitas kendaraan dan permintaan pelanggan ditentukan agar sesuai dengan kondisi nyata.
5. Pemodelan Masalah
Permasalahan distribusi kemudian diformulasikan menjadi model matematis Vehicle Routing Problem (VRP). Fungsi objektif yang digunakan adalah meminimalkan total jarak tempuh distribusi.
6. Penyelesaian dengan Metode
Penyelesaian model dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak, yaitu Excel Solver dan Evolutionary Algorithm. Kedua metode ini dipilih karena mampu menangani permasalahan optimasi dengan jumlah variabel yang kompleks.
7. Analisis Hasil
Hasil optimasi dibandingkan dengan rute eksisting perusahaan. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana efisiensi dapat dicapai, baik dari sisi jarak tempuh maupun penggunaan kendaraan.
8. Kesimpulan dan Saran
Tahap terakhir adalah menarik kesimpulan dari hasil analisis dan memberikan rekomendasi praktis. Selain itu, penelitian juga menyertakan saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi perusahaan maupun peneliti selanjutnya.



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian
 Sumber: Penulis, 2025

3.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh secara langsung dari aktivitas operasional distribusi barang di CV. XYZ. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dengan pihak manajemen logistik, observasi di lapangan, serta dokumentasi internal perusahaan. Beberapa data penting yang dikumpulkan antara lain:

3.2.1 Data Pelanggan

Data pelanggan berisi informasi mengenai titik tujuan distribusi barang, seperti nama pelanggan, alamat, serta estimasi volume atau permintaan barang pada masing-masing titik. Data ini penting sebagai dasar dalam penentuan jumlah kendaraan yang dibutuhkan dan rute distribusi yang optimal.

Tabel 1: Lokasi Depot dan Permintaan Pelanggan

No	Nama Lokasi	Latitude	Longitude	Demand (KG)
0	CV. XYZ	-1.265955	116.8547576	-
1	Bp Hariono	-1.2743680	116.8698440	200
2	Tk. Adinda	-1.2375990	116.8230896	73
3	Sinar Busana	-1.2349523	116.8228435	106
4	Mekar Sari	-1.2507054	116.8250360	46
5	Robi	-1.2730547	116.8673890	55
6	Mitra 10	-1.2417562	116.8708935	98
7	Grand Mulia Jaya	-1.2112720	116.9718301	96
8	Maryuni	-1.1819453	116.9946447	166
9	PT Buma	-1.1940397	116.7565255	1595
10	Gaya Makmur Mobil	-1.2229769	116.9616999	527
11	Anugrah Teknik Jaya	-1.2165063	116.8526087	880

No	Nama Lokasi	Latitude	Longitude	Demand (KG)
12	Edy Marsongko	-1.2307892	116.9455518	190
13	PT Propan Raya	-1.2017454	116.7824900	750
14	PT Lamin Bangun Persada	-1.2171671	116.7878463	644
15	Trijaya	-1.1486176	116.5884681	277
16	Tunas Mandiri	1.2370749	116.7432581	110
17	Artha Mas Teknik	-1.2242854	116.842083	89
18	PT Kevindo Maju Perkasa	-1.2423256	116.8699657	54
19	M. Hadun	-1.2711432	116.8602596	68
20	Bp. Yulianto	-1.270562	116.859403	166
21	Bumi Indah Toko	-1.2362252	116.8221753	572
22	Aci Kosmetik	-1.234022	116.7526399	123
23	Yazid	-1.224594	116.8812435	55
24	Shendy Lie	-1.2233551	116.880825	295
25	Lisa Salon	-1.2406708	116.7562452	25
26	Nina/Arifal	-1.2663984	116.8506189	52
27	Apotek Mulawarman	-1.2196724	116.9653557	300
28	Andry Jaya Motor	-1.240849	116.8359095	25
29	Sinar Jaya	-1.2626261	114.5312863	195
30	Tk. Mekkah	-1.2391795	116.2948209	236
TOTAL DEMAND				8068

3.2.2 Data Kendaraan

Jenis kendaraan yang digunakan oleh CV. XYZ bervariasi dalam hal kapasitas muatan. Setiap kendaraan memiliki batas maksimum barang yang dapat dibawa dalam sekali perjalanan. Informasi ini dibutuhkan untuk menyusun rute yang tidak melebihi kapasitas kendaraan.

Tabel 2: Jumlah dan Kapasitas Kendaraan

Jenis Armada	Kendaraan	Kapasitas per Kendaraan (KG)
Truk	2	3500
Pick Up	1	1200

3.2.3 Data Jarak

Data jarak antar lokasi mencakup jarak dari depot ke masing-masing pelanggan serta jarak antar pelanggan. Jarak ini dihitung berdasarkan rute aktual di jalan raya menggunakan bantuan peta digital atau perangkat lunak pemetaan dari masing-masing latitude dan longitude.

3.2.4 Data Rute Eksisting

Data ini menunjukkan rute distribusi yang selama ini digunakan oleh perusahaan sebelum dilakukan optimasi. Informasi ini digunakan sebagai pembanding dalam evaluasi hasil optimasi.

Tabel 3: Rute Eksisting

Armada	Rute Eksisting	Jarak (km)	Muatan (kg)
Truk 1	0–7–4–30–2–26–1–24–9–10–12–16–0	127.4	3420
Truk 2	0–8–21–28–17–5–13–19–14–29–11–23–0	113	3499
Pick Up	0–22–20–25–6–3–18–15–27–0	78,3	1149
Total		318.7	8068

Seluruh data tersebut menjadi fondasi dalam membangun model optimasi rute distribusi menggunakan pendekatan kombinasi *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dan *Heterogeneous Vehicle Routing Problem* (HVRP). Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan heterogenitas armada agar solusi yang dihasilkan realistik dan dapat diimplementasikan oleh perusahaan

3.3 Heterogeneous Capacitated Vehicle Routing Problem

Masalah optimasi yang dihadapi diklasifikasikan sebagai kombinasi antara *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dan *Heterogeneous Vehicle Routing Problem* (HVRP). Pendekatan kombinasi ini digunakan karena perusahaan memiliki armada dengan kapasitas yang berbeda-beda dan perlu memperhatikan beban maksimal masing-masing kendaraan.

Model matematis yang digunakan mengacu pada formulasi dasar VRP yang kemudian disesuaikan untuk menangani kapasitas (CVRP) dan heterogenitas kendaraan (HVRP). Adapun model umum yang digunakan adalah sebagai berikut (Toth & Vigo, 2014):

Fungsi Tujuan:

$$\text{Min } C = \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^{N+1} \sum_{j=0}^{N+1} c_{ijk} x_{ijk} \quad (1)$$

Fungsi Pembatas:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^{N+1} x_{ijk} = 1; i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N d_i \sum_{j=0}^{N+1} x_{ijk} \leq v_k; k = 1, 2, \dots, K \quad (3)$$

$$\sum_{j=0}^{N+1} x_{0jk} = 1; k = 1, 2, \dots, K \quad (4)$$

$$\sum_{i=0}^{N+1} \sum_{j=0}^{N+1} x_{ihk} = 0; h = 1, 2, \dots, N; k = 1, 2, \dots, K \quad (5)$$

$$\sum_{i=0}^{N+1} x_{i,N+1,k} = 1; k = 1, 2, \dots, K \quad (6)$$

$$x_{ijk} = 0, 1 \quad \forall i = 0, 1, 2, \dots, N+1; k = 1, 2, \dots, K \quad (7)$$

dengan:

- c_{ijk} = biaya travel antara konsumen i dan j .
 K = nomor kendaraan.
 di = total permintaan kendaraan k sampai konsumen i .
 N = nomor pelanggan (0 menunjukkan depot).
 vk = kapasitas maksimum kendaraan k

Persamaan (1) merupakan fungsi tujuan dari permasalahan, yaitu meminimalkan total biaya perjalanan yang ditimbulkan oleh seluruh kendaraan dalam proses distribusi. Persamaan (2) memastikan bahwa setiap konsumen hanya dilayani oleh satu kendaraan, sehingga tidak terjadi duplikasi layanan. Persamaan (3) digunakan untuk membatasi total permintaan yang dibawa oleh kendaraan ke- k , agar tidak melebihi kapasitas maksimum kendaraan tersebut. Selanjutnya, persamaan (4) hingga (6) berfungsi untuk menjamin alur perjalanan kendaraan, yaitu bahwa setiap kendaraan: berangkat dari depot awal (node 0), mengunjungi sejumlah konsumen, dan kembali ke depot tujuan (node $N+1$). Terakhir, persamaan (7) menyatakan bahwa seluruh variabel keputusan x_{ijk} bersifat biner, yaitu bernilai 1 jika kendaraan ke- k melintasi rute dari titik i ke titik j , dan 0 jika tidak. Model ini kemudian diimplementasikan dalam perangkat lunak Microsoft Excel Solver dengan algoritma *evolutionary*, yang mengadopsi algoritma berbasis genetika (*genetic algorithm*) untuk menyelesaikan permasalahan optimasi *non-linear* dan *multi-variable*.

3.4 Metode Penyelesaian dengan Excel Solver

Dalam penelitian ini, optimasi rute distribusi dilakukan menggunakan *Excel Solver* dengan metode Evolutionary Algorithm. Metode ini dipilih karena karakteristik permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP) bersifat nonlinier dan kompleks, sehingga sulit diselesaikan secara efisien dengan metode linier konvensional. *Evolutionary Algorithm* bekerja dengan membangkitkan sejumlah kandidat solusi awal (*population*), kemudian mengembangkan solusi tersebut melalui mekanisme *mutation* dan *crossover* sehingga solusi yang dihasilkan semakin mendekati nilai optimal.

Parameter utama yang digunakan dalam Solver meliputi ukuran populasi (population size), tingkat mutasi (mutation rate), tingkat persilangan (crossover rate), serta konvergensi (convergence). Konvergensi menjadi indikator penghentian proses ketika perubahan nilai fungsi objektif antar generasi sudah berada di bawah ambang batas tertentu. Jumlah iterasi dalam Solver tidak ditentukan secara manual oleh peneliti, melainkan mengikuti pengaturan default yang tersedia. Dengan demikian, Solver akan menjalankan proses iteratif secara otomatis hingga mencapai kondisi konvergensi atau batas maksimum waktu yang ditentukan. Pendekatan ini dipandang memadai untuk ukuran permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini.

Pemilihan *Excel Solver* dibandingkan perangkat lunak optimasi lainnya, seperti LINGO, Gurobi, atau bahasa pemrograman khusus, didasarkan pada pertimbangan aksesibilitas dan keterterapan praktis. Solver merupakan fitur bawaan Microsoft Excel yang relatif mudah digunakan, tidak membutuhkan lisensi tambahan, serta dapat langsung dioperasikan oleh pengguna tanpa keahlian pemrograman. Pertimbangan ini relevan dengan konteks penelitian yang berorientasi pada penerapan praktis di perusahaan, di mana metode yang digunakan sebaiknya dapat dengan mudah diadopsi oleh pihak non-akademis.

Validasi hasil optimasi dilakukan dengan cara membandingkan rute eksisting perusahaan dengan rute hasil penyelesaian Solver. Perbandingan difokuskan pada total jarak tempuh dan efisiensi penggunaan kendaraan. Melalui cara ini, dapat diketahui sejauh mana penerapan Solver memberikan perbaikan nyata terhadap kondisi distribusi aktual yang selama ini dijalankan perusahaan.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute distribusi barang pada CV. XYZ dengan menggunakan pendekatan gabungan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dan *Heterogeneous*

Vehicle Routing Problem (HVRP). Pengolahan data dilakukan menggunakan algoritma *evolutionary* pada Solver yang mampu menangani kombinasi batasan kapasitas dan jenis armada.

Distribusi dilakukan dengan tiga jenis armada berbeda (Truk 1, Truk 2, dan *Pick up*). Data eksisting dan hasil optimasi dibandingkan untuk melihat dampak efisiensi terhadap jarak dan muatan kendaraan. Hasilnya, terjadi penurunan total jarak tempuh dari 320,11 km menjadi 300,44 km, yang setara dengan penghematan 6,15% tanpa mengurangi kapasitas pelayanan.

Tabel 4: Perbandingan Jarak dan Muatan Distribusi

Armada	Rute Eksisting	Jarak (km)	Muatan (kg)	Rute Optimal	Jarak (km)	Muatan (kg)
Truk 1	0–7–4–30–2–26–1–24–9–10–12–16–0	127,4	3420	0–12–28–17–5–10–2–9–27–29–3–30–0	149,3	3391
Truk 2	0–8–21–28–17–5–13–19–14–29–11–23–0	113	3499	0–15–18–19–6–16–8–11–13–21–26–22–23–24–0	86,34	3500
Pick Up	0–22–20–25–6–3–18–15–27–0	78,3	1149	0–25–7–1–14–4–20–0	64,8	1177
Total		318,7	8068			

Sumber: Penulis, 2025

4.2 Pembahasan

Hasil optimasi menunjukkan adanya penurunan jarak distribusi total sebesar 18.26 km (6,08%), dari semula 318,7 km menjadi 300,44 km. Ini mencerminkan peningkatan efisiensi dalam proses distribusi logistik. Rincian efisiensi ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 5: Perbandingan Efisiensi Distribusi

Parameter	Eksisting	Setelah Optimasi	Efisiensi / Selisih
Total Jarak Tempuh (km)	318,7	300,44	-18,26 (-6,08%)
Total Muatan Terlayani (kg)	8.068	8.068	0 (-0%)
Jumlah Armada Digunakan	3	3	0 (-0%)

Source: Penulis, 2025

Secara kualitatif, hasil optimasi menunjukkan beberapa poin penting:

1. Redistribusi beban kendaraan menunjukkan efisiensi penugasan rute. Pickup yang sebelumnya hanya membawa 1149 kg kini menangani 1.177 kg (+2,44%) tanpa menambah jumlah kendaraan.
2. Truk 2 mengalami peningkatan efisiensi besar, menempuh jarak lebih pendek (-23,59%) sambil menangani beban lebih besar.
3. Rute awal tidak mempertimbangkan efisiensi jarak antar titik, sedangkan hasil optimasi menghasilkan pola rute yang lebih terstruktur, pendek, dan minim tumpang tindih.
4. Distribusi titik pelanggan tersebar merata, menunjukkan algoritma evolusioner berhasil mengelompokkan rute berdasarkan kedekatan geografis.

Pendekatan ini sejalan dengan studi oleh Iris Martin dan Eric Wibisono (2024) yang menyatakan bahwa penerapan algoritma evolusioner pada VRP dapat menurunkan biaya logistik hingga 10%. Optimasi rute juga diperkuat oleh temuan Raharjo (2022) dalam Jurnal Specta, yang menunjukkan pentingnya pemilihan jenis armada berdasarkan klasifikasi demand.

Hasil optimasi dengan Excel Solver menunjukkan adanya perubahan rute distribusi dibandingkan dengan rute awal. Perubahan ini terutama dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kapasitas maksimum kendaraan, variasi permintaan setiap konsumen, serta jarak antar lokasi distribusi. Ketiga faktor tersebut menyebabkan Solver secara otomatis membentuk kombinasi rute yang lebih efisien untuk meminimalkan total biaya perjalanan.

Perubahan rute juga terjadi karena penggunaan algoritma evolutionary pada Excel Solver yang bersifat heuristik. Dengan demikian, solusi yang dihasilkan tidak selalu sama pada setiap proses perhitungan, melainkan bergantung pada proses iteratif yang dilakukan Solver untuk mencapai solusi yang mendekati optimal. Hal ini menjelaskan mengapa terdapat variasi rute pada beberapa percobaan, walaupun dengan data yang sama.

Implikasi dari perubahan rute tersebut cukup signifikan terhadap proses distribusi. Pertama, terdapat efisiensi biaya transportasi karena total jarak tempuh dapat ditekan dibandingkan dengan rute awal. Kedua, pembagian beban kerja antar kendaraan menjadi lebih merata, sehingga risiko kelebihan muatan pada salah satu kendaraan dapat diminimalkan. Ketiga, perubahan rute juga dapat memperpendek waktu tempuh secara keseluruhan, sehingga pelayanan kepada konsumen menjadi lebih cepat. Namun, perlu dicatat bahwa dalam beberapa kasus, efisiensi biaya diperoleh dengan konsekuensi adanya kendaraan yang menempuh rute lebih jauh untuk memenuhi batasan kapasitas.

Adapun keterbatasan metode perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil ini. Pertama, Excel Solver memiliki keterbatasan dalam menangani permasalahan berskala besar; semakin banyak jumlah konsumen, semakin lama waktu komputasi dan semakin sulit mencapai solusi optimal. Kedua, algoritma heuristik tidak menjamin solusi optimal global, melainkan solusi mendekati optimal. Ketiga, parameter Solver yang terbatas membuat peneliti tidak memiliki fleksibilitas sebesar perangkat lunak khusus optimasi seperti LINGO, CPLEX, atau Gurobi. Keempat, model ini tidak memasukkan variabel-variabel riil di lapangan seperti kondisi lalu lintas, waktu pelayanan, maupun biaya operasional non-transportasi.

Dengan demikian, meskipun hasil yang diperoleh mampu memberikan gambaran rute yang lebih efisien, penggunaannya perlu dipertimbangkan secara kritis. Rute yang dihasilkan dapat dijadikan acuan awal, tetapi pada tahap implementasi di lapangan perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut dengan mempertimbangkan faktor-faktor non-matematis.

5 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode kombinasi CVRP dan HVRP menggunakan algoritma evolutionary pada Excel dapat memberikan hasil yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi rute distribusi pada CV. XYZ. Berdasarkan hasil perhitungan, rute eksisting memiliki total jarak tempuh sebesar 318,7 km. Setelah dilakukan optimasi, total jarak tempuh berkurang menjadi 300,44 km. Pengurangan ini sebesar 18,26 km atau setara dengan efisiensi sekitar 5,73%.

Penurunan jarak tempuh tersebut memberikan gambaran nyata bahwa perencanaan rute yang tepat dapat membantu perusahaan menekan biaya operasional, mempercepat proses pengiriman, dan meningkatkan efektivitas penggunaan armada yang tersedia. Oleh karena itu, metode ini dapat dijadikan sebagai salah satu strategi dalam pengambilan keputusan logistik secara berkelanjutan di perusahaan.

Arah penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan model yang mempertimbangkan lebih banyak variabel nyata, seperti kondisi lalu lintas dinamis, keterbatasan waktu pelayanan (time windows), serta penggunaan armada dengan jenis kendaraan yang lebih beragam. Selain itu, integrasi metode optimasi dengan teknologi digital seperti real-time tracking dan sistem pendukung keputusan berbasis data dapat menjadi peluang untuk meningkatkan akurasi serta adaptabilitas model dalam menghadapi tantangan distribusi di masa mendatang.

Daftar Pustaka

- Asbowo, A., Sirajuddin, A., & Ilhami, M. (2025). Heterogeneous vehicle routing problem dengan time windows dan multi-trips untuk distribusi produk segar. *Jurnal Teknik Industri Universitas Petra*, 30(2), 77–88.
- Chen, C., Cahyadi, D., Bevan, J. A., Takhta, W., Lesmana, A., Poernomo, C., & Nagari, W. (2023). Perbandingan implementasi evolutionary algorithm (EPO, FHO, dan CFA) pada kasus travelling salesman problem untuk tempat pariwisata di Surabaya. *INSYST: Journal of Intelligent System and Computation*, 5(1), 23–38.
- Duan, C. J., Hu, J., & Garrott, S. C. (2016). Using Excel Solver to solve Braydon Farms' truck routing problem: A case study. *International Journal of Business Analytics*, 3(3), 1–16. <https://doi.org/10.4018/IJBA.2016070101>
- Erdoğan, G. (2017). An open-source spreadsheet solver for vehicle routing problems. *INFORMS Transactions on Education*, 18(1), 18–30. <https://doi.org/10.1287/ited.2016.0162>
- Everest, M., & Rachmawati, D. (2025). Penerapan genetic algorithm untuk optimasi rute distribusi paket di Samarinda. *Jurnal Manajemen Industri*, 14(1), 112–124.
- Firmansyah, Y. S., Novianingsih, K., & Husain, H. S. (2020). Penyelesaian capacitated vehicle routing problem dengan menggunakan gabungan algoritma genetika dan simulated annealing. *Jurnal EurekaMatika*, 9(2), 107–116.
- Jiang, H., Li, C., & Zhang, J. (2022). An evolutionary algorithm for solving capacitated vehicle routing problems. *Applied Soft Computing*, 114, 108119. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.108119>
- Li, M., Tang, J., Wang, H., & Li, Y. (2023). An integrated vehicle routing model to optimize agricultural products distribution in retail chains. *Discover Food*, 3(1), 46.
- Máximo, V. R., Cordeau, J.-F., & Nascimento, M. C. V. (2021). Adaptive iterated local search heuristic for the heterogeneous fleet vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 132, 105294. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2021.105294>
- Martin, I., & Wibisono, E. (2024, February). A proposed taxonomy for literature review in multi-objective vehicle routing problems. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2838, No. 1, pp. 020019-1–020019-8). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0201516>
- Novitasari, D., & Aryanny, R. (2025). Penerapan ant colony optimization pada distribusi kendaraan roda tiga. *ACOPEN UMSIDA*, 4(2), 55–63.
- Nurlailawati, R., Bakhtiar, T., & Supriyo, P. T. (2023). Masalah antar-jemput barang menggunakan armada kendaraan listrik dengan kapasitas angkut dan kapasitas baterai berbeda. *Jurnal Matematika Integratif*, 19(2), 173–182. <https://doi.org/10.24198/jmi.v19i2.48042>
- Pratiwi, L., & Lubis, H. (2023). Optimasi rute distribusi menggunakan algoritma Clarke and Wright Savings dan Nearest Neighbor. *Jurnal SINKRON*, 8(3), 1456–1464.
- Ramadhani, T., Masruroh, N., & Waluyo, R. (2024). Split delivery and multi-trip vehicle routing problem with compartmentalization for fuel distribution. *ASEAN Journal of Systems Engineering*, 6(1), 35–46.
- Sanggala, E. (2023). Penyelesaian capacitated vehicle routing problem (CVRP) dengan evolutionary algorithm & Excel Solver (studi kasus: Russia-20-nodes-CVRP instance). *Profisiensi: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, 11(2), 144–151. <https://doi.org/10.33373/profisiensi.v11i2.5307>
- Silva, L. R., Barwaldt, R., Santos, G. V., Lucca, A., & Haetinger, C. (2023). A systematic review of the use of machine learning in last mile delivery vehicle routing problems. *International Journal of Development Research*, 13(4), 62785–62794.
- Tan, S. Y., Lee, L. S., & Alias, M. Y. (2021). The vehicle routing problem: State-of-the-art and future directions. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 8892187. <https://doi.org/10.1155/2021/8892187>
- Tari, S. A., Prihandono, B., & Noviani, E. (2023). Penerapan metode saving matrix dalam meminimumkan biaya distribusi. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 13(4), 517–526. <https://doi.org/10.26486/bimaster.v13i4.2976>
- Toth, P., & Vigo, D. (2014). *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications*, Second Edition. Society for Industrial and Applied Mathematics. <https://doi.org/10.1137/1.9781611973594.fm>
- Widyastiti, M., & Sumarsa, A. (2023, May). Implementasi model capacitated vehicle routing problem with time windows dalam pendistribusian barang. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika Universitas Pattimura* (pp. 13–21).