

Literatur Review: Optimasi Rute Pengiriman Barang dengan Analisis Komprehensif Metode dan Aplikasinya

Trizamsuar Jufri¹, Cathoche Uniqua Supomo², Hernadewita³, Hendra⁴

^{1,2,3}Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

⁴Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon

*Email korespondensi penulis: trizamsuar@gmail.com

Abstrak

Optimasi rute pengiriman barang merupakan aspek kritis dalam logistik yang bertujuan meningkatkan efisiensi dan produktivitas pengiriman. Dalam era globalisasi dan pertumbuhan *e-commerce* yang pesat, tantangan dalam sektor transportasi dan distribusi menjadi semakin kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan literatur terhadap berbagai metode dan algoritma optimasi rute pengiriman barang yang telah dikembangkan dan diaplikasikan dalam berbagai konteks. Metode utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis literatur dari basis data terpercaya seperti *Scopus* dan *Google Scholar*. Beberapa metode yang diulas meliputi Algoritma Program Dinamis, Algoritma Genetika, *Ant Colony Optimization*, *Differential Evolution*, Dijkstra, *Greedy*, *Mixed Integer Linear Programming (MILP)*, *Clark and Wright Saving Heuristic*, *Vehicle Routing Problem (VRP)*, dan *Saving Matrix*. Hasil analisis menunjukkan bahwa setiap metode memiliki keunikan dan efektivitas yang berbeda tergantung pada konteks spesifik pengiriman. Selain itu, penelitian ini juga mengungkapkan tantangan dalam integrasi teknologi baru seperti *Internet of Things (IoT)* dan kecerdasan buatan (AI) dalam proses optimasi rute, serta pentingnya mempertimbangkan aspek etika dan sosial. Temuan ini memberikan dasar yang kuat untuk memahami perkembangan dan potensi dalam optimasi rute pengiriman serta memberikan rekomendasi untuk penelitian dan implementasi praktis di masa depan.

Kata Kunci: Optimasi Rute, Pengiriman Barang, Analisis Algoritma, Logistik Berkelanjutan

Abstract

Route optimization for cargo delivery is a critical aspect of logistics aimed at enhancing the efficiency and productivity of deliveries. In the era of globalization and rapid e-commerce growth, challenges in the transportation and distribution sectors have become increasingly complex. This study aims to conduct a literature review of various route optimization methods and algorithms that have been developed and applied in different contexts. The main method used in this research is a literature analysis from reliable databases such as Scopus and Google Scholar. Several methods reviewed include Dynamic Programming Algorithm, Genetic Algorithm, Ant Colony Optimization, Differential Evolution, Dijkstra, Greedy, Mixed Integer Linear Programming (MILP), Clark and Wright Saving Heuristic, Vehicle Routing Problem (VRP), and Saving Matrix. The analysis results show that each method has unique features and effectiveness depending on the specific delivery context. Additionally, this study reveals the challenges in integrating new technologies such as the Internet of Things (IoT) and artificial intelligence (AI) in the route optimization process, as well as the importance of considering ethical and social aspects. These findings provide a solid foundation for understanding the developments and potentials in route optimization and offer recommendations for future research and practical implementation.

Keywords: Route Optimization, Cargo Delivery, Algorithm Analysis, Sustainable Logistics



1. Pendahuluan

Dalam era globalisasi dan pertumbuhan *e-commerce* yang pesat, pengiriman barang menjadi salah satu aspek logistik yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan konsumen (Agnezia, 2022). Peningkatan ini membawa dampak signifikan pada sektor transportasi dan distribusi, yang harus menghadapi tantangan efisiensi dan pengelolaan yang semakin kompleks (Lakutu et al., 2023). Oleh karena itu, pengembangan algoritma dan teknik optimasi rute telah menjadi sangat relevan dalam berbagai konteks seperti transportasi, logistik, ilmu komputer, dan kehidupan sehari-hari kita (Oktaviani & Murnawan, 2022).

Pentingnya optimasi rute terletak pada kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam pengiriman barang, yang pada gilirannya dapat mengurangi biaya operasional dan mempercepat waktu pengiriman (Astuti, 2020). Dengan penekanan yang semakin besar pada pengurangan emisi gas rumah kaca dan berbagai isu lingkungan lainnya, optimasi rute juga berperan dalam mendukung praktik bisnis yang lebih berkelanjutan (Agustinea et al., 2022).

Selama beberapa dekade terakhir, penelitian dalam bidang rute optimasi telah mengalami perkembangan yang pesat. Para peneliti, ilmuwan, dan praktisi telah mengembangkan berbagai metode dan algoritma untuk mengatasi kompleksitas masalah optimasi rute (Auliasari et al., 2018). Meskipun ada beragam metode yang tersedia, tidak ada satu metode pun yang secara universal cocok untuk semua jenis skenario pengiriman. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang berbagai pendekatan, model matematis, dan metrik kinerja yang digunakan dalam penelitian rute optimasi sangat diperlukan (Kasih & Maulidina, 2023).

Tinjauan literatur ini bertujuan untuk menggali secara mendalam penelitian terbaru, temuan, dan kemajuan dalam bidang rute optimasi. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam optimasi rute adalah Algoritma Program Dinamis, yang telah diaplikasikan dalam berbagai konteks seperti pengiriman *pallet* kayu (Agnezia & Winarno, 2022). Metode ini didasarkan pada pendekatan rekursif maju yang menghasilkan rute terpendek berdasarkan persamaan matematis (Zein et al., 2022).

Di sisi lain, terdapat metode Algoritma Genetika yang digunakan dalam menentukan rute optimal untuk jasa pengiriman barang (R., W., & Rosita, 2023). Algoritma Genetika mengadopsi konsep seleksi alam dan evolusi genetik untuk menemukan solusi optimal. Hasil uji menunjukkan bahwa metode ini dapat menghasilkan rute yang efisien, terutama dalam konteks pengiriman barang (Hidayat et al., 2023).

Selanjutnya, terdapat metode Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) yang digunakan dalam aplikasi pengiriman barang (Rismawan, Mulia, & Hidayati, 2020). Metode ini terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari rute terpendek. ACO telah terbukti efektif dalam menentukan rute optimal pengantaran barang dengan total jarak yang lebih pendek (Lutfi et al., 2023).

Selain itu, tinjauan literatur ini juga mengungkapkan beragam penerapan praktis rute optimasi di berbagai sektor. Salah satu contoh aplikasi praktisnya adalah dalam navigasi GPS, di mana algoritma optimasi rute digunakan untuk menentukan jalur tercepat dan terpendek dari satu lokasi ke lokasi lainnya (Haja & Fauzi, 2022).

Dalam sektor pariwisata, optimasi rute juga memainkan peran penting dalam merencanakan perjalanan wisata yang efisien dan meminimalkan biaya perjalanan (Sitorus et al., 2022). Penggunaan metode rute optimasi juga meluas ke dalam manajemen rantai pasokan, di mana perusahaan dapat memanfaatkannya untuk mengoptimalkan pengiriman dan distribusi produk (Sanjaya, Sembiring, & Budiman, 2019).

Pengiriman paket juga merupakan salah satu contoh aplikasi praktis rute optimasi. Dengan menggunakan algoritma yang tepat, perusahaan pengiriman dapat mengurangi biaya pengiriman dan waktu pengiriman, yang pada akhirnya akan meningkatkan kepuasan pelanggan (Hidayat, Santosa, & Siskandar, 2021).

Meskipun telah tercapai kemajuan besar dalam bidang rute optimasi, masih ada beberapa tantangan

yang harus dihadapi. Salah satunya adalah integrasi teknologi baru seperti *Internet of Things* (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) dalam proses optimasi rute (Anggraeni & Rusindiyanto, 2020). Integrasi ini dapat meningkatkan akurasi dan efektivitas algoritma, tetapi juga memunculkan isu-isu seperti privasi data dan keamanan (Yusnindi & Handayani, 2022).

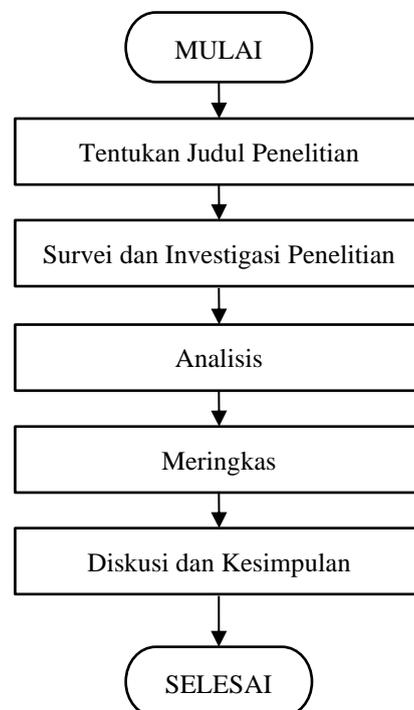
Selain itu, penting juga untuk mempertimbangkan aspek etika dan sosial dalam penggunaan algoritma rute optimasi, terutama dalam pengaturan seperti kendaraan otonom (Ferdiansyah et al., 2020). Pengambilan keputusan yang mencakup faktor-faktor manusiawi dan etika menjadi semakin relevan dalam pengembangan teknologi ini.

Melalui tinjauan literatur ini, kami akan menjelajahi berbagai metode optimasi rute, aplikasi praktisnya, dan tantangan di masa depan. Dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang perkembangan dan potensi dalam rute optimasi, kita dapat memahami dampak besar yang telah dicapai dalam berbagai sektor dan merencanakan arah penelitian yang akan datang.

2. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, metode utama yang digunakan adalah analisis literatur. Proses ini melibatkan identifikasi dan penyaringan dokumen ilmiah relevan dari basis data terpercaya seperti *Scopus* dan *Google Scholar* untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang berbagai metode optimasi rute pengiriman barang yang ada dalam literatur ilmiah. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian adalah optimasi rute, pengiriman barang, dan logistik berkelanjutan

Dalam penelitian ini, meskipun metode yang diidentifikasi digunakan selama proses penyaringan memiliki jumlah publikasi cukup besar sehingga tidak mungkin untuk menganalisis semua penelitian yang ada. Kami membatasi kajian pustaka hanya pada penelitian yang relevan yang diterbitkan dalam jurnal berbahasa Indonesia dan Inggris. Penelitian ini menganalisis beberapa penelitian sebelumnya yang difokuskan pada distribusi, rute dan metode untuk memecahkan masalah transportasi dan/atau perutean. Gambar 1 menunjukkan metodologi penelitian ini, sebagai berikut:



Gambar 2. *Flowchart* Metodologo Penelitian
Sumber: Data Diolah Peneliti, 2024

Setelah seleksi literatur, berbagai metode yang ditemukan dikategorikan berdasarkan algoritma atau pendekatan matematika yang digunakan. Kemudian, literatur dianalisis untuk memahami kelebihan,

kekurangan, dan efisiensi dari masing-masing metode. Dari analisis tersebut, disimpulkan metode mana yang paling efektif dan di mana kondisinya, serta memberikan rekomendasi untuk penelitian masa depan.

3. Analisis Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Hasil analisis artikel jurnal menghasilkan data yang beragam dan bervariasi. Tema hasil penelitian tentang metode rute optimasi yang dihasilkan sangat bervariasi dari berbagai sudut. Studi ini menganalisis dan mengklasifikasikan data berdasarkan nama peneliti, tahun, judul penelitian, metode, dan hasil penelitian. Berikut adalah hasil *literature review* dari beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan metode Taguchi sebagaimana pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *Literature Review*

No.	Peneliti, Tahun	Variabel	Metode	Hasil Penelitian
1.	Agnezia, S. V., & Winarno, W. (2022).	Rute perjalanan, biaya ongkos	<i>Algoritma Program Dinamis</i> dengan Pendekatan <i>Forward Recursive Equation</i>	Hasil penelitian ini menghasilkan rute terpendek sebesar 33,4 Km dengan rute yaitu CV. Bintang Jaya– Sukamaju–Sukamanah–Cipeucang– Gandoang– Mekarsari–Cileungsi Kidul Cileungsi– Nagrak–Cikeas Udik– Leuwinanggung– Jl. Raya Tapos 40-46–Sukatani–Sukamaju Baru–PT. Yanmar Diesel Indonesia.
2.	Zein, M. N., Wibowo, P., Hidayatullah, I., Pahdian, M. F., Ramadhan, A., Gufron, N. S. A., & Ringo, E. E. S. (2022).	Jalur pengiriman, biaya pengiriman	<i>Program Dinamis</i>	Diketahui dari hasil analisis perhitungan dari tahap ke 9, dapat disimpulkan bahwa rute terpendek untuk pengiriman ikan dari Ceps akuarium menuju Saenamia, yaitu Ceps akuarium Citayam Rs Citama MCD Pemda Stadion Pakansari Lampu merah POMAD Talang RSUD Bogor Saenamia dengan jarak sejauh 35,7 km.
3.	Kurnia, A., & Ernawati, D. (2021).	Rute distribusi, jarak tempuh, waktu tempuh	Metode <i>Algoritma Differential Evolution</i>	Metode <i>Algoritma Differential Evolution</i> mampu menghasilkan usulan perbaikan rute distribusi yang optimal dengan penghematan jarak tempuh sebesar 68,4 km dan waktu tempuh sebanyak 102,6 menit dengan persentase penghematan jarak tempuh 4,36% dan waktu tempuh 4%.
4.	Lakutu, N. F., Mahmud, S. L., Katili, M. R., & Yahya, N. I. (2023).	Rute pengiriman, jarak tempuh	Metode <i>Algoritma Dijkstra</i> dan <i>Algoritma Greedy</i>	Berdasarkan hasil perhitungan, <i>Algoritma Dijkstra</i> dapat memberikan solusi yang lebih optimal dengan total jarak tempuh yang diperoleh 304,90 Km sedangkan <i>Algoritma Greedy</i> menghasilkan total jarak tempuh 441,60 Km.
5.	Ramadhan, G. C., & Rosita, Y. D. (2023).	Biaya pengiriman, waktu pengiriman, rute pengiriman	Metode <i>Algoritma Genetika</i>	Hasil dari uji tersebut dalam pencarian rute optimal dan jalur cepat yakni pada cluster kedua dengan hasil jarak 20 km dengan rute optimal 5-8-7-1-9-4-10-3-6-2-5 yaitu Dsn. Mojoroto, Banjartanggul, Dsn.sumber Bendo, Perummojoasri, Wonokoyo, Dsn. Trawas, Wonokusumo, Dsn. Pecuk, Dsn. Bulu Resik, Damarsi, Dsn. Mojoroto.
6.	Hidayat, Y. A., Arendra, M. A., & Rosita, Y. D. (2023).	Jarak pengiriman, waktu pengiriman	Metode <i>Algoritma Genetika</i>	Dengan menggunakan <i>cluster K-means</i> jumlah pasar terbagi menjadi 2 kluster, dimana <i>cluster</i> pertama berjumlah 10 pasar dengan jarak 92.205 Km, <i>cluster</i> kedua berjumlah 5 pasar dengan jarak 36.5935 Km. Maka untuk menentukan jarak optimal pada kedua cluster membutuhkan metode

No.	Peneliti, Tahun	Variabel	Metode	Hasil Penelitian
				<i>algoritma genetika.</i>
7.	Gotami, N. S. W., Febrianti, Y. M., Dini, R., Aziz, H. F., & Wijayaningrum, V. N. (2020).	Rute pengiriman, jarak tempuh	Metode <i>Algoritme Genetika</i>	Sebuah rute perjalanan dibentuk untuk setiap sales yang ditugaskan mengirimkan ice tube ke beberapa tempat di kota Malang. Pembentukan rute dilakukan dengan menggunakan representasi permutasi yang menggambarkan indeks dari lokasi setiap pelanggan yang harus dikunjungi oleh sales.
8.	Oktaviani, D. S., & Murnawan, D. H. (2022).	Rute distribusi, biaya pengiriman, kapasitas angkut kendaraan	Model MILP (<i>Mixed Integer Linear Programing</i>)	Dari hasil pengolahan data di dapatkan hasil rute yang optimal menghemat jarak sebesar 33,61% yaitu 353,812KM dan biaya sebesar 24,29% yaitu Rp. 560.473,28
9.	Rismawan, T., Mulia, M. R., & Hidayati, R. (2020).	Rute optimal, pengiriman barang, jarak tempuh, aplikasi berbasis android	Metode <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO)	Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada 30 lokasi pengantaran barang, aplikasi menghasilkan urutan rute optimal pengantaran barang dengan total jarak 21.1 km.
10.	Syahr, L., Khoswara, M., & Suseno, S. (2023).	Rute distribusi, biaya distribusi, waktu tempuh	Metode <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO)	Menunjukkan bahwa rute yang digunakan oleh Bakpia Pathok 25 untuk distribusi produk bakpia sudah optimal yaitu dengan rute Toko Pathok Jaya, Toko Ongko Jaya, Toko Pasar Pathok, Toko Bandara Jaya, Toko Kembang Jaya dan kembali menuju Toko Pathok Jaya dengan jarak rute 26.19 Km dan jumlah bahan bakar yang dikeluarkan dengan hargamencapai Rp. 26,190 dalam sekali pendistribusian dan waktu yang didapatkan 54 menit.
11.	Siraj, M. M., & Astuti, Y. P. (2020).	Pola lalu lintas, efisiensi logistik, infrastruktur perkotaan, waktu pengiriman	Metode <i>Clark And Wright Saving Heuristic</i>	Total jarak tempuh dan biaya transportasi perusahaan sebesar 12.551,4 km dan Rp22.550.372. Sedangkan total jarak tempuh dan biaya transportasi menggunakan metode <i>Clark and Wright Saving Heuristic</i> sebesar 7.324,3 km dan Rp 12.777.454. Dengan demikian jika metode <i>Clark and Wright Saving Heuristic</i> diterapkan di perusahaan tersebut akan meminimumkan total jarak tempuh dan biaya transportasi yang dikeluarkan.
12.	Agustine, D., Had I. H., & Meganingtyas, D. E. W. (2022).	Rute pendistribusian, kapasitas kendaraan, jarak antar depot	Metode <i>Kluster K-Means</i> dan <i>Algoritma Nearest Neighbor</i>	Jarak rute lintasan yang diusulkan menggunakan <i>klustering K-Means</i> dan <i>Algoritma Nearest Neighbor</i> memberikan rute optimal yang efektif sehingga pemecahan rute masalah terpendek disarankan menggunakan hasil optimal dari <i>klustering K-Means</i> bukan penetapan kendaraan yang ada. Dengan waktu komputasi lebih cepat yaitu 3 <i>kluster</i> dibandingkan pembagian 2 <i>kluster</i> .
13.	Martono, S., & Warnars, H. L. H. S. (2020).	Pertumbuhan e-commerce, pengiriman last-mile, kepuasan pelanggan, kecepatan pengiriman, pengurangan biaya	Metode <i>Nearest Neighbor</i>	Hasil pencarian rute menggunakan metode <i>nearest neighbor</i> menghasilkan jumlah rute paling sedikit dibandingkan dengan sebelum menggunakan metode dan pada total jarak dengan menggunakan metode 98610 meter atau 98,61 km sedangkan jika pada rute sebelum menggunakan metode 124198 meter atau 124,198 km terjadi pengurangan jarak 25588 atau 25,588 atau sebesar 20.6026%.

No.	Peneliti, Tahun	Variabel	Metode	Hasil Penelitian
14.	Auliasari, K., Kertaningtyas, M., & Basuki, D. W. L. (2018).	Rute distribusi, jarak, waktu, optimalisasi transportasi, sumber daya manusia, biaya pengiriman	Metode <i>Traveling Salesman Problem</i> (TSP)	Pilihan dua rute yang dihasilkan dari komputerisasi menggunakan metode TSP dengan teknik branch and bound dilengkapi dengan penyajian pohon keputusan dari titik awal hingga titik tujuan yang pada akhirnya membentuk rute yang optimal.
15.	Kasih, P. H., & Maulidina, Y. (2023).	rute distribusi, biaya distribusi, waktu pengiriman	Metode <i>Saving Matrix</i>	Berdasarkan perbandingan hasil pengurutan kunjungan pelanggan pada setiap rute, didapatkan jarak tempuh terpendek dengan menggunakan algoritma nearest neighbor. Total penghematan jarak tempuh adalah sebesar 34.5% (dari total jarak tempuh pada rute awal adalah 77.19 km menjadi 50.59 km pada rute yang baru)
16.	Sitorus, E. (2022).	Biaya distribusi, rute distribusi, alokasi kendaraan	Metode <i>Saving Matrix</i>	Hasil analisa memakai metode <i>Saving Matrix</i> menyatakan jumlah rute distribusi bisa turun damulairi 5 rute jadi 4 rute. Kemudian setelah dilakukan pengurutan, <i>nearest neighbor</i> menghasilkan rute dengan jarak tempuh yang semula berhunkah 198 kilometer bisa diturunkan jadi 115,15 kilometer, dimana artinya jarak itu bisa disingkat atau lebih hemat dengan jumlah 82,85 kilometer ataupun 41,67%.
17.	Sanjaya, A., Sembiring, A. C., & Budiman, I. (2019).	Distribusi pakan ternak, rute distribusi, biaya distribusi, waktu pengiriman	Metode <i>Saving Matrix</i>	Hasil dari penelitian ini berupa rute usulan dengan 5 trip pengiriman, dimana tiap trip berisi 7 rute. Jika rute ini dilaksanakan, maka akan menghemat jarak distribusi sejauh 213 km, waktu pengiriman menjadi lebih cepat 53 menit, dan menghemat biaya distribusi sebesar Rp 1.196.707.
18.	Hidayat, A. P., Santosa, S. H., & Siskandar, R. (2021).	Distribusi barang, rute kendaraan, optimalisasi rute	Metode <i>Saving Matrix</i>	Hasil Penelitian menunjukkan terdapat 2 rute optimal yang digunakan untuk 2 jenis kendaraan terhadap proses distribusi. Rute pertama menghasilkan jarak optimal sebesar 9,3 km dan rute kedua menghasilkan jarak optimal sebesar 13,1 km.
19.	Turseno, A., & Hernika, N. (2022).	Jarak tempuh, biaya transportasi, rute pengiriman	Metode <i>Saving Matrix</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa rute yang efektif berdasarkan perhitungan metode <i>Saving Matrix</i> adalah sebanyak 6 rute dengan jarak terpendek yaitu sebesar 212,4 km dan penghematan sebesar 65,5 km.
20.	Anggraeni, A. D., & Rusindiyanto, R. (2020).	Jarak tempuh, biaya transportasi, jumlah rute	Metode <i>Saving Matrix</i>	Hasil penelitian menggunakan metode <i>saving matrix</i> di PT. XYZ Surabaya bahwa terdapat 5 rute awal yang muncul dan terdapat 3 rute usulan dengan total jarak adalah 797,02 km dan total jarak awal dari perusahaan adalah 1211,1 km, maka didapatkan total penghematan jarak sebesar 414,08 km atau dengan presentase penghematan jarak sebesar 34,19%. serta total biaya sebesar Rp. 209.885.568 per tahun
21.	Yusnindi, S. I. Y. S. I., & Handayani, W. (2022).	Jarak tempuh, biaya transportasi, utilitas angkutan	Metode <i>Saving Matrix</i>	Dari analisis didapatkan pengurangan rute distribusi dari 11 menjadi 6 rute, penghematan jarak sebesar 42,93 % dari 531,29 km menjadi 303,2 km, dan penghematan biaya distribusi sebesar 50,994 % dari Rp9.595.579 menjadi Rp4.702.320.

No.	Peneliti, Tahun	Variabel	Metode	Hasil Penelitian
22.	Noviwiyocho, R., Matondang, A. R., & Hidayati, J. (2023).	Biaya, rute distribusi, matriks	Metode <i>Saving Matrix</i>	Akhirnya, temuan menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode matriks tabungan, terbukti bahwa metode ini menghasilkan distribusi rute yang lebih baik.
23.	Hajar, G., & Fauzi, M. D. (2022).	Rute pengiriman, biaya pengiriman, jumlah kendaraan	Metode <i>Vehicle Routing Problem</i>	Dari hasil perhitungan diperoleh hasil untuk subrute 1 yaitu 0-4-16-17-8-1-9-20-0 dengan total jarak 10,8 Km, untuk subrute ke 2 yaitu 0-15-19-6-18-3-20-2-5-0 dengan total jarak 13,79 Km, untuk subrute 3 yaitu 0-2-5-12-10-11-13-14-7-0 dengan total jarak 29.95 Km.
24.	Ferdiansyah, A., et all. (2021).	Rute pengiriman, biaya bahan bakar, waktu tempuh	Metode <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP)	Hasil yang diperoleh menunjukkan jarak tempuh berkurang 19% (107 km), dengan penghematan bahan bakar 20,1% serta total waktu berkurang 22,6% atau 3,3 jam.
25.	Noviwiyocho, R., Matondang, A. R., & Hidayati, J. (2023).	Distribusi Beras, <i>Solver Spreadsheet</i> , Permasalahan Rute Kendaraan (<i>Vehicle Routing Problem</i>)	Metode <i>Vehicle routing problem</i> (VRP)	Hasil pengolahan dengan <i>Vehicle Routing Problem Spreadsheet Solver</i> menunjukkan bahwa pada kasus distribusi beras di Kalimantan Tengah ini, 100 konsumen <i>feasible</i> untuk dilayani oleh 13 kendaraan dari tiga tempat yang berbeda. Berdasarkan perhitungan terhadap 13 kendaraan yang bekerja untuk melayani 100 pelanggan

Sumber: Data Diolah Peneliti, 2024

3.2 Pembahasan

Berdasarkan Tabel 1 yang telah dikemukakan di atas, dapat diketahui bahwa penelitian-penelitian ini menyediakan wawasan yang berharga dalam penggunaan metode-metode terkini dalam memecahkan masalah penentuan rute optimal pengiriman. Melalui metode-metode ini, efisiensi dan efektivitas operasional dalam distribusi dapat ditingkatkan secara signifikan.

Adapun deskripsi masing-masing penelitian di atas dapat dikelompokkan dalam metode sebagai berikut:

1. Algoritma Program Dinamis

Pada metode Algoritma Program Dinamis, dua penelitian menonjol, yaitu oleh Shania Viera Agnezia dan Winarno (2022) serta M.N. Zein et al. (2022). Keduanya memanfaatkan pendekatan Program Dinamis untuk menemukan solusi optimal dalam rute pengiriman. Meskipun sama-sama menggunakan Algoritma Program Dinamis, Shania Viera Agnezia dan Winarno mengaplikasikannya untuk pengiriman pallet kayu dengan hasil rute terpendek sebesar 33,4 Km, sedangkan M.N. Zein et al. fokus pada pengiriman benih ikan *Ceps Aquarium* dengan jarak optimal sejauh 35,7 km. Ini menunjukkan bahwa meski metodenya sama, aplikasi dalam konteks yang berbeda dapat menghasilkan solusi yang berbeda pula.

2. Algoritma *Differential Evolution*

Aprilia Kurnia dan Dira Ernawati (2021) menerapkan Algoritma *Differential Evolution* untuk mengoptimalkan rute distribusi PT. XYZ. Melalui metode ini, mereka berhasil mencapai penghematan jarak tempuh sebesar 68,4 km. Kajian ini menegaskan keefektifan DE dalam mengurangi jarak dan waktu tempuh, terutama pada kasus distribusi barang.

3. Algoritma Dijkstra dan Algoritma *Greedy*

Dalam penelitian oleh Novria Fatmawati Lakutu et al. (2023), Algoritma Dijkstra dan *Greedy* dibandingkan dalam konteks optimasi rute pengiriman barang. Secara menarik, walaupun keduanya bertujuan mencari rute terpendek, Dijkstra terbukti lebih efisien dengan total jarak tempuh 304,90 Km, sedangkan *Greedy* menghasilkan jarak yang lebih panjang, yaitu 441,60 Km. Ini menunjukkan bagaimana Dijkstra cenderung lebih akurat dalam kasus ini dibandingkan dengan pendekatan *Greedy*.

4. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika dengan inspirasinya dari proses evolusi alami, diaplikasikan dalam beberapa penelitian, seperti oleh Gatra Cahya R. et al. (2023), Yusril Adil Hidayat et al. (2023), dan Nurina Savanti Widya Gotami et al. (2020). Meskipun semuanya menggunakan Algoritma Genetika, fokus dan hasilnya berbeda. Gatra Cahya R. et al. menghasilkan rute optimal dengan jarak 20 km, sedangkan Yusril Adil Hidayat et al. menggunakan pendekatan clustering sebelum menerapkan Algoritma Genetika. Nurina Savanti Widya Gotami et al. fokus pada pengiriman ice tube dengan pendekatan representasi permutasi. Ini menggarisbawahi fleksibilitas Algoritma Genetika dalam berbagai aplikasi.

5. Model MILP (*Mixed Integer Linear Programming*)
Dhita Surya Oktaviani dan Hery Murnawan (2022) menerapkan Model MILP untuk optimalisasi rute distribusi es balok. Dengan pendekatan ini, mereka berhasil menghemat jarak sebesar 33,61% dan biaya sebesar 24,29%. Ini menunjukkan kekuatan MILP dalam mengintegrasikan berbagai variabel dan kendala untuk menghasilkan solusi optimal.
6. Metode *Ant Colony Optimization* (ACO)
Tedy Rismawan et al. (2020) dan Lutfi et al. (2023) keduanya menggunakan Metode *Ant Colony Optimization* untuk menentukan rute optimal distribusi. Meski sama dalam pendekatan, Tedy Rismawan et al. menemukan rute dengan jarak 21.1 km, sementara Lutfi et al. menemukan rute dengan jarak 26.19 Km. Ini menggambarkan bagaimana penerapan ACO pada konteks yang berbeda dapat menghasilkan solusi yang bervariasi.
7. Metode *Clark And Wright Saving Heuristic*
Yuliani Puji Astuti (2020) menggunakan metode ini untuk menemukan solusi yang menghemat jarak tempuh dan biaya transportasi. Dengan metode ini, ia berhasil mengurangi total jarak tempuh dan biaya transportasi secara signifikan, menegaskan keefektifan metode ini dalam mengurangi biaya.
8. Metode *Vehicle Routing Problem* (VRP)
Granita Haja dan Muhammad Dzulfikar Fauzi (2022) serta Anton Ferdiansyah et al. (2020) memanfaatkan VRP untuk mengoptimalkan rute distribusi. Keduanya berhasil mengidentifikasi pengurangan jarak tempuh, namun dalam konteks yang berbeda, yaitu distribusi pupuk organik dan distribusi barang.
9. Metode *Saving Matrix*
Metode *Saving Matrix* digunakan dalam sejumlah penelitian, seperti oleh Ericson Sitorus et al. (2022), Agus Sanjaya et al. (2019), dan Riza Noviwiyocha et al. (2023). Meskipun semuanya fokus pada penghematan, hasil dan aplikasinya berbeda-beda tergantung pada konteks masalah yang dihadapi.

Penelitian ini juga mengidentifikasi tantangan dan peluang dalam integrasi teknologi baru seperti *Internet of Things* (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) dalam proses optimasi rute. Teknologi ini dapat meningkatkan akurasi dan efektivitas algoritma, namun juga menimbulkan isu terkait privasi data dan keamanan. Pentingnya mempertimbangkan aspek etika dan sosial dalam penggunaan algoritma optimasi rute terutama dalam konteks kendaraan otonom juga menjadi sorotan utama.

Hasil penelitian ini memberikan wawasan mendalam mengenai keunggulan dan kekurangan berbagai metode optimasi rute pengiriman, yang dapat digunakan sebagai acuan dalam memilih metode yang paling sesuai berdasarkan kebutuhan spesifik. Implementasi metode yang tepat berpotensi meningkatkan efisiensi dan produktivitas distribusi, serta mengurangi biaya operasional secara signifikan. Selain itu, integrasi teknologi baru seperti IoT dan AI dalam optimasi rute menawarkan peluang besar untuk peningkatan lebih lanjut, namun juga memerlukan perhatian terhadap aspek privasi dan keamanan data. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengeksplorasi integrasi metode-metode ini dalam skenario pengiriman yang lebih kompleks dan dinamis. Hasil penelitian ini dapat menjadi panduan berharga untuk implementasi praktis dalam bidang logistik dan manajemen rantai pasokan khususnya dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas pengiriman barang.

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini mengeksplorasi berbagai metode optimasi rute pengiriman barang, yang merupakan aspek krusial dalam logistik di era globalisasi dan *e-commerce*. Metode yang dianalisis meliputi Algoritma

Program Dinamis, Algoritma Genetika, *Ant Colony Optimization*, *Differential Evolution*, Dijkstra, *Greedy*, MILP, *Clark and Wright Saving Heuristic*, dan *Vehicle Routing Problem*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap metode memiliki keunikan dan keefektifan yang berbeda tergantung konteks pengiriman. Algoritma Program Dinamis efektif untuk rute terpendek, sementara Algoritma Genetika dan *Ant Colony Optimization* lebih adaptif dalam skenario kompleks. *Differential Evolution* menghemat jarak tempuh secara signifikan, dan Dijkstra lebih efisien daripada *Greedy*. MILP kuat dalam mengintegrasikan berbagai variabel untuk solusi optimal, dan *Clark and Wright Saving Heuristic* mengurangi jarak tempuh dan biaya transportasi secara signifikan. *Vehicle Routing Problem* efektif dalam berbagai konteks distribusi, dan *Saving Matrix* menghemat jarak dan biaya distribusi. Integrasi teknologi IoT dan AI dapat meningkatkan efektivitas optimasi rute, meskipun privasi dan keamanan data tetap menjadi tantangan. Penelitian ini memberikan dasar kuat untuk pemahaman metode optimasi rute dan membuka peluang penelitian serta implementasi praktis di masa depan.

Berdasarkan hasil analisis dan diskusi, beberapa saran penting dapat diberikan. Pertama, pemilihan metode optimasi rute harus disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dan kondisi pengiriman untuk hasil optimal. Kedua, penggunaan teknologi baru seperti IoT dan AI perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan efektivitas, namun aspek privasi dan keamanan data harus diperhatikan. Ketiga, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengeksplorasi integrasi metode ini dalam skenario pengiriman yang lebih kompleks dan dinamis.

Terakhir, hasil penelitian ini dapat menjadi panduan praktis yang berharga dalam bidang logistik dan manajemen rantai pasokan, khususnya untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pengiriman barang.

Daftar Pustaka

- Agnezia, S. V., & Winarno, W. (2022). Penentuan Rute Terpendek Dalam Pengiriman Pallet Kayu Menggunakan Programa Dinamis. *Journal Industrial Servicess*, 7(2), 221-225. Diakses dari: <http://doi.org/10.36055/jiss.v7i2.13911>
- Agustine, D., Hadi, I. H., & Meganingtyas, D. E. W. (2022). Masalah Vehicle Routing Problem pada Pengiriman Barang di Kota Bandung Utara dengan Menggunakan Kluster K-Means dan Algoritma Nearest Neighbor. *JMT: Jurnal Matematika dan Terapan*, 4(2), 1-8. Diakses dari: <https://doi.org/10.21009/jmt.4.2.1>
- Anggraeni, A. D., & Rusindiyanto, R. (2020). Analisa penentuan rute produk pupuk organik dengan menggunakan metode saving matrix pada PT. XYZ Surabaya. *JUMINTEN: Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*, 1(4), 12-23. Diakses dari: <https://juminten.upnjatim.ac.id/index.php/juminten>
- Auliasari, K., Kertaningtyas, M., & Basuki, D. W. L. (2018). Optimalisasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 16(1), 15-23. Diakses dari: <https://eprints.itn.ac.id/8727/>
- Ferdiansyah, A., Sholihah, S. A., Rifni, M., Grets, E. S., Situmorang, J. K., & Oktaviany, I. (2021). Analisis Perencanaan Rute Pengiriman Barang Menggunakan Metode Vehicle Routing Problem (VRP). *Jurnal Sistem Transportasi & Logistik*, 1(1). Diakses dari: <http://doi.org/10.54324/jstl.v1i1.632>
- Gotami, N. S. W., Febrianti, Y. M., Dini, R., Aziz, H. F., & Wijyaningrum, V. N. (2020). Penentuan Rute Pengiriman Ice Tube di Kota Malang dengan Algoritma Genetika. *Jurnal Buana Informatika*, 11(1), 10-16. Diakses dari: <https://doi.org/10.24002/jbi.v11i1.2559>
- Hajar, G., & Fauzi, M. D. (2022). Optimasi Penentuan Rute Pengiriman Dengan Vehicle Routing Problem Simultaneous Delivery And Pickup With Split Load. *Journal of Industrial Engineering and Operation Management (JIEOM)*, 5(1). Diakses dari: <http://doi.org/10.31602/jieom.v5i1.7154>
- Hidayat, A. P., Santosa, S. H., & Siskandar, R. (2021). Penentuan Rute Kendaraan Menggunakan Saving Matrix Terhadap Jasa Pengiriman Barang. *Jurnal Sains Indonesia*, 2(3), 113-117. Diakses dari: <https://doi.org/10.59897/jsi.v2i3.61>
- Hidayat, Y. A., Arendra, M. A., & Rosita, Y. D. (2023). Optimasi Rute Pengiriman Buah Kelapa Di

- Pasar Tradisional Kabupaten Mojokerto Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, 5(2), 289-293. Diakses dari: <https://doi.org/10.51401/jinteks.v5i2.2494>
- Kasih, P. H., & Maulidina, Y. (2023). Penentuan Rute Pengiriman untuk Meminimasi Jarak Tempuh Transportasi menggunakan Metode Saving Matrix. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 9(1), 53-62. Diakses dari: <https://doi.org/10.30656/intech.v9i1.5680>
- Kurnia, A., & Ernawati, D. (2021). Perencanaan Rute Distribusi Yang Optimal Dengan Metode Algoritma Differential Evolution (DE) PT. XYZ. *Juminten*, 2(4), 73-84. Diakses dari: <https://juminten.upnjatim.ac.id/index.php/juminten>
- Lakutu, N. F., Mahmud, S. L., Katili, M. R., & Yahya, N. I. (2023). Algoritma Dijkstra dan Algoritma Greedy Untuk Optimasi Rute Pengiriman Barang Pada Kantor Pos Gorontalo. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, 11(1), 55-65. Diakses dari: <https://doi.org/10.34312/euler.v11i1.18244>
- Martono, S., & Warnars, H. L. H. S. (2020). Penentuan rute pengiriman barang dengan metode Nearest Neighbor. *PETIR: Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika*, 13(1), 522096. Diakses dari: <https://doi.org/10.33322/petir.v13i1.869>
- Novawanda, O., Suharjo, C., & Sentosa, L. (2023). Penentuan Rute Optimal dan Alokasi Kendaraan dalam Pendistribusian Beras di Provinsi Kalimantan Tengah. *INVENTORY: Industrial Vocational E-Journal On Agroindustry*, 4(1), 40-46. Diakses dari: <http://dx.doi.org/10.52759/inventory.v4i1.117>
- Noviwiyocho, R., Matondang, A. R., & Hidayati, J. (2023). Application of Saving Matrix Approach for Minimize Distribution Cost and Route Optimization: A Literature Review. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 25(2), 206-217. Diakses dari: <https://doi.org/10.32734/jsti.v25i2.10401>
- Oktaviani, D. S., & Murnawan, D. H. (2022). Penentuan Rute Distribusi Pengiriman Es Balok Guna Meminimasi Biaya Pengiriman di PT Moya Kasri Wira Jatim. *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC 2022*. Diakses dari: <https://repository.untag-sby.ac.id/id/eprint/17417>
- Ramadhan, G. C., & Rosita, Y. D. (2023). Penentuan Rute Optimal untuk Jasa Pengiriman Barang Menggunakan Algoritma Genetika. *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 5(1), 48-55. Diakses dari: <https://doi.org/10.35746/jtim.v5i1.322>
- Rismawan, T., Mulia, M. R., & Hidayati, R. (2020). Aplikasi Pencarian Rute Optimal Jasa Pengiriman Barang Menggunakan Metode Ant Colony Optimization (Studi Kasus: TIKI Kubu Raya). *CYBERNETICS*, 4(01), 58-70. Diakses dari: <http://dx.doi.org/10.29406/cbn.v4i01.2108>
- Sanjaya, A., Sembiring, A. C., & Budiman, I. (2019). Penentuan Rute Distribusi Pakan Ternak yang Optimal dengan Metode Saving Matrix di PT Indojoya Agrinusa. *In Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)* (Vol. 2, No. 3). <https://doi.org/10.32734/ee.v2i3.780>
- Siraj, M. M., & Astuti, Y. P. (2020). Penentuan Biaya Transportasi Minimum Pada Pemilihan Rute Pengiriman Menggunakan Metode Clark And Wright Saving Heuristic. *MATHUNESA: Jurnal Ilmiah Matematika*, 8(1), 7-16. Diakses dari: <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v8n1.p7-16>
- Sitorus, E. (2022). Upaya Peminimalan Biaya Distribusi Dengan Merencanakan Rute Pengiriman Menggunakan Metode Saving Matrix. *Jurnal Aplikasi Ilmu Teknik Industri (JAPTI)*, 3(2), 10-22. <https://doi.org/10.32585/japti.v3i2.3528>
- Syahr, L., Khoswara, M., & Suseno, S. (2023). Pencarian Rute Optimal Distribusi Melalui Pendekatan Metode Ant Colony Optimization (ACO):(Studi Kasus: Bakpia Pathok 25). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 2(2), 63-71. Diakses dari: <https://doi.org/10.55826/tmit.v2i2.105>
- Turseno, A., & Hernika, N. (2022). Penentuan Rute Distribusi Pengiriman Barang Menggunakan Metode Saving Matrix pada PT Indah Logistik Internasional Express. *LOGISTIK*, 15(02), 175-189. Diakses dari: <https://doi.org/10.21009/logistik.v15i02.28949>
- Yusnindi, S. I. Y. S. I., & Handayani, W. (2022). Pengoptimalan Rute Distribusi Menggunakan Metode Saving Matrix Pada Produk Makanan Beku Cv. Sego Njamoer. *Jurnal E-Bis*, 6(1), 153-170. Diakses dari: <https://doi.org/10.37339/e-bis.v6i1.883>
- Zein, M. N., Wibowo, P., Hidayatullah, I., Pahdian, M. F., Ramadhan, A., Gufron, N. S. A., & Ringo, E. E. S. (2022). Penerapan Program Dinamis Untuk Menentukan Jalur Yang Optimum Dalam Pengiriman Benih Ikan Ceps Aquarium. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 3(1), 34-39. Diakses dari: <https://jim.unindra.ac.id/index.php/baiet/article/view/6526>