



Model Optimasi Distribusi Minimum Biaya Berbasis *Transportation Problem* dan *Shortest Path*

Muhamad Abdul Jumali^{1✉}, Gusti Rizki¹, Moch Bahrul Ulum¹, Yoga Chandra Prianto¹

⁽¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Adi Buana Surabaya, Surabaya

DOI: 10.31004/jutin.v9i1.52517

✉ Corresponding author:

abduljumali@unipasby.ac.id

Article Info	Abstrak
<p>Kata kunci: <i>optimasi distribusi;</i> <i>minimum biaya;</i> <i>transportation problem;</i> <i>shortest path;</i> <i>lead time.</i></p>	<p>Penelitian ini mengembangkan model optimasi distribusi minimum biaya dengan mengintegrasikan <i>Transportation Problem</i> untuk alokasi pengiriman dan <i>Shortest Path</i> untuk penentuan rute jarak minimum. Data jarak, biaya per kilometer, permintaan tujuan, dan kapasitas armada dianalisis secara kuantitatif melalui pemodelan matematis, kemudian dibandingkan dengan pola distribusi manual. Hasil menunjukkan total jarak tempuh menurun dari 110 km menjadi 80 km dan biaya distribusi turun dari Rp880.000 menjadi Rp640.000 per perjalanan. Estimasi <i>lead time</i> pengiriman (kecepatan rata-rata 40 km/jam) berkurang dari 2,75 jam menjadi 2,00 jam. Uji sensitivitas biaya per kilometer (Rp7.000–Rp10.000) menunjukkan persentase efisiensi tetap konsisten sebesar 27,27%, mengindikasikan stabilitas model terhadap fluktuasi biaya. Model ini dapat menjadi dasar pengambilan keputusan distribusi berbasis data untuk meningkatkan efisiensi biaya dan kinerja operasional.</p>
<p>Keywords: <i>distribution optimization;</i> <i>minimum cost;</i> <i>transportation problem;</i> <i>shortest path;</i> <i>lead time.</i></p>	<p>Abstract</p> <p><i>This study develops a minimum-cost distribution optimization model by integrating the Transportation Problem for shipment allocation and the Shortest Path method for minimum-distance routing. Distance, cost per kilometer, demand, and vehicle capacity are quantitatively analyzed using mathematical modeling and then compared with the company's manual distribution pattern. The results show that total travel distance decreases from 110 km to 80 km and distribution cost drops from IDR 880,000 to IDR 640,000 per trip. The estimated delivery lead time (average speed 40 km/h) is reduced from 2.75 hours to 2.00 hours. A cost sensitivity test (IDR 7,000–10,000 per km) indicates a consistent efficiency of 27.27%, suggesting model robustness to cost fluctuations. This model can support data-driven distribution decisions to improve cost efficiency and operational performance.</i></p>

1. PENDAHULUAN

Distribusi menjadi penentu utama biaya logistik karena sebagian besar pengeluaran rantai pasok berada pada aktivitas transportasi dan pengantaran. Perusahaan yang mengandalkan penentuan rute manual sering menghadapi pemborosan jarak tempuh, ketidakakuratan alokasi muatan, serta ketidakpastian waktu tiba yang memicu kenaikan biaya operasional. Dalam banyak operasi distribusi, persoalan biaya tidak hanya dipengaruhi tarif per kilometer, tetapi juga pola rute yang dipilih dan keputusan pembagian pengiriman ke tiap tujuan.

Berbagai studi menunjukkan bahwa perencanaan rute berbasis pengalaman pengemudi dan keputusan operasional harian cenderung menghasilkan utilisasi armada rendah dan rute lebih panjang dibanding rute hasil optimasi. Zabraoui et al. (2025) melaporkan peningkatan utilisasi pada distribusi setelah penerapan algoritma optimasi, yang menandakan ruang perbaikan besar pada sistem yang sebelumnya tidak didukung perhitungan analitis. Olawade et al. (2024) juga menunjukkan pengurangan jarak dan biaya distribusi melalui pendekatan optimasi rute, sehingga menegaskan bahwa keputusan berbasis model dapat menekan pemborosan yang sulit terdeteksi pada metode manual. Temuan lain pada optimasi rute distribusi untuk beragam komoditas memperlihatkan hasil serupa, baik menggunakan pendekatan heuristik maupun pemodelan jaringan, yang berujung pada penurunan jarak dan biaya pengantaran (Jumali, 2018; SADEWA et al., 2024; Sukma, 2023).

Dalam riset operasional, *Transportation Problem* digunakan untuk menentukan alokasi pengiriman dari sumber ke tujuan agar biaya minimum dengan memenuhi batasan permintaan dan kapasitas. *Shortest Path* digunakan untuk memilih lintasan minimum pada jaringan sehingga jarak dan waktu tempuh dapat ditekan. Walau kedua metode sering dipakai secara terpisah, praktik di lapangan menunjukkan persoalan distribusi memerlukan keputusan terintegrasi karena alokasi muatan memengaruhi rute yang realistis ditempuh dan sebaliknya rute memengaruhi biaya total. Pada sisi lain, sebagian penelitian memusatkan perhatian pada *vehicle routing problem* dengan metaheuristik, sementara penggabungan *Transportation Problem* dan *Shortest Path* pada kasus distribusi sederhana sering tidak disajikan dengan prosedur yang replikatif serta metrik evaluasi yang lengkap untuk biaya, jarak, dan *lead time* dalam satu kerangka konsep (Nielsen et al., 2024; Putri et al., 2023).

Kesenjangan riset yang ingin dijawab pada artikel ini terletak pada minimnya studi yang menyajikan model minimum biaya yang menggabungkan keputusan alokasi berbasis *Transportation Problem* dan keputusan rute berbasis *Shortest Path*, lalu mengevaluasi dampaknya secara simultan pada biaya, jarak, dan *lead time* dengan skema analisis yang mudah direplikasi. Banyak naskah hanya menampilkan perbandingan biaya atau jarak tanpa mengaitkan keduanya dengan *lead time*, atau tidak menguji stabilitas hasil ketika biaya per kilometer berubah. Selain itu, kajian yang mengangkat penerapan pemodelan optimasi pada lingkungan industri nasional masih membutuhkan gambaran yang ringkas namun operasional, sehingga dapat diadopsi oleh pelaku logistik yang belum memiliki sistem optimasi.

Berdasarkan gap tersebut, artikel ini menawarkan kebaruan pada tiga aspek. Pertama, artikel menyusun model minimum biaya yang menghubungkan alokasi pengiriman *Transportation Problem* dengan penentuan rute minimum *Shortest Path* dalam satu alur keputusan. Kedua, evaluasi kinerja tidak berhenti pada biaya, tetapi juga memasukkan jarak total dan *lead time* berbasis asumsi kecepatan operasi yang dinyatakan secara eksplisit. Ketiga, artikel menambahkan uji sensitivitas biaya per kilometer untuk menilai konsistensi efisiensi model ketika terjadi perubahan biaya transportasi. Kerangka ini ditujukan sebagai rujukan praktis bagi perusahaan distribusi untuk beralih dari keputusan manual menuju keputusan berbasis model, sekaligus memperkaya literatur optimasi distribusi di Indonesia.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode riset operasional untuk mengoptimalkan sistem distribusi logistik perusahaan. Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan solusi matematis yang objektif dalam menentukan rute dan alokasi distribusi yang paling efisien. Riset operasional efektif digunakan dalam perencanaan distribusi berbasis data karena dapat meningkatkan utilitas armada dan mengurangi pemborosan operasional melalui perhitungan rute optimal berbasis algoritmik (Ali et al., 2024; Erdinç et al., 2019; Silva et al., 2025). Objek penelitian berupa sistem distribusi logistik sebuah perusahaan distribusi yang melayani beberapa titik tujuan (outlet/gudang cabang) dari satu gudang utama. Data yang digunakan terdiri dari data permintaan masing-masing tujuan distribusi (dalam satuan unit/barang), Data kapasitas kendaraan (truk), Data jarak antar lokasi distribusi (km), Data biaya transportasi per km.

Data diperoleh melalui studi lapangan simulatif yang merepresentasikan kondisi nyata perusahaan, serta didukung dengan observasi alur distribusi yang selama ini digunakan. Teknik pengumpulan data meliputi

observasi langsung terhadap pola distribusi eksisting, studi dokumentasi untuk memperoleh data kebutuhan distribusi dan kapasitas armada, simulasi data untuk memodelkan skenario optimasi sebagai pembandingan dengan sistem lama. Model Transportation Problem dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Fungsi Tujuan} : \text{Min} Z = \sum_i \sum_j C_{ij} X_{ij}$$

Dengan kendala

Kapasitas sumber (supply):

$$\sum_j X_{ij} \leq S_i$$

Permintaan tujuan (demand):

$$\sum_i X_{ij} = D_j \quad \forall j$$

Non-negativitas:

$$X_{ij} \geq 0$$

Untuk penentuan rute, digunakan algoritma *Shortest Path* untuk menentukan jarak minimum antara gudang dan titik distribusi. Prosedur penelitian disusun untuk menghasilkan alur kerja yang terstruktur sejak identifikasi persoalan hingga evaluasi model. Tahap pertama adalah mengidentifikasi permasalahan distribusi yang muncul pada sistem pengiriman awal, terutama terkait jarak tempuh, biaya, serta ketepatan waktu. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data yang mencakup jarak antar titik, biaya per kilometer, kapasitas sumber, dan permintaan tiap tujuan. Data ini digunakan dalam penyusunan model matematis yang merepresentasikan kondisi distribusi. *Transportation Problem* digunakan untuk menentukan alokasi pengiriman sesuai kapasitas dan permintaan, sedangkan *Shortest Path* digunakan untuk memperoleh rute dengan jarak minimum. Model yang terbentuk diselesaikan menggunakan metode optimasi untuk menghasilkan alokasi dan rute terbaik. Hasil optimasi dibandingkan dengan metode distribusi awal guna menilai perubahan biaya, jarak tempuh, dan *lead time*. Tahap terakhir adalah evaluasi efektivitas model berdasarkan tingkat penghematan dan stabilitas hasil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada kondisi awal, perusahaan menggunakan metode manual dengan penentuan rute berdasarkan pengalaman sopir dan manajer operasional. Sistem ini menyebabkan penentuan rute yang tidak selalu optimal dan seringkali mengakibatkan jarak tempuh lebih panjang serta biaya transportasi yang tinggi.

Tabel Data Jarak dan Biaya Rute Eksisting (Simulasi)

Tujuan Distribusi	Jarak (km)	Biaya/km (Rp)	Total Biaya (Rp)
A	25	8.000	200.000
B	30	8.000	240.000
C	20	8.000	160.000
D	35	8.000	280.000
Total	110	-	880.000

Dari tabel tersebut terlihat bahwa total jarak tempuh mencapai 110 km dengan total biaya distribusi sebesar Rp880.000 per perjalanan. Setelah dilakukan pemodelan menggunakan Transportation Problem dan Shortest Path, diperoleh rute distribusi alternatif yang lebih efisien. Hasil simulasi menunjukkan adanya penggabungan rute dengan jarak paling minimum dan penyesuaian alokasi barang berdasarkan permintaan aktual.

Tabel Hasil Optimasi Distribusi

Tujuan Distribusi	Jarak Optimal (km)	Biaya/km (Rp)	Total Biaya (Rp)
A	18	8.000	144.000
B	22	8.000	176.000
C	15	8.000	120.000
D	25	8.000	200.000
Total	80	-	640.000

Terjadi penurunan jarak tempuh dari 110 km menjadi 80 km atau terjadi efisiensi sebesar 27,27%. Selain itu biaya transportasi juga turun dari Rp880.000 menjadi Rp640.000, atau mengalami penghematan sebesar Rp240.000 per perjalanan. Hasil ini menunjukkan bahwa metode *transportation problem* dan *shortest path* mampu memberikan solusi yang lebih efisien baik dari sisi jarak maupun biaya. Efisiensi rata-rata mencapai lebih dari 20%, yang secara langsung berdampak pada peningkatan produktivitas armada dan pengurangan beban operasional perusahaan.

Pemodelan yang dilakukan menunjukkan perbedaan yang jelas antara sistem distribusi manual dan sistem berbasis optimasi. Tabel distribusi awal dan hasil optimasi memperlihatkan penurunan total jarak tempuh dari 110 km menjadi 80 km, dengan penurunan biaya distribusi dari Rp880.000 menjadi Rp640.000 per perjalanan. Pengurangan ini dicapai melalui kombinasi alokasi pengiriman berbasis *Transportation Problem* dan pemilihan rute jarak minimum dengan *Shortest Path*. Dengan asumsi kecepatan kendaraan 40 km per jam, jarak yang lebih pendek juga menurunkan waktu tempuh dari 2,75 jam menjadi 2,00 jam. Pola ini sejalan dengan berbagai studi optimasi rute yang melaporkan bahwa keputusan distribusi yang ditopang model matematis mampu menurunkan biaya dan jarak tempuh dibandingkan pendekatan manual yang mengandalkan intuisi dan pengalaman sopir (Ary, 2022; Faiz et al., 2025; Pramudyo & Ramadhani, 2018).

Dari sisi manajerial, hasil ini memiliki implikasi langsung terhadap kinerja perusahaan. Pengurangan biaya distribusi per perjalanan memberikan ruang bagi perusahaan untuk mengalihkan dana ke peningkatan mutu layanan, pemeliharaan armada, atau investasi sistem perencanaan. Waktu distribusi yang lebih singkat dan lebih stabil meningkatkan keandalan jadwal pengiriman sehingga berpotensi menaikkan kepuasan pelanggan. Pemanfaatan armada menjadi lebih seimbang karena alokasi muatan mengikuti kapasitas dan jarak minimum, sehingga rotasi kendaraan dapat direncanakan dengan pola yang lebih teratur. Selain itu, pengurangan jarak tempuh menurunkan konsumsi bahan bakar dan keausan unit kendaraan, yang pada akhirnya mendukung efisiensi energi dan pengelolaan biaya jangka panjang. Manfaat serupa juga ditunjukkan pada berbagai penelitian *Vehicle Routing Problem* dan perencanaan distribusi yang mengadopsi algoritma optimasi untuk menekan biaya dan meningkatkan keandalan layanan (Soenandi et al., 2017; Trisatryo et al., 2021).

Secara ilmiah, hasil penelitian ini menguatkan peran *Transportation Problem* sebagai alat untuk memperoleh alokasi pengiriman minimum biaya pada sistem dengan beberapa tujuan, dan sekaligus menegaskan pentingnya *Shortest Path* agar solusi yang dihasilkan mencerminkan jarak aktual di jaringan distribusi. Integrasi kedua pendekatan membuat keputusan alokasi dan keputusan rute tidak lagi terpisah sehingga kesenjangan antara hasil model dan praktik lapangan dapat diperkecil. Hal ini sejalan dengan kajian yang menggabungkan optimasi alokasi dan rute dalam upaya meningkatkan efisiensi logistik dan pelayanan distribusi (Saputro et al., 2024; Setiani & Lukmandono, 2021). Struktur model yang digunakan dalam penelitian ini tetap sederhana, dengan satu sumber dan beberapa tujuan, namun cukup fleksibel untuk diadaptasi menggunakan data riil perusahaan lain yang memiliki pola distribusi serupa. Dengan pengembangan lebih lanjut, model dapat diperluas ke kasus multi armada, penambahan kendala waktu layanan, atau integrasi dengan sistem informasi geografis, sehingga kontribusinya tidak hanya berhenti pada studi simulatif tetapi juga membuka peluang penerapan praktis pada berbagai lingkungan logistik.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa model optimasi distribusi minimum biaya berbasis *Transportation Problem* dan *Shortest Path* secara kuantitatif mampu meningkatkan kinerja distribusi dibandingkan sistem manual. Hasil pemodelan memperlihatkan penurunan total jarak tempuh dari 110 km menjadi 80 km, sehingga terjadi efisiensi jarak sebesar 27,27 persen. Dampaknya, biaya distribusi per perjalanan berkurang dari Rp880.000 menjadi Rp640.000 atau terjadi penghematan Rp240.000 setiap kali pengiriman. Dengan asumsi kecepatan rata-rata 40 km per jam, waktu tempuh atau lead time juga turun dari 2,75 jam menjadi 2,00 jam, sehingga penghematan waktu mencapai 0,75 jam per perjalanan. Analisis sensitivitas biaya transportasi pada rentang Rp7.000 sampai Rp10.000 per kilometer menunjukkan bahwa persentase efisiensi tetap konstan sebesar 27,27 persen, yang menandakan stabilitas model terhadap fluktuasi biaya. Secara keseluruhan, model yang dikembangkan layak diadopsi sebagai dasar pengambilan keputusan distribusi berbasis data untuk menekan biaya dan memperbaiki kinerja operasional.

5. REFERENSI

- Ali, B. et al. (2024). Internet of Things-Assisted Vehicle Route Optimization for Municipal Solid Waste Collection. In *Applied Sciences* (Vol. 14, Issue 1, p. 287). <https://doi.org/10.3390/app14010287>
- Ary, M. (2022). Optimasi Vehicle Routing Problem Pada Rute Pendistribusian Menggunakan Metode Ant Colony Optimization. *Jurnal Tekno Insentif*, 16(2), 139–149.
- Erdinç, O. et al. (2019). Route optimization of an electric garbage truck fleet for sustainable environmental and energy management. *Journal of Cleaner Production*, 234, 1275–1286. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.295>

- Faiz, A. N. et al. (2025). Optimasi Rute Pendistribusian Barang untuk Minimasi Jarak Tempuh dan Biaya Transportasi dengan Metode Nearest Insert. *Integrasi Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 10(2).
- Jumali, M. A. (2018). OPTIMIZATION TO MINIMIZING DISTANCE CARS OF FIRE EXPORTER IN INDUSTRIAL REGION SIER SURABAYA. *Tibuana*, 1(1), 61–68.
- Nielsen, P. et al. (2024). A Systematic Review of Vehicle Routing Problems and Models in Multi-Echelon Distribution Networks. *Supply Chain Analytics*, 7, 100072. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2024.100072>
- Olawade, D. B. et al. (2024). Smart waste management: A paradigm shift enabled by artificial intelligence. *Waste Management Bulletin*, 2(2), 244–263. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.05.001>
- Pramudyo, C. S., & Ramadhani, S. D. R. (2018). *Optimasi Rute Distribusi Beras Bantuan Pangan Non Tunai di PERUM*. Putri, N. L. P. et al. (2023). Optimizing Company Performance Through Industrial Coordinator Training: A Practical Needs Assessment. *Tibuana: Journal of Applied Industrial Engineering*, 6(2 SE-Article), 104–108. <https://doi.org/10.36456/tibuana.6.2.7665.104-108>
- SADEWA, R. I. et al. (2024). *Optimasi Distribusi Biaya Transportasi pada PT Saprotan Utama Nusantara Menggunakan Model Transportasi*. Universitas Sahid Surakarta.
- Saputro, R. A. T. et al. (2024). Optimasi Rute Distribusi Unggas Berbasis Network Analysis-GIS Menggunakan CVRPTW. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 10(1).
- Setiani, A., & Lukmandono. (2021). Optimasi Rute Distribusi Obat untuk Meminimalkan Biaya Transportasi dengan Menggunakan Metode Saving Matrix. *Jurnal SNTEKPAN ITATS Surabaya*.
- Silva, A. et al. (2025). Hybrid Fleet Optimization for Waste Collection: Addressing Urban Constraints Using OR-Tools. *SN Computer Science*, 6(5), 482. <https://doi.org/10.1007/s42979-025-04018-w>
- Soenandi, I. A. et al. (2017). Optimasi Vehicle Routing Problem (VRP) dengan Pendekatan Metaheuristik. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*.
- Sukma, A. R. (2023). *OPTIMASI BIAYA TRANSPORTASI BIJIH NIKEL LATERIT MENGGUNAKAN METODE LEAST COST DAN MODIFIED DISTRIBUTION= OPTIMATION OF LATERITE NICKEL ORE TRANSPORTATION COST USING LEAST COST AND MODIFIED DISTRIBUTION METHOD*. Universitas Hasanuddin.
- Trisatryo, A. et al. (2021). Perancangan Vehicle Routing Problem Pick-Up and Delivery Menggunakan Algoritma Nearest Neighbor. *E-Proceeding of Engineering*.
- Zabraoui, O. et al. (2025). A comparative study of multi-algorithm optimization for inventory analytics in supply chains. *Supply Chain Analytics*, 12, 100154. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sca.2025.100154>