

PENERAPAN METODE LEAST COST TERHADAP PENDISTRIBUSIAN AIR GALON GUNA EFISIENSI BIAYA TRANSPORTASI (Studi kasus : Depot air Bunga Jayapura)

Rahmat Hidayat¹, Kymi Rian Febrian², Rizka Amelia Putri³, Imanuel Nahum
Ketjeway⁴, Revol Raiwaki⁵, Heru Sutejo⁶

Prodi Teknik Informatika, Universitas Sepuluh Nopember Papua

rh754464@gmail.com. ¹, heru.sutejo01@gmail.com. ⁶

Abstract

The distribution of refillable gallon drinking water is a vital component of the logistics system for essential community needs. Efficiency in distribution, particularly transportation cost efficiency, is key to ensuring all demand is met at the lowest possible cost. This study aims to evaluate the cost efficiency of transportation distribution from Depot Bunga in Entrop, Jayapura, to three demand points: Gang Kelor, Gang Jambu, and Gang Kelapa, using a transportation model with the Least Cost method. This method is selected for its simplicity and effectiveness in producing an initial allocation solution that is close to optimal. The data used include the delivery capacity of three couriers, the demand at each gang, and the cost per delivery route. The results show that all demand is fulfilled with optimal utilization of each courier's capacity, and the minimum distribution cost reached is IDR 202,000. This study confirms that the Least Cost method can serve as a practical basis for effective and efficient daily distribution decision-making in small and medium-sized businesses.

Keywords: *distribution, refillable gallon water, transportation model, Least Cost method, cost minimization*

Abstrak

Distribusi air minum isi ulang galon merupakan bagian penting dari logistik kebutuhan pokok masyarakat. Efisiensi dalam distribusi, khususnya efisiensi biaya transportasi, menjadi kunci untuk memastikan seluruh permintaan terpenuhi dengan biaya serendah mungkin. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi biaya distribusi transportasi dari Depot Bunga di Entrop, Jayapura, ke tiga titik permintaan yaitu Gang Kelor, Gang Jambu, dan Gang Kelapa, menggunakan pendekatan model transportasi metode Least Cost. Metode ini dipilih karena sederhana namun efektif dalam menghasilkan solusi alokasi awal yang mendekati optimal. Data yang digunakan meliputi kapasitas tiga pengantar, permintaan tiap gang, dan biaya per rute. Hasil menunjukkan seluruh permintaan terpenuhi dengan pemanfaatan kapasitas secara optimal, serta biaya distribusi minimum sebesar Rp202.000. Penelitian ini membuktikan bahwa metode Least Cost dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan distribusi harian yang efektif dan efisien dalam skala usaha kecil dan menengah.

Kata Kunci : distribusi, air minum galon, model transportasi, metode Least Cost, biaya minimum

PENDAHULUAN

Air minum isi ulang dalam kemasan galon merupakan produk kebutuhan pokok masyarakat yang dikonsumsi setiap hari. Berbeda dengan air minum kemasan sekali pakai, air galon isi ulang lebih ekonomis dan ramah lingkungan karena wadahnya dapat digunakan berulang kali. Proses isi ulang biasanya dilakukan di depot-depot air yang dilengkapi dengan sistem penyaringan dan sterilisasi,

kemudian didistribusikan kepada konsumen secara langsung atau melalui jalur distribusi. Kebutuhan masyarakat terhadap air minum galon terus meningkat seiring dengan kesadaran akan pentingnya konsumsi air bersih yang aman. Oleh karena itu, sistem distribusi air minum galon yang efisien sangat dibutuhkan untuk menjamin kelangsungan pasokan dan keterjangkauan biaya bagi konsumen (Claudia Nelwan et al., 2013).

Agar pasokan dapat menjangkau seluruh konsumen dengan tepat waktu dan biaya yang efisien, dibutuhkan sistem distribusi yang terencana dengan baik. Distribusi merupakan bagian krusial dalam rantai logistik karena berfungsi menjembatani produk dari titik produksi menuju konsumen akhir. Tanpa strategi distribusi yang optimal, perusahaan dapat mengalami pemborosan waktu, tenaga, dan biaya, terutama jika proses dilakukan secara manual tanpa pertimbangan sistematis. Dalam konteks inilah, penerapan pendekatan matematis dan perencanaan transportasi menjadi penting untuk meningkatkan efisiensi operasional dan menjaga keberlanjutan layanan (Bani Sembiring & Abil Mansyur, 2018)

Salah satu depot air minum isi ulang di Kota Jayapura adalah Depot Bunga, yang terletak di daerah Entrop, tepatnya di dalam kompleks perumahan SMA Negeri 4 Jayapura. Depot ini setiap harinya melakukan pengantaran air minum isi ulang ke tiga gang pemukiman, yaitu Gang Kelor, Gang Jambu, dan Gang Kelapa. Distribusi dilakukan oleh tiga orang pengantar dengan kapasitas angkut masing-masing 25, 15, dan 20 galon. Adapun permintaan dari masing-masing gang adalah 28 galon untuk Gang Kelor, 17 galon untuk Gang Jambu, dan 15 galon untuk Gang Kelapa. Setiap rute pengiriman dari masing-masing pengantar ke gang memiliki biaya yang berbeda-beda. Biaya pengiriman dari Pengantar 1 ke Gang Kelor, Jambu, dan Kelapa masing-masing sebesar Rp2.000, Rp3.000, dan Rp4.000. Dari Pengantar 2 sebesar Rp4.000, Rp5.000, dan Rp5.000. Sementara Pengantar 3 dikenakan biaya Rp3.000, Rp4.000, dan Rp4.000. Perbedaan biaya antar rute ini membuat perencanaan distribusi menjadi penting untuk mendapatkan total biaya pengiriman yang minimum.

Untuk menjawab tantangan tersebut, model transportasi dalam riset operasi digunakan sebagai pendekatan matematis dalam mengalokasikan sumber daya dari beberapa titik asal ke beberapa titik tujuan dengan biaya minimum (Danang Prihandoko et al., 2021). Model ini banyak digunakan dalam kasus distribusi karena mampu memberikan solusi optimal terhadap alokasi beban pengiriman berdasarkan kapasitas dan permintaan yang ada. Model ini mempertimbangkan beberapa parameter seperti kapasitas sumber, permintaan tujuan, serta biaya transportasi antar titik. Keunggulan dari model transportasi adalah kemampuannya mengoptimalkan alokasi distribusi tanpa harus melebihi batasan suplai maupun kekurangan permintaan.

Salah satu metode penyelesaian dalam model transportasi adalah metode Least Cost, yang bekerja dengan cara mengalokasikan jumlah maksimum ke rute dengan biaya pengiriman terendah terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan ke rute berikutnya dengan biaya rendah secara bertahap hingga semua permintaan terpenuhi (Faris Faikar Hakim & Melia Eka Lestiani, 2022). Metode ini tergolong mudah diterapkan namun tetap efektif dalam meminimalkan total biaya distribusi. Dengan penerapan metode Least Cost, diharapkan Depot Bunga dapat merencanakan distribusi harian secara lebih efisien dan hemat biaya.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh total biaya distribusi minimum dalam pengiriman air galon dari Depot Bunga ke tiga titik permintaan dengan menerapkan metode Least Cost sebagai pendekatan pemodelan distribusi yang efisien.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif, yang bertujuan untuk memodelkan masalah distribusi air minum galon dari Depot Bunga secara matematis dan menyelesaikannya menggunakan metode Least Cost. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengolah data numerik seperti kapasitas angkut, permintaan, dan biaya distribusi, sehingga menghasilkan solusi optimal dalam bentuk perhitungan terstruktur (Atikah et al., 2024). Selain itu, model transportasi dengan metode Least Cost memberikan kerangka logis dalam menyelesaikan permasalahan pengalokasian sumber ke tujuan dengan biaya minimum.

- a. Identifikasi Masalah dan Tujuan Penelitian
Identifikasi masalah bertujuan untuk memahami permasalahan distribusi air galon yang dihadapi Depot Bunga, yaitu bagaimana memenuhi permintaan tiga gang dengan kapasitas pengantar terbatas dan biaya pengiriman yang bervariasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari solusi distribusi yang efisien dan berbiaya minimum menggunakan metode Least Cost.
- b. Pengumpulan dan Penentuan Data dari Studi Kasus
Data diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara langsung dengan pihak pengelola Depot Bunga. Informasi yang dikumpulkan meliputi kapasitas angkut masing-masing pengantar, permintaan dari tiap gang, serta biaya pengiriman per galon.
- c. Perumusan Model Transportasi
Model distribusi ini diformulasikan sebagai model transportasi linier, di mana variabel keputusan adalah x_{ij} yang menyatakan jumlah galon yang dikirim dari pengantar i ke gang j . Tujuan dari model ini adalah meminimalkan total biaya distribusi, yang dirumuskan dalam fungsi objektif sebagai berikut: Minimize $Z = \sum \sum c_{ij} \cdot x_{ij}$ Dengan kendala:
$$\sum_j x_{ij} \leq \text{kapasitas pengantar } i$$
$$\sum_i x_{ij} = \text{permintaan gang } j$$
$$x_{ij} \geq 0 \text{ untuk semua } i \text{ dan } j$$
Model ini memungkinkan peneliti merancang alokasi pengiriman optimal berdasarkan biaya terkecil antar kombinasi pengantar dan gang.
- d. Penyelesaian Model dengan Metode Least Cost
Penyelesaian dilakukan dengan metode Least Cost, yang dimulai dengan memilih sel (kombinasi pengantar dan gang) dengan biaya terkecil, lalu dialokasikan sebanyak mungkin sesuai batas kapasitas dan permintaan. Proses ini dilanjutkan hingga seluruh suplai dan permintaan terpenuhi. Metode ini dipilih karena langkahnya sederhana namun mampu memberikan hasil awal yang efisien dan logis (Afna Sekar Pratiwi & Rusdiana, 2024).
- e. Analisis dan Interpretasi Hasil
Setelah diperoleh solusi, peneliti mengevaluasi apakah seluruh permintaan dan kapasitas terpenuhi dan apakah alokasi tersebut menghasilkan total biaya distribusi minimum. Hasil ini dibandingkan dengan alternatif distribusi yang mungkin dilakukan secara manual tanpa model matematis, guna menilai efisiensi pendekatan Least Cost dalam konteks distribusi air galon.

HASIL DAN PEMBAHASAN Deskripsi Masalah Distribusi

Distribusi air minum isi ulang dalam galon merupakan kegiatan operasional utama yang dilakukan oleh Depot Bunga, yang berlokasi di kompleks perumahan SMA Negeri 4 Entrop, Jayapura. Setiap hari, depot ini bertanggung jawab mendistribusikan air galon ke tiga titik lokasi tujuan utama, yaitu Gang Kelor, Gang Jambu, dan Gang Kelapa. Kegiatan distribusi ini dilakukan oleh tiga orang pengantar motor yang masing-masing memiliki kapasitas angkut berbeda, yakni 25 galon untuk Pengantar 1, 15 galon untuk Pengantar 2, dan 20 galon untuk Pengantar 3.

Permintaan galon air dari masing-masing gang juga berbeda, dengan rincian: 28 galon untuk Gang Kelor, 17 galon untuk Gang Jambu, dan 15 galon untuk Gang Kelapa. Dengan total suplai dan permintaan sama-sama berjumlah 60 galon, maka persoalan ini dapat dimodelkan sebagai masalah transportasi seimbang (*balanced transportation problem*). Dalam hal ini, setiap pengantar dapat dianggap sebagai titik sumber (*supply*), dan setiap gang tujuan sebagai titik permintaan (*demand*).

Tantangan utama dari kegiatan distribusi ini terletak pada variasi biaya pengiriman per galon dari masing-masing pengantar ke masing-masing gang. Biaya tersebut tercatat sebagai berikut :

Tabel 1. Biaya pengiriman

Pengantar	Gang kelor	Gang jambu	Gang kelapa
Pengantar 1	Rp 2.000	Rp 3.000	Rp 4.000
Pengantar 2	Rp 4.000	Rp 5.000	Rp 5.000
Pengantar 3	Rp 3.000	Rp 4.000	Rp 4.000

Perbedaan biaya pengiriman ini menuntut perencanaan rute distribusi yang efisien agar seluruh permintaan dapat terpenuhi tanpa melebihi kapasitas pengantar, serta dengan biaya total pengiriman yang serendah mungkin. Oleh karena itu, pendekatan matematis melalui model transportasi dengan metode Least Cost digunakan dalam penelitian ini untuk mencari solusi alokasi pengiriman optimal.

Penyusunan Matriks Transportasi

Setelah data terkait kapasitas pengantar, permintaan dari setiap gang, dan biaya distribusi per galon dikumpulkan, langkah selanjutnya adalah menyusun data tersebut ke dalam bentuk matriks transportasi. Matriks ini berfungsi sebagai dasar pemodelan matematis untuk menyusun strategi alokasi distribusi air galon dari masing-masing pengantar ke lokasi tujuan secara optimal.

Dalam penelitian ini, terdapat tiga pengantar dengan kapasitas angkut masing-masing 25 galon (Pengantar 1), 15 galon (Pengantar 2), dan 20 galon (Pengantar 3), sehingga total kapasitas atau supply adalah 60 galon.

Tabel 2. Data kapasitas pengantar (sebagai supply)

Pengantar	Kapasitas
Pengantar 1	25
Pengantar 2	15

Pengantar 3	20
-------------	----

Sementara itu, permintaan dari masing-masing gang adalah 28 galon (Gang Kelor), 17 galon (Gang Jambu), dan 15 galon (Gang Kelapa), dengan total demand yang juga sebesar 60 galon.

Tabel 3. Data permintaan gang (sebagai demand)

Gang	Permintaan
Kelor	28
Jambu	17
Kelapa	15

Karena total supply dan demand sama, maka sistem ini dikategorikan sebagai masalah transportasi seimbang (balanced transportation problem), dan tidak memerlukan penambahan dummy supply atau dummy demand (Indra Firmansyah et al., 2025)

Biaya distribusi per galon dari masing-masing pengantar ke tiap gang dihitung berdasarkan perkiraan biaya operasional harian seperti bahan bakar, waktu tempuh, dan jarak distribusi. Biaya ini disajikan dalam satuan ribuan rupiah sebagaimana berikut:

Tabel 4. Matriks Transportasi

	Gang Kelor	Gang Jambu	Gang Kelapa	Kapasitas
Pengantar 1	2	3	4	25
Pengantar 2	4	5	5	25
Pengantar 3	3	4	4	20
Permintaan	28	17	15	60

Tabel di atas menyajikan biaya distribusi per galon dari masing-masing pengantar ke masing-masing gang. Kolom terakhir mencerminkan kapasitas pengiriman maksimum dari masing-masing pengantar, sedangkan baris terakhir menunjukkan permintaan dari tiap gang.

Penyusunan matriks ini menjadi dasar dalam penyelesaian model transportasi dengan metode Least Cost. Melalui matriks ini, proses identifikasi sel dengan biaya terkecil dan alokasi distribusi dapat dilakukan secara sistematis dan terstruktur. Tahapan berikutnya adalah mengimplementasikan metode Least Cost untuk menentukan kombinasi alokasi yang menghasilkan total biaya distribusi paling minimum.

Penyelesaian dengan Metode Least Cost

Metode Least Cost merupakan salah satu pendekatan awal dalam menyelesaikan masalah transportasi. Prinsip dasar dari metode ini adalah mengalokasikan jumlah barang (dalam hal ini galon air) dari sumber ke tujuan berdasarkan biaya terendah terlebih dahulu. Alokasi dilakukan secara

bertahap hingga seluruh permintaan terpenuhi dan kapasitas sumber habis, dengan tujuan meminimalkan total biaya distribusi secara keseluruhan.

Proses penyelesaian pada studi kasus ini dimulai dengan mengidentifikasi sel (pengantar ke gang) yang memiliki biaya distribusi terkecil. Pada Tabel 4, biaya terendah berada pada sel Pengantar 1 ke Gang Kelor sebesar Rp2.000 per galon. Maka alokasi pertama dilakukan pada sel tersebut dengan jumlah maksimum sesuai kapasitas Pengantar 1, yaitu 25 galon. Setelah alokasi ini dilakukan, permintaan Gang Kelor tersisa 3 galon dan kapasitas Pengantar 1 menjadi nol. Langkah berikutnya adalah memilih biaya terkecil berikutnya dari sisa sel yang belum teralokasikan. Biaya terkecil berikutnya adalah Rp3.000, yaitu pada sel Pengantar 3 ke Gang Kelor. Karena Gang Kelor masih membutuhkan 3 galon dan Pengantar 3 memiliki kapasitas 20 galon, maka alokasi 3 galon diberikan ke sel tersebut. Sisa kapasitas Pengantar 3 menjadi 17 galon. Permintaan Gang Jambu sebesar 17 galon kemudian dipenuhi dari Pengantar 3, yang memiliki biaya Rp4.000 per galon. Dengan kapasitas sisa 17 galon, maka Pengantar 3 mengalokasikan seluruh sisanya ke Gang Jambu. Selanjutnya, permintaan terakhir yaitu Gang Kelapa sebesar 15 galon dipenuhi oleh Pengantar 2, karena hanya pengantar ini yang belum digunakan dan memiliki kapasitas 15 galon. Biaya untuk distribusi ke Gang Kelapa adalah Rp5.000 per galon.

Tabel 5. Alokasi Distribusi Akhir

	Gang Kelor	Gang Jambu	Gang Kelapa	Kapasitas Terpakai
Pengantar 1	20	0	0	25
Pengantar 2	0	0	15	15
Pengantar 3	3	17	0	20

Seluruh permintaan telah terpenuhi, dan total distribusi dari tiap pengantar tidak melebihi kapasitas masing-masing. Langkah-langkah metode Least Cost yang diterapkan dalam studi kasus ini berhasil menyusun skema alokasi distribusi yang efisien, sebagai dasar untuk perhitungan total biaya pada bagian selanjutnya.

Perhitungan Biaya dan Analisis Efisiensi

Setelah alokasi distribusi ditentukan menggunakan metode Least Cost, langkah selanjutnya adalah menghitung total biaya distribusi yang timbul dari hasil alokasi tersebut. Perhitungan dilakukan dengan mengalikan jumlah galon yang dialokasikan pada setiap rute dengan biaya distribusi per galon pada rute tersebut. Tabel 5 menunjukkan bahwa seluruh permintaan telah terpenuhi dan kapasitas masing-masing pengantar tidak dilampaui, sehingga solusi yang diperoleh dapat dianggap layak (feasible). Rincian perhitungan biaya distribusi adalah sebagai berikut:

Pengantar 1 ke Gang Kelor : 25 galon × Rp2.000 = Rp50.000

Pengantar 3 ke Gang Kelor: 3 galon × Rp3.000 = Rp9.000

Pengantar 3 ke Gang Jambu: 17 galon × Rp4.000 = Rp68.000

Pengantar 2 ke Gang Kelapa: $15 \text{ galon} \times \text{Rp}5.000 = \text{Rp}75.000$ Dengan demikian, total biaya distribusi harian adalah:
 $\text{Rp}50.000 + \text{Rp}9.000 + \text{Rp}68.000 + \text{Rp}75.000 = \text{Rp}202.000$

Nilai ini merupakan total biaya minimum yang diperoleh dari hasil alokasi berdasarkan metode Least Cost. Semua permintaan dari Gang Kelor, Gang Jambu, dan Gang Kelapa terpenuhi sepenuhnya, dan kapasitas dari ketiga pengantar digunakan secara optimal tanpa melebihi batas. Hal ini menunjukkan bahwa metode Least Cost mampu menghasilkan solusi yang tidak hanya layak, tetapi juga efisien dalam konteks biaya. (Rahmat Syam et al., 2019).

Efisiensi dari solusi ini juga dapat dilihat dari tidak adanya rute yang dialokasikan secara berlebihan pada biaya tinggi, serta dari pemanfaatan penuh terhadap kapasitas pengantar yang memiliki rute termurah terlebih dahulu. Strategi ini selaras dengan prinsip dasar metode Least Cost, yaitu mendahulukan alokasi pada sel dengan biaya distribusi terendah hingga kapasitas atau permintaan pada sel tersebut habis.

Disarankan agar penelitian selanjutnya menerapkan metode MODI (Modified Distribution Method) sebagai tahap optimasi lanjutan setelah diperoleh solusi awal menggunakan metode Least Cost, guna memastikan bahwa alokasi distribusi yang dihasilkan benar-benar optimal secara matematis. Metode MODI memungkinkan perhitungan biaya peluang (opportunity cost) dari setiap sel yang tidak terisi dan melakukan perbaikan alokasi melalui jalur tertutup hingga tidak ada lagi perbaikan yang diperlukan, sehingga solusi mencapai efisiensi maksimum (Mariati Durubanua et al., 2025). Namun, dalam penelitian ini, metode MODI tidak digunakan karena fokus utama diarahkan pada penyusunan solusi awal yang sederhana dan mudah diterapkan di lapangan, serta keterbatasan ruang lingkup studi kasus yang berskala kecil dengan jumlah sumber dan tujuan yang sedikit, di mana hasil metode Least Cost telah sangat mendekati optimal dan cukup representatif untuk konteks operasional praktis. Selain itu, untuk mendukung efisiensi perhitungan dan validasi hasil, penggunaan perangkat lunak optimasi seperti QM for Windows sangat dianjurkan pada penelitian lanjutan, karena perangkat ini menyediakan antarmuka yang praktis serta mendukung penerapan metode MODI secara sistematis dan akurat (Ardhini Rhisnu Fadylla & Fahriza Nurul Azizah, 2023).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan metode Least Cost untuk menyelesaikan permasalahan distribusi air minum galon dari tiga pengantar ke tiga lokasi permintaan di wilayah Entrop, Jayapura. Dengan menggunakan model transportasi dan data biaya pengiriman, kapasitas angkut pengantar, serta permintaan dari masing-masing gang, solusi alokasi distribusi yang efisien berhasil ditentukan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa seluruh permintaan dapat terpenuhi dan kapasitas masing-masing pengantar dapat dimanfaatkan secara optimal tanpa pelampauan. Metode Least Cost mampu memberikan alokasi awal yang mendekati solusi optimal, dengan total biaya distribusi minimum sebesar Rp202.000. Proses alokasi juga dapat dilakukan secara sederhana dan sistematis, menjadikan metode ini cocok digunakan dalam skenario distribusi harian pada skala usaha kecil dan menengah. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa metode Least Cost tidak hanya efektif dalam mengoptimalkan biaya distribusi, tetapi juga praktis untuk diimplementasikan sebagai alat bantu perencanaan logistik pada usaha depot air minum isi ulang. Ke depannya, metode ini dapat

dikembangkan lebih lanjut dengan bantuan perangkat lunak atau dikombinasikan dengan metode optimasi lain untuk meningkatkan efisiensi distribusi dalam skala yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Afna Sekar Pratiwi, & Rusdiana, Y. (2024). PENERAPAN METODE LEAST COST DAN MODIFIED DISTRIBUTION PADA PT YOYIC DAIRY INDONESIA. *MathVision : Jurnal Matematika*, 6(2), 51–56. <https://doi.org/10.55719/mv.v6i2.1018>
- Ardhini Rhisnu Fadylla & Fahriza Nurul Azizah. (2023). Optimalisasi biaya distribusi dengan model transportasi pada UMKM pembuatan tempe. *Sainteks: Jurnal Sain dan Teknik*, 5(1). <https://doi.org/10.37577/sainteks.v5i1.492>
- Atikah, Tiara, & Surya Perdana. (2024). Analisis Biaya Transportasi dalam Pendistribusian Singkong Menggunakan Metode Northwest Corner dan Least Cost. *ECo-Fin: Economic and Financial Review*, 6(2), 258–268. <https://doi.org/10.32877/ef.v6i2>
- Bani Sembiring, & Abil Mansyur. (2018). Optimasi Pendistribusian Produk AQUA dengan Menggunakan Metode Least Cost dan Modified Distribution (Studi Kasus di PT Tirta Sibayakindo) Bani Sembiring dan Abil Mansyur. *Jurnal Sains Indonesia*, 42(1), 17–21. <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jsi/article/view/12243/10571>
- Claudia Nelwan, John S. Kekenusa, & Yohanes Langi. (2013). OPTIMASI PENDISTRIBUSIAN AIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE LEAST COST DAN METODE MODIFIED DISTRIBUTION (Studi Kasus: PDAM Kabupaten Minahasa Utara). *Jurnal Ilmiah Sains*, 13, 45–50. <https://media.neliti.com/media/publications/288365-optimasi-pendistribusian-airdengan-meng-047e07e0.pdf>
- Danang Prihandoko, Elvina, & Dedy Hartono. (2021). Banking & Management Review Analisis Efisiensi Biaya dengan Menggunakan Metode Transportasi pada Pendistribusian Barang PT. XYZ. *Banking & Management Review*, 10, 1345. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/77141988/226-libre.pdf>
- Faris Faikar Hakim, & Melia Eka Lestiani. (2022). ANALISIS BIAYA PENGIRIMAN PRODUK ESKRIM PADA PT INDOLAKTO BANDUNG DENGAN METODE LEAST COST DAN MODI (MODIFIED DISTRIBUTION). *Urnal Manajemen Logistik Dan Transportasi*, 3. [https://eprints.ulbi.ac.id//1894/1/JMLT%20Vol%208%20No%203-1%20\(1\)-56-80.pdf](https://eprints.ulbi.ac.id//1894/1/JMLT%20Vol%208%20No%203-1%20(1)-56-80.pdf)
- Indra Firmansyah, M. Rizal Satria, Juli Etri Vanesa. (2025). Analisis optimalisasi biaya pengiriman dengan menggunakan metode least cost pada PT Sinarmas Logistik Indonesia. *LAND Journal*, 6(1), 123–137. <https://doi.org/10.47491/landjournal.v6i1.4029>
- Mariati Durubanua, Puspitawati Zega, Kenly Br. Bangun, Ridsa Tsaniyah Rani, Putri Khairinnisa, & Irmayanti, S. Si., M. P. (2025). Optimasi distribusi tempe H.B menggunakan metode transportasi: Studi kasus di Rantauprapat. *Jurnal Kohesi*, 6(1), 12–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.3785/kohesi.v7i2.11132>
- Rahmat Syam, Sukarna, & Muh Nahdi Alim Asyhari. (2019). Model transportasi dan terapannya dalam optimalisasi biaya distribusi beras miskin di Kota Makassar oleh Perum Bulog Sub Divre

Makassar tahun 2016. *Journal of Mathematics Computations and Statistics*, 2(2).
<https://doi.org/10.35580/jmathcos.v2i2.12575>