

Minimizing the Shipping Costs for Soes Cakes by Sari Asih SME Using the Transportation Method

MINIMASI BIAYA PENGIRIMAN KUE SOES UKM SARI ASIH DENGAN METODE TRANSPORTASI

Hafiza Aprilia^{1*)}, Sarastya Dewi²⁾, Siti Nur Hamidah³⁾

- 1) Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Jl. Limo Raya, Limo, Kec. Limo, Kota Depok, Jawa Barat 16514
Email: hafizaapriliah@upnvj.ac.id
- 2) Program Studi Teknik Industri, Universitas Telkom Jl. Telekomunikasi. 1, Terusan Buah batu, Bojongsoang, Jawa Barat 40257
Email: RST.sipolab@gmail.com
- 3) Program Studi Rekayasa Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sehati Indonesia Jl. Raya Kosambi, Pancawati, Kec. Klari, Karawang, Jawa Barat 41371
Email: siti.nurhamidah@usindo.ac.id

Abstract: *The increasing number of workers in Indonesia that is not proportional to the availability of formal employment opportunities has encouraged many individuals to establish Small and Medium Enterprises (SMEs). However, SMEs often face operational management limitations, particularly those with multiple branches spread across various locations, which leads to the risk of high shipping costs and supply imbalances. This study focuses on Sari Asih, an SME producing cream puffs with several production facilities serving different marketing areas. By applying the Transportation Method from operations research, the study successfully identified an optimal shipping cost minimization of IDR 48,750. These findings demonstrate that a quantitative approach can provide practical and efficient solutions to support distribution management and enhance the competitiveness of SMEs in Indonesia.*

Keywords: *Cost Minimization, Operations Research, Transportation*

Abstrak: Meningkatnya jumlah angkatan kerja di Indonesia yang tidak sebanding dengan ketersediaan lapangan pekerjaan formal telah mendorong banyak individu untuk mendirikan Usaha Kecil dan Menengah (UKM). Namun, UKM sering menghadapi keterbatasan dalam manajemen operasional, terutama bagi usaha dengan beberapa cabang yang tersebar di berbagai lokasi, sehingga risiko tingginya biaya pengiriman dan ketidakseimbangan pasokan produk sulit dihindari. Penelitian ini berfokus pada UKM Sari Asih, produsen kue soes dengan beberapa fasilitas produksi yang melayani berbagai daerah pemasaran, dan dengan penerapan Metode Transportasi dari penelitian operasional berhasil ditemukan solusi minimasi biaya pengiriman optimal sebesar Rp 48.750. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan kuantitatif mampu memberikan solusi praktis dan efisien dalam mendukung pengelolaan distribusi serta peningkatan daya saing UKM di Indonesia.

Kata Kunci: Minimasi Biaya, Operasional Riset, Transportasi.

DOI: <https://doi.org/10.37577/sainteks.v7i02.896>

Received: 07, 2025. Accepted: 08, 2025.

Published: 09, 2025

PENDAHULUAN

Berdasarkan laporan dari BEKRAF ada 16 sektor industri kreatif dimana sub industri kuliner atau UMKM kuliner yang salah satunya mengalami pertumbuhan dan perkembangan yang terus meningkat dan konstan dari tahun 2015 – 2018 (BEKRAF, 2019). Selain terus meningkatnya minat dalam industri kuliner UMKM juga mengalami kekurangan terhadap proses pengembangannya di antaranya pada bagian pemasaran dan distribusi produk atau kemasannya, hal ini disebabkan salah satunya karena kesulitan mencari pembiayaan, juga kurangnya mengakses informasi. Maka perlunya strategi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Usaha Kecil Menengah (UKM) Sari Asih merupakan Usaha Kecil Menengah (UKM) ini memproduksi jajanan kue soes. Usaha Kecil Menengah (UKM) Sari Asih memiliki beberapa tempat produksi kue soes di tempat yang berbeda dan setiap tempat produksi ini harus mengirimkan kue soes ke beberapa tempat pemasaran. Maka dari itu akan membahas mengenai permasalahan minimasi biaya pengiriman Usaha Kecil Menengah (UKM) Sari Asih ke tempat pemasaran produknya. Dalam proses pengiriman kue soes ke berbagai tempat tentunya membutuhkan biaya transportasi yang tidak sedikit jumlahnya.

Sehingga untuk meminimalkan biaya distribusi perlu dilakukan perencanaan yang baik dan matang agar biaya yang dikeluarkan seefisien mungkin dan tidak mengeluarkan biaya yang cukup besar (Bhagya, 2021). Besarnya biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan menjadi salah satu bagian masalah perusahaan dalam proses pendistribusian. Maka dalam penyelesaiannya salah satu metode yang dapat digunakan untuk distribusi yang efisien dengan biaya minimum, studi penelitian operasional menggunakan *metode transportasi* adalah pilihan yang tepat.

Riset Operasi atau Penelitian Operasional menurut (Morse & Kimball, 2003) “Riset operasi adalah suatu metode ilmiah yang memungkinkan para manajer mengambil keputusan mengenai kegiatan ditangani secara kuantitatif mengenai operasi di bawah kendali mereka. Metode Transportasi adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah transportasi atau pengiriman barang atau bahan dari beberapa sumber ke beberapa tempat tujuan dengan prinsip biaya paling minimum (H & Mamay, 2021). Sasarannya dengan mencari pola pendistribusian dan banyaknya barang yang diangkut dari masing-masing sumber ke masing-masing tujuan yang meminimalkan ongkos angkut secara keseluruhan, dengan kendala-kendala yang ada (Ali, 2013). Oleh karena itu, dari beberapa paparan yang telah dijelaskan dimuat *state of the art* dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 1. State of the art penelitian

Peneliti & Tahun	Metode yang Digunakan	Keterbatasan
Ardhyani (2017)	Metode Transportasi (NWC)	NWC hanya solusi awal, tidak selalu optimal.
Dwi Praba & Safitri (2024)	NWC + Optimasi	Hanya membahas pendekatan awal, belum aplikatif di UMKM kuliner.

Peneliti & Tahun	Metode yang Digunakan	Keterbatasan
Atikah, Tiara, & Perdana (2024)	North West Corner (NWC)	Masih terbatas pada contoh kasus sederhana, belum membahas konteks nyata bisnis.
Firdaus, Wijoyo, & Prasetyo (2023)	NWC sebagai langkah feasible awal	Belum difokuskan pada sektor UMKM; lebih umum pada kasus logistik.
Penelitian ini (UKM Sari Asih)	Metode Transportasi (Optimasi distribusi)	Fokus terbatas pada satu studi kasus (UKM Sari Asih), namun memberi gambaran nyata pada UMKM.

Distribusi ini dilakukan sedemikian rupa sehingga permintaan dari beberapa tempat tujuan dapat dipenuhi dari beberapa tempat asal (sumber), yang masing-masing dapat memiliki permintaan atau kapasitas yang berbeda (Ardhyani, 2017). Alokasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan biaya pengangkutan yang bervariasi karena jarak dan kondisi antar lokasi yang berbeda. Pendistribusian barang dari satu tempat ke tempat lain, membutuhkan alat bantu berupa transportasi yang dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu transportasi darat, transportasi laut, dan transportasi udara. Banyaknya transaksi yang ada pada lingkungan bisnis, membuat pelaku bisnis menilai menggunakan metode transportasi agar barang yang dijual kepada pelanggan dapat bersaing dengan pelaku bisnis lainnya (Chandra, 2016). Pendekatan dengan menggunakan metode transportasi, dapat diperoleh suatu alokasi distribusi barang yang dapat meminimalkan biaya total transportasi. Oleh karena itu, metode transportasi sangat berguna bagi perusahaan dalam pendistribusian barang agar lebih efektif (Nugraha et al., 2019).

Berdasarkan penelitian dari (Ardhyani, 2017) menjelaskan bahwa dengan menggunakan metode transportasi dapat meminimalkan biaya, untuk solusi awal menggunakan metode pojok kiri atas pojok kanan bawah atau NWC (*North West Corner Method*), dengan menggunakan metode tersebut peneliti dapat menghasilkan ongkos terkecil dengan biaya hasil optimal. Namun, meskipun mudah digunakan, NWC tidak selalu memberikan solusi optimal karena hanya memperhitungkan elemen tertentu dalam tabel. Walaupun demikian, metode ini bermanfaat sebagai langkah awal dalam menyelesaikan masalah alokasi, karena mempercepat proses perhitungan dan memungkinkan penggunaan metode optimasi lanjutan memperbaiki solusi yang dihasilkannya (Dwi Praba & Safitri, 2024).

Berdasarkan (Atikah et al., 2024) merupakan metode yang lebih mudah dan cepat dalam mengatur alokasi dari beberapa sumber ke beberapa daerah tertentu, ada beberapa aturan metode *North West Corner* yaitu: terlebih dahulu menghabiskan jumlah persediaan disetiap baris sebelum pindah ke baris berikutnya yang terletak di bagian bawahnya, setelah semua terpenuhi disetiap kolom sebelum selanjutnya beranjak menuju kolom yang terletak disebelah kanannya, dilakukan pengecekan agar semua persediaan dan permintaan memiliki jumlah yang sesuai. Berdasarkan (Firdaus et al., 2023) dalam optimalisasi pendistribusian barang untuk merencanakan pengalokasian yang tepat dan efisien pada perancangan aplikasi ini diawali dengan nilai fisible awal dengan NWC (Firdaus et al., 2023)

Metode ini dirancang untuk menyelesaikan masalah pengiriman barang dari beberapa sumber ke berbagai tujuan dengan biaya serendah mungkin. Karena sejauh ini, biaya

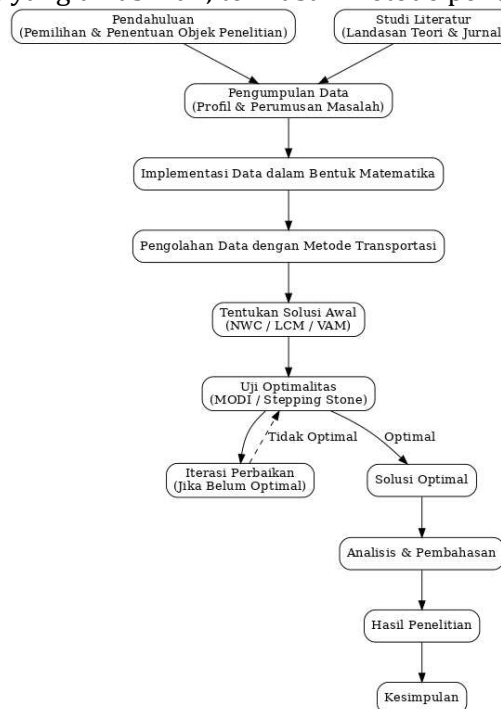
transportasi yang dikeluarkan UKM Sari Asih untuk mendistribusikan kue soes ke berbagai tempat pemasaran masih cukup besar dan menjadi salah satu kendala utama dalam operasional. Oleh karena itu, penelitian ini membahas upaya minimasi biaya pengiriman agar distribusi produk dapat berjalan lebih efisien dan tidak membebani perusahaan. Tujuan utamanya adalah menemukan pola distribusi dan jumlah barang yang dikirim dari setiap sumber ke setiap tujuan, sambil tetap meminimalkan total biaya transportasi sesuai dengan kendala-kendala yang ada (Ali et al., 2013).

METODOLOGI

Metodologi penelitian menguraikan seluruh kegiatan yang dilaksanakan selama kegiatan penelitian berlangsung.

Langkah-langkah yang dilalui dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- **Identifikasi Sumber Data dan Proses Pengumpulan Data:**
Dalam penelitian ini, penulis mengadakan wawancara langsung dengan pemilik UKM Sari Asih melalui sesi tanya jawab. Wawancara ini dilakukan untuk memperoleh informasi terkait alur produksi kue Soes yang dihasilkan, termasuk metode penelitian yang digunakan.



Gambar 1. Metode Penelitian

Langkah-Langkah Secara Rinci Untuk Memenuhi Tujuan

1. Metodologi penelitian menguraikan seluruh kegiatan yang dilaksanakan selama kegiatan penelitian berlangsung. Langkah-langkah yang dilalui dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

2. Penentuan Kebutuhan Data Waktu dan Lokasi Penelitian: Penelitian ini dilakukan pada tanggal 20 November 2023 di UKM Sari Asih, yang bertempat di Komplek TNI Lanud Sulaiman Kopo.
3. Identifikasi Sumber Data dan Prosedur Pengumpulan Data Pada penelitian penulis melakukan wawancara dengan pemilik UKM Sari Asih, penulis melakukan sesi tanya jawab. Proses wawancara dilakukan untuk mendapatkan informasi berupa data kue Soes tersebut mengenai aliran produksi dari produk yang dibuat.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan dan Pengolahan Data Awal Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diketahui terdapat tiga jenis pengiriman barang dari tiga cabang. Tiga pengiriman barang di antaranya: Pasar Kordon Bandung, Pasar Dayeuhkolot dan Pasar Segar Taman Kopo. Alur pengiriman produk dari setiap cabang ke tempat tujuan tergambar sebagai berikut. Dilakukan verifikasi dan validasi data untuk memastikan keakuratan hasil penelitian, dilakukan langkah-langkah berikut:

1. Verifikasi Data mengenai jumlah produksi, permintaan pasar, serta biaya transportasi diperiksa ulang dengan dokumen internal UKM Sari Asih (seperti nota biaya, laporan distribusi, dan catatan produksi) agar konsisten dengan kondisi nyata.
2. Validasi Model mengenai hasil perhitungan metode transportasi dibandingkan dengan pola distribusi aktual yang selama ini dilakukan. Jika hasil model menunjukkan biaya lebih rendah sekaligus tetap memenuhi permintaan di setiap pasar, maka model dapat dinyatakan valid.
3. Konfirmasi dengan Pihak UKM mengenai Solusi distribusi dan total biaya yang dihasilkan model didiskusikan kembali dengan pimpinan UKM Sari Asih untuk menilai kesesuaian dengan praktik operasional sehari-hari. Berikut ini merupakan data-data yang diperoleh dari hasil wawancara dengan pimpinan UKM Sari Asih:

- 1) Data jumlah ketersediaan kue soes di setiap cabang.

Tabel 2. Data Jumlah Ketersediaan Kue Soes

Cabang	Ketersediaan
Kopo	200
Cijagra	160
Moh.Toha	215

2) Data jumlah permintaan kue soes dari setiap tujuan pengiriman.

Tabel 3. Data Jumlah Permintaan Kue Soes

Cabang	Permintaan
Pasar Kordon	150
Pasar Dayeuhkolot	150
Pasar Segar Taman Kopo	165

3) Data biaya pengiriman per biji kue soes ke setiap tujuan pengiriman dari setiap cabang (harga dalam Rupiah). Dari semua data yang diperoleh, maka data-data tersebut dapat digabungkan dalam satu tabel sebagai berikut:

Secara umum, model permasalahan transportasi dapat digambarkan dalam suatu tabel yang menunjukkan sisi penawaran (asal) dan sisi permintaan (tujuan), kapasitas penawaran dan jumlah permintaan, serta biaya transportasi dari masing- masing sumber ke masing-masing tujuan, sebagaimana tabel berikut (Bazaraa et al., 2010)]:

Tabel 4. Transportasi

Sumber	Tujuan			Kapasitas
	1	2	3	
1	C11	C12	C13	a1
	X11	X12	X13	
2	C21	C22	C23	a2
	X21	X22	X23	
3	C31	C32	C33	a3
	X31	X32	X33	
Kebutuhan	b1	b2	b3	

Formasi Model Transportasi :

1. Fungsi tujuan (Z) : mewakili total biaya transportasi untuk tiap rute
2. Tiga batasan I : mewakili Supply
3. Tiga batasan II : mewakili Demand

Dalam bentuk matematika, permasalahan transportasi dapat dirumuskan sebagai berikut (Winston, 2004) :

Fungsi tujuan :

Meminimumkan

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Dengan batasan

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = a_1 \quad (2)$$

Untuk $i = 1, 2, \dots, m$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = b_i \quad (3)$$

Untuk $j = 1, 2, \dots, n$

$$X_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

Untuk semua i dan j

Dimana :

Z = biaya total transportasi

X_{ij} = jumlah barang yang harus diangkut dari i ke j

Model Matematika

Maka dapat dituliskan model matematikanya sebagai berikut :

• Fungsi tujuan : Meminimasi biaya pengiriman kue soes ke setiap tujuan

$$\text{Minimasi } Z = 120 X_{11} + 125 X_{12} + 100 X_{13} + 0 X_{14} + 100 X_{21} + 120 X_{22} + 140 X_{23} + 0 X_{24} + 105 X_{31} + 115 X_{32} + 125 X_{33} + 0 X_{34}$$

• Variabel keputusan :

X_{11} = Jumlah kue soes yang dialokasikan dari Kopo ke Pasar Kordon

X_{12} = Jumlah kue soes yang dialokasikan dari Kopo ke Pasar Dayeuhkolot

X_{13} = Jumlah kue soes yang dialokasikan dari Kopo ke Pasar Segar Taman Kopo

X_{14} = Jumlah kue soes yang dialokasikan dari Kopo ke tujuan fiktif

X_{21} = Jumlah kue soes yang dialokasikan dari Cijagra ke Pasar Kordon

X_{22} = Jumlah kue soes yang dialokasikan dari Cijagra ke Pasar Dayeuhkolot

X_{23} = Jumlah kue soes yang dialokasikan dari Cijagra ke Pasar Segar Taman Kopo

X_{24} = Jumlah kue soes yang dialokasikan dari Cijagra ke tujuan fiktif

X_{31} = Jumlah kue soes yang dialokasikan dari Moh.Toha ke Pasar Kordon

X_{32} = Jumlah kue soes yang dialokasikan dari Moh.Toha ke Pasar Dayeuhkolot

X_{33} = Jumlah kue soes yang dialokasikan dari Moh.Toha ke Pasar Segar Taman Kopo

X_{34} = Jumlah kue soes yang dialokasikan dari Moh.Toha ke tujuan fiktif

• Pembatas/fungsi kendala : Berdasarkan ketersediaan kue soes :

$$120 X_{11} + 125 X_{12} + 100 X_{13} + 0 X_{14} \leq 200$$

$$100 X_{21} + 120 X_{22} + 140 X_{23} + 0 X_{24} \leq 160$$

$$105 X_{31} + 115 X_{32} + 125 X_{33} + 0 X_{34} \leq 215$$

Berdasarkan jumlah permintaan kue soes :

$$120 X_{11} + 100 X_{21} + 105 X_{31} \leq 150$$

$$125 X_{12} + 120 X_{22} + 115 X_{32} \leq 150$$

$$100 X_{13} + 140 X_{23} + 125 X_{33} \leq 165$$

$$X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{31}, X_{32}, X_{33}, X_{34} \geq 0 \quad (\text{non negative})$$

Analisis Sensitivitas

➤ Perhitungan Solusi Basis Layak Awal Dengan Metode *North West Corner*

Metode *North West Corner* merupakan lokasi yang menjadi lokasi awal pendistribusian produk yang dimulai dari sel kiri atas tabel dan secara sistematis mengalokasikan unit ke rute pengiriman (Sipil et al., 2024). Metode ini cocok untuk mengatur alokasi dari beberapa sumber ke

beberapa tujuan tertentu. Beberapa aturan dalam metode North West Corner adalah sebagai berikut:

1. Prioritaskan menghabiskan persediaan pada setiap baris sebelum melanjutkan ke baris berikutnya di bawahnya.
2. Setelah memenuhi semua baris, lanjutkan ke kolom di sebelah kanan.
3. Lakukan pengecekan untuk memastikan jumlah persediaan dan permintaan sesuai. Dalam perancangan aplikasi ini, optimalisasi pendistribusian barang direncanakan menggunakan metode NWC sebagai langkah awal, dengan menentukan nilai awal yang layak (feasible initial solution). Pada tabel pengerjaan metode North West Corner, kolom-kolom yang kosong menunjukkan area yang tidak dialokasikan karena jumlah persediaan atau permintaan sudah terpenuhi di alokasi sebelumnya.

Tabel 5. Solusi Layak Awal *North West Corner*

Tujuan Cabang	Pasar Kordon	Pasar Dayeuhkolot	Pasar Segar Taman Kopo	Dummy	Jumlah Ketersediaan
Kopo	120 150	125 50	100	0	200
Cijagra	100	120 100	140 60	0	160
Moh. Toha	105	115	125 105	0 110	215
Jumlah Permintaan	150	150	165	110	

Biaya transportasi = 150 (120) + 50 (125) + 100 (120) + 60 (140) + 105 (125) + 110 (0) = Rp 57.775,00

➤ **Perhitungan Solusi Optimum Dengan Metode Stepping Stone dan Solusi Awal North West Corner**

Metode *Stepping Stone* adalah metode yang digunakan untuk mencari alokasi produksi yang optimal dengan pendekatan *trial and error* (coba-coba). Meskipun dilakukan dengan cara ini, ada syarat yang harus dipenuhi, yaitu memastikan pengurangan biaya per unit lebih besar dibandingkan penambahan biaya per unitnya (Sinaga, 2023). Metode ini dianggap cukup efektif untuk menghitung biaya transportasi, khususnya dalam distribusi bahan baku ke pemasok (Hutahaean et al., 2023) [14]. Metode *Stepping Stone* juga sering digunakan dalam penelitian sebelumnya sebagai solusi optimal untuk mencapai hasil minimum. Metode ini melengkapi solusi

awal dari metode North West Corner dan Russel Approximation yang belum sepenuhnya menghasilkan hasil yang benar-benar minimum (Andriani & Cipta, 2023).

Langkah awal untuk mencari solusi optimal dengan metode *Stepping Stone* dimulai dengan memilih kotak kosong (kotak yang tidak dialokasikan). Kemudian, jalur tertutup yang kembali ke kotak awal ditelusuri melalui kotak-kotak yang sudah terisi, dengan gerakan yang hanya diizinkan secara vertikal dan horizontal. Selanjutnya, tanda "+" (plus) diberikan pada kotak kosong, diikuti secara bergantian dengan tanda "+" dan "-" (minus) pada setiap kotak di jalur tertutup tersebut (Arsi et al., 2022).

Kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai *improvement index* untuk setiap kolom yang telah dibuatkan jalur tertutupnya.

- Kolom C_{13}
Jalur tertutup : Nilai *Improvement Index*: $100-140+120-125 = -45$
- Kolom C_{14}
Jalur tertutup : Nilai *Improvement Index*: $0-0+125-140+120-125 = 20$
- Kolom C_{21}
Jalur tertutup : Nilai *Improvement Index*: $100-120+125-120 = -15$
- Kolom C_{24}
Jalur tertutup : Nilai *Improvement Index*: $0-0+125-140 = -15$
- Kolom C_{31}
Jalur tertutup : Nilai *Improvement Index*: $105-120+125-120+140-125 = 5$
- Kolom C_{32}
Jalur tertutup : Nilai *Improvement Index*: $115-120+140-125 = 10$

Setelah mendapatkan hasil *improvement index* dari masing-masing kolom yang tidak mendapatkan alokasi, maka masih terdapat *improvement index* yang bernilai negatif, sedangkan untuk kasus minimasi seharusnya nilai *improvement index* harus positif atau nol. Maka dari itu harus dilakukan perbaikan, dimana perbaikan ini dilakukan dengan membuat jalur pada kolom yang memiliki nilai *improvement index* paling negatif yaitu kolom C_{13} dimana memiliki nilai *improvement index* paling negatif yaitu -45. Di bawah ini merupakan jalur tertutup yang dibuat untuk perbaikan kolom C_{13} :

Dari jalur tertutup di atas perhatikan kolom-kolom yang mendapatkan tanda minus, kemudian pilih yang memiliki nilai alokasi terkecil. Dari kolom di atas maka, kolom-kolom yang mendapatkan tanda minus masing-masing memiliki alokasi sebesar 50 dan 60. Maka pilih alokasi terkecil untuk dialokasikan ke kolom-kolom lainnya yaitu 50. Nilai 50 ini dimasukkan ke setiap kolom dengan menambahkan alokasi sebesar 50 ke kolom yang mendapat nilai (+) dan mengurangi alokasi sebesar 50 ke kolom yang mendapat nilai (-). Maka didapatkanlah solusi layak yang baru sebagai berikut salah satunya:

Biaya transportasi : $150(120)+50(100)+150(120)+10(140)+105(125)+11+0(0) = \text{Rp } 55.525$
Tetapi untuk memastikan apakah solusi sudah layak atau belum, kita harus mengecek kembali nilai *improvement index* dari masing-masing kolom yang belum mendapatkan alokasi. Jika ternyata nilai *improvement index* masih terdapat nilai negatif maka harus dibuatkan jalur

perbaiki kembali seperti yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut ini merupakan pengujian *improvement index* untuk kolom-kolom yang belum mendapat alokasi :

- Kolom C_{12}
Jalur tertutup : Nilai *Improvement Index*: $125-120+140-100 = 45$
- Kolom C_{14}
Jalur tertutup : Nilai *Improvement Index*: $0-0+125-100 = 25$
- Kolom C_{21}
Jalur tertutup : Nilai *Improvement Index*: $100-120+100-140 = -60$
- Kolom C_{24}
Jalur tertutup : Nilai *Improvement Index*: $0-0+125-140 = -15$
- Kolom C_{31}
Jalur tertutup : Nilai *Improvement Index*: $105-125+100-120 = -40$
- Kolom C_{32}
Jalur tertutup : Nilai *Improvement Index*: $115-120+140-125 = 10$

Karena masih terdapat nilai *improvement index* yang negatif maka harus dilakukan perbaikan kembali pada kolom C_{21} dimana kolom ini memiliki nilai *improvement index* paling negatif yaitu -60. Berikut ini merupakan jalur perbaikan untuk kolom C_{21} . Dari kolom di atas perhatikan kembali kolom yang mendapatkan nilai negatif, kemudian lihat alokasi terkecil dari kolom-kolom yang memiliki nilai negatif yaitu 10 dan 75. Karena 65 merupakan nilai yang terkecil maka kita pilih 10 untuk dialokasikan ke kolom-kolom lainnya dengan menambahkan alokasi sebesar 10 ke kolom yang mendapatkan nilai positif dan mengurangi sebesar 10 ke kolom yang mendapat nilai negatif. Maka diperoleh solusi layak yang baru yaitu :

Tabel 6. Solusi Layak Baru

Tujuan Cabang	Pasar Kordon	Pasar Dayeuhkolot	Pasar Segar Taman Kopo	Dummy
Kopo	120	125	100	0
			165	35
Cijagra	100	120	140	0
	150			10
Moh. Toha	105	115	125	0
		150		65

Biaya Transportasi :

$$165(100) + 35(0) + 150(100) + 10(0) + 150(115) + 65(0) = \text{Rp } 48.750,00.$$

Untuk memastikan kembali apakah solusi diatas sudah layak atau belum maka dilakukan pengujian *improvement index* kembali. Berikut ini merupakan pengujian *improvement index* untuk solusi di atas :

Tabel 7. Pengujian *Improvement Index* kolom C11

Tujuan Cabang	Pasar Kordon	Pasar Dayeuhkolot	Pasar Segar Taman Kopo	Dummy
Kopo	120	125	100	0
Cijagra	100	120	140	0
Moh. Toha	105	115	125	0
	150		65	

- Kolom C11 Jalur tertutup :
- Nilai *Improvement Index* : $120-100+0-0=20$
- Kolom C₂₂ Jalur tertutup:

Tabel 8. Pengujian *Improvement Index* kolom C22

Tujuan Cabang	Pasar Kordon	Pasar Dayeuhkolot	Pasar Segar Taman Kopo	Dummy
Kopo	120	125	100	0
Cijagra	100	120	140	0
Moh. Toha	105	115	125	0
	150	150	65	

- Nilai *Improvement Index* : $120-115+0-0 = 5$
- Kolom C₂₃ Jalur tertutup :

Tabel 9. Pengujian *Improvement Indeks* kolom C23

Tujuan Cabang	Pasar Kordon	Pasar Dayeuhkolot	Pasar Segar Taman Kopo	Dummy
Kopo	120	125	100	0
Cijagra	100	120	140	0
Moh. Toha	105	115	125	0
	150	150	65	

- Nilai *Improvement Index* : $140-0+0-100 = 40$
- Kolom C₃₁
- Jalur tertutup :

Tabel 10. Pengujian *Improvement Index* kolom C31

Tujuan	Pasar Kordon	Pasar Dayeuhkolot	Pasar Segar Taman Kopo	Dummy
Cabang				
Kopo	120	125	100	0
			165	35
Cijagra	100	120	140	0
	150			10
Moh. Toha	105	115	125	0
				65
		150		

Nilai *Improvement Index* : $105-0+0-100=5$

- Kolom C₃₃

Jalur tertutup :

Tabel 11. Pengujian *Improvement Index* kolom C33

Tujuan	Pasar Kordon	Pasar Dayeuhkolot	Pasar Segar Taman Kopo	Dummy
Cabang				
Kopo	120	125	100	0
			165	35
Cijagra	100	120	140	0
	150			10
Moh. Toha	105	115	125	0
				65
		150		

Nilai *improvement Index* : $125-100+0-0 = 25$

Setelah dilakukan pengecekan terhadap *improvement index* pada setiap kolom yang tidak mendapatkan alokasi, diperoleh hasil bahwa semua nilai *improvement index* bernilai positif. Hal ini menunjukkan bahwa solusi yang diperoleh sudah layak dan optimum. Biaya transportasi optimal yang dihasilkan sebesar Rp 48.750,00. Jika dibandingkan dengan kondisi awal sebelum optimasi, di mana biaya distribusi aktual yang dikeluarkan mencapai Rp 65.000,00, maka metode transportasi ini mampu memberikan penghematan biaya sebesar Rp 16.250,00. Dengan demikian, penerapan metode ini terbukti efektif dalam meminimalkan biaya distribusi pada UKM Sari Asih.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode transportasi merupakan cara yang efektif dan efisien untuk mengatur distribusi produk yang sama dari berbagai sumber ke sejumlah tujuan secara optimal. Distribusi ini dilakukan sedemikian rupa sehingga kebutuhan di setiap tujuan dapat

terpenuhi oleh sumber yang memiliki kapasitas atau permintaan yang berbeda-beda. Proses alokasi mempertimbangkan variasi biaya pengangkutan yang dipengaruhi oleh jarak dan kondisi antar lokasi. Dengan metode transportasi, alokasi distribusi barang dapat diatur sehingga total biaya transportasi diminimalkan. Dalam kasus ini, untuk meminimalkan biaya pengiriman Kue Soes di UKM Sari Asih, digunakan metode solusi optimum dengan *Metode Stepping Stone* dan *Metode Solusi Basis Layak Awal North West Corner*. Setelah dilakukan pengecekan terhadap indeks perbaikan (*improvement index*) pada kolom-kolom yang tidak mendapatkan alokasi, ditemukan bahwa semua indeks bernilai positif, yang menandakan solusi sudah layak dan optimal. Total biaya transportasi yang dikeluarkan adalah sebesar Rp 48.750,00.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, N. P. H. (2013). Aplikasi Metode Stepping-Stone Untuk Optimasi Perencanaan Biaya Pada Suatu Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pemeliharaan Ruas Jalan Di Senduk, Tinoor, Dan Ratahan). *Jurnal Sipil Statistik*, 1(8), 571-578.
- Ali, N. P. H., Tarore, H., Walangitan, D. R. O., & Sibi, M. (2013). Aplikasi Metode Stepping-Stone Untuk Optimasi Perancangan Biaya Pada Suatu Proyek Kontruksi. *Jurnal Sipil Statistik*, 1(8), 571-578.
- Andriani, P., & Cipta, H. (2023). Optimasi Biaya Distribusi Kusen Pintu Menggunakan Model Transportasi Northwest Corner Method, Russel Approximation Method, dan Stepping Stone. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 7(1), 58. <https://doi.org/10.30865/mib.v7i1.5224>
- Ardhyani, I. W. (2017). MENGOPTIMALKAN BIAYA DISTRIBUSI PAKAN TERNAK DENGAN MENGGUNAKAN METODE TRANSPORTASI (Studi Kasus di PT. X Krian). *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1(2), 95. <https://doi.org/10.51804/tesj.v1i2.128.95-100>
- Arsi, F., Syafei, D., & Silviyani, S. (2022). Optimization of Product Distribution Cost Furniture UD.SJ using Stepping Stone Method. *Journal of Engineering Science and Technology Management (JES-TM)*, 2(1), 39-44. <https://doi.org/10.31004/jestm.v2i1.27>
- Atikah, A., Tiara, T., & Perdana, S. (2024). Analisis Biaya Transportasi dalam Pendistribusian Singkong Menggunakan Metode Northwest Corner dan Least Cost. *ECo-Fin*, 6(2), 258-268. <https://doi.org/10.32877/ef.v6i2.1303>
- Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2010). Linear Programming And Network Flows. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1).
- BEKRAF. (2019). *BEKRAF Badan Ekonomi Kreatif Indonesia*.
- Bhagya, T. G. (2021). Algoritma Genetik Pada Penjadwalan Transportasi Kapal Laut (Studi Kasus PT. Pelni). *JOURNAL OF INDUSTRIAL AND MANUFACTURE ENGINEERING*, 5(2). <https://doi.org/10.31289/jime.v5i2.5952>
- Chandra, T. (2016). Penerapan Algoritma North West Corner Dalam Penyelesaian Masalah Transportasi. *Jurnal TIMES*, 5(1), 12-16. <https://doi.org/10.51351/jtm.5.1.2016393>
- Dwi Praba, A., & Safitri, M. (2024). *Optimasi Distribusi Produk Pertanian dengan Metode North-West Corner* 1. 13(1), 80-87.
- Firdaus, I. C., Wijoyo, A., & Prasetyo, S. M. (2023). Pengoptimalan Distribusi Barang Menggunakan Metode North West Corner NWC Dan Stepping Stone Berbasis Web. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Pendidikan*, 1(4), 1006-1018.
- H, T., & Mamay, K. (2021). *Riset Operasi Penyelesaian Model Transportasi dengan Cara Manual dan Software*.
- Hutahaean, J., Ramdhan, W., & Rahma Dhini, P. (2023). KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Optimasi Biaya Pendistribusian Tempe Dengan Menggunakan Metode

- Stepping Stone Berbasis Android. *Media Online*, 3(6), 887–892. <https://doi.org/10.30865/klik.v3i6>.
- Morse, P. M., & Kimball, G. E. (2003). *Methods of OPERATIONAL RESEARCH*. Dover Publication.
- Nugraha, E., Sari, R. M., Industri, T., Bandung, U. M., Industri, T., & Widyatama, U. (2019). Efektivitas Biaya Pengiriman Menggunakan Metode Transportasi. *Competitive*, 14(2), 21–26.
- Sinaga, R. (2023). Penerapan Metode Stepping Stone Untuk Transportasi Pengiriman Barang. *Journal Global Technology Computer*, 2(2), 54–60. <https://doi.org/10.47065/jogtc.v2i2.3339>
- Sipil, M. P., Sains, F., Sariputra, U., & Tomohon, I. (2024). ANALISIS PERBANDINGAN METODE NORTH WEST CORNER DAN LEAST COST DENGAN PENGUJIAN. 04(01), 25–34.
- Winston, W. L. (2004). Operations Research Applications and Algorithms. In *Mathematics in Science and Engineering* (Vol. 73, Issue C). <https://doi.org/0-534-38058-1>