

Optimasi Biaya Distribusi Produk Makanan Menggunakan Metode Transportasi

Muhammad Yafi Ulayya¹, Nysa Aprilia Pratiwi Putri Cahyani², Violeta Ayu Ramanda³,
Bintang Yanditya Cahya⁴, Siti Rochana⁵

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹yafiulayya625@gmail.com, ²nysaaprilia24@gmail.com, ³viiramanda3@gmail.com,

⁴arbaiz66@gmail.com, ⁵sitirochana@unpkediri.ac.id

Abstrak – Penelitian ini menerapkan algoritma transportasi untuk meminimalkan biaya distribusi produk makanan melalui perancangan sistem komputasi berbasis studi kasus. Data yang digunakan mencakup persediaan distributor, permintaan toko, dan biaya pengiriman antar lokasi. Sistem dirancang untuk mengimplementasikan metode *North West Corner (NWC)*, *Least Cost (LC)*, *Vogel's Approximation Method (VAM)*, dan *Stepping Stone* dalam menghitung alokasi distribusi secara otomatis. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan efisiensi masing-masing metode dalam menghasilkan biaya distribusi yang minimum, serta mendukung pengambilan keputusan. Hasil menunjukkan bahwa metode *LC* dan *VAM* menghasilkan biaya terendah sebesar Rp15.400.000, lebih efisien dibandingkan metode *NWC* yang menghasilkan biaya sebesar Rp15.800.000. Uji optimalitas dengan metode *Stepping Stone* mengonfirmasi bahwa solusi *LC* dan *VAM* telah optimal. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sistem pendukung keputusan distribusi yang efektif, akurat, dan aplikatif dalam bidang Teknik Informatika dan manajemen logistik.

Kata Kunci — perancangan sistem, metode transportasi, optimasi biaya, distribusi, Least Cost

1. PENDAHULUAN

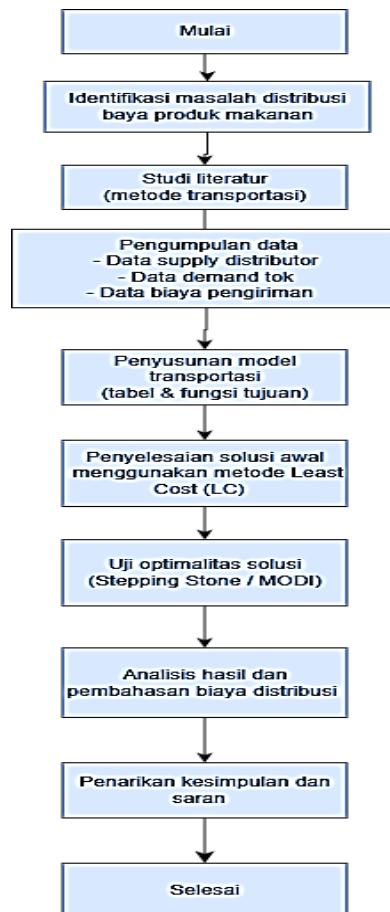
Kegiatan distribusi memegang peranan yang sangat strategis dalam sistem rantai pasok karena berfungsi mengalirkan produk dari produsen menuju ke konsumen. Kurangnya efisiensi dalam proses distribusi berpotensi menimbulkan kenaikan biaya operasional yang bisa berakibat langsung dengan penurunan tingkat keuntungan perusahaan. Oleh karena itu, dibutuhkan metode transportasi agar mampu mengelola dan menahan biaya distribusi secara terukur[9]. Metode transportasi dalam pemrograman linier merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk tujuan tersebut. Metode ini membahas cara pendistribusian suatu produk dari distributor ke tujuan[1]. Pendekatan ini umum digunakan di dunia industri, logistik, dan perdagangan[10]. Dalam penelitian ini menerapkan beberapa metode transportasi untuk mencari biaya minimum dengan cara yang pertama *North West Corner (NWC)* merupakan metode yang paling mudah tetapi hasilnya belum tentu optimal dimulai dari pojok kiri atas dilanjutkan dengan memilih baris atau kolom terdekat[2], yang kedua *Least Cost (LC)* atau biasa disebut biaya terendah yang cara kerjanya memilih biaya pengiriman terendah sampai ke tertinggi[3], yang ketiga *Vogel's Approximation Method (VAM)* merupakan metode yang cara kerjanya mencari selisih dari biaya terkecil dengan biaya terkecil lainnya pada setiap kolom maupun baris [4], selanjutnya metode *Stepping Stone* metode ini bertujuan untuk mendapatkan solusi optimal pada masalah transportasi (*TC* yang minimum) [6]

Namun, penerapan metode ini sering kali masih dilakukan dengan cara manual atau semi-otomatis, sehingga rawan terjadi kesalahan dalam perhitungan dan tidak responsif terhadap perubahan data [10]. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini tidak hanya mengevaluasi efektivitas metode transportasi, tetapi juga merancang sistem komputasi yang terintegrasi, sehingga dapat menghitung solusi distribusi yang optimal secara otomatis, sesuai dengan tren penerapan sistem pendukung keputusan (DSS) dalam bidang logistik [5]. Sistem ini dirancang dengan pendekatan pengembangan perangkat lunak yang berfokus pada kebutuhan pengguna, sehingga memudahkan proses input data, mempercepat perhitungan, serta memberikan tampilan hasil yang jelas [11]. Sistem ini juga dirancang untuk digunakan dalam kondisi nyata, sehingga dapat membantu pengambilan keputusan dalam distribusi yang lebih cepat dan berdasarkan data. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis bagaimana metode transportasi bekerja dalam konteks pengiriman produk makanan, serta merancang sistem komputer yang bisa menghitung solusi distribusi terbaik dengan cepat, tepat, dan mudah digunakan. Sistem ini diharapkan bisa memberikan tampilan yang mudah dipahami, gambaran hasil yang jelas, serta saran berdasarkan perbandingan berbagai metode, sehingga membantu pengambilan keputusan distribusi yang lebih efisien dan didasarkan pada data.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pendekatan dan Teknik Penelitian

Penelitian ini adalah sebuah studi kuantitatif yang bersifat deskriptif. Pendekatan kuantitatif diterapkan karena data yang diolah adalah data angka, seperti jumlah stok, permintaan, serta biaya pengiriman. Sifat deskriptif digunakan untuk secara terstruktur menjelaskan proses penyelesaian isu transportasi. Gambar 1, adalah diagram yang menunjukkan tahapan penelitian mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, perancangan sistem, implementasi, hingga analisis hasil. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah studi kasus, di mana dilakukan penelitian pada beberapa toko yang berlokasi di Kabupaten Kediri dan Kabupaten Nganjuk. Penelitian ini difokuskan pada masalah pendistribusian produk makanan berupa bakpia, *brownies*, dan pie susu[7].



Gambar 1. Alur Penelitian

2.2 Objek Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa objek yang dilibatkan pada sistem distribusi produk makanan yaitu:

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Distributor A yang berada di Kabupaten Kediri | Toko 1 berada di Kabupaten Kediri |
| 2. Distributor B yang berada di Kota Surabaya | Toko 2 berada di Kabupaten Kediri |
| 3. Distributor C yang berada di Kabupaten Blitar | Toko 3 berada di Kabupaten Nganjuk |

2.3 Sumber Data

Data yang dikumpulkan adalah data primer yang didapat dari wawancara serta observasi secara langsung kepada pihak terkait[8]. Data primer yang didapat yaitu:

- Data persediaan masing-masing *distributor*
- Data permintaan masing-masing toko
- Data biaya pengiriman dari setiap distributor ke masing-masing toko

2.4 Rumus Matematika

- Rumus Dasar

Fungsi tujuan:

$$\text{Minimumkan } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} X_{ij} \quad \dots\dots\dots (1)$$

dengan batasan:

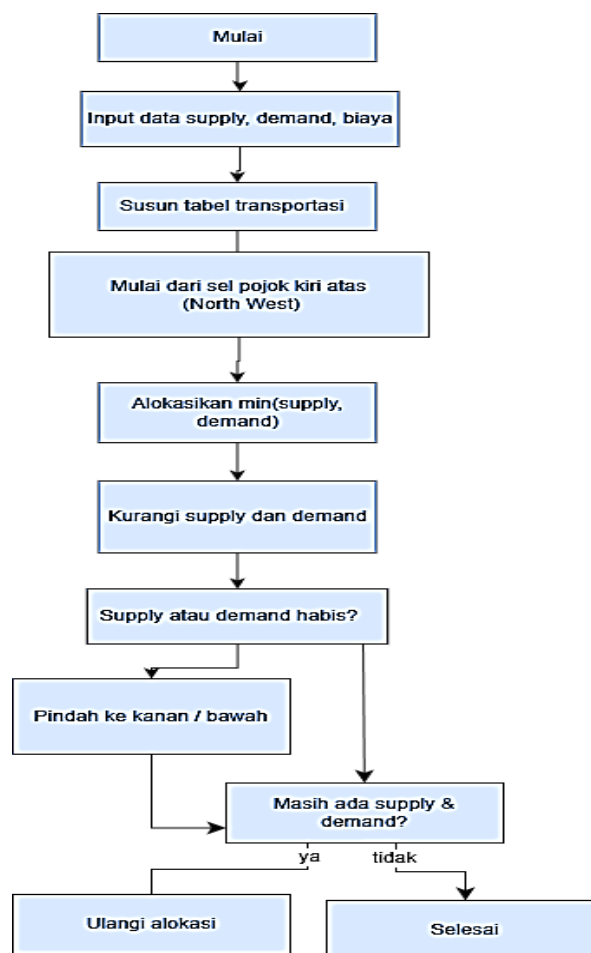
$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = s_i \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = d_j \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, n$$

$$X_{ij} \geq 0 \text{ untuk semua } i \text{ dan } j(1)$$

- Rumus Metode *North West Corner (NWC)*[4][9] (2)

$$TC = (X_{11}.C_{11}) + (X_{12}.C_{12}) + (X_{22}.C_{22}) + (X_{23}.C_{23}) + (X_{33}.C_{33}) \dots\dots\dots (2)$$

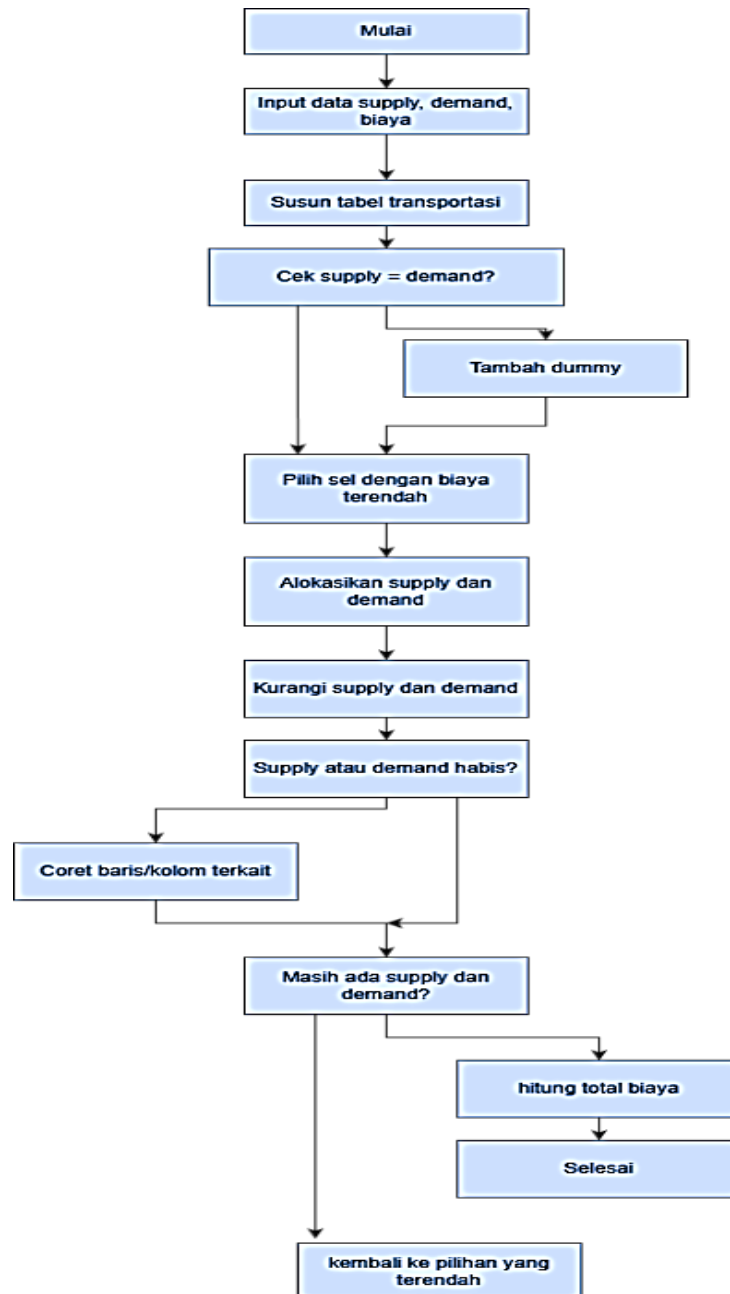


Gambar 2. Algoritma Metode *North West Corner (NWC)*

Gambar 2 adalah diagram alur yang menjelaskan langkah-langkah perhitungan menggunakan metode *NWC* dalam penyelesaian masalah transportasi.

- Rumus Metode *Least Cost (LC)*[2][7] (3)

$$TC = (X_{11}.C_{11}) + (X_{12}.C_{12}) + (X_{23}.C_{23}) + (X_{32}.C_{32}) + (X_{33}.C_{33}) \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 3. Algoritma Metode *Least Cost (LC)*

Gambar 3, adalah diagram alur yang menunjukkan prosedur perhitungan menggunakan metode *LC* untuk menentukan alokasi biaya distribusi minimum.

- Rumus Metode *Vogel's Approximation Method (VAM)*[2][7] (4)

Baris:

$$X_{12} - X_{11}$$

$$X_{21} - X_{23}$$

$$X_{32} - X_{31}$$

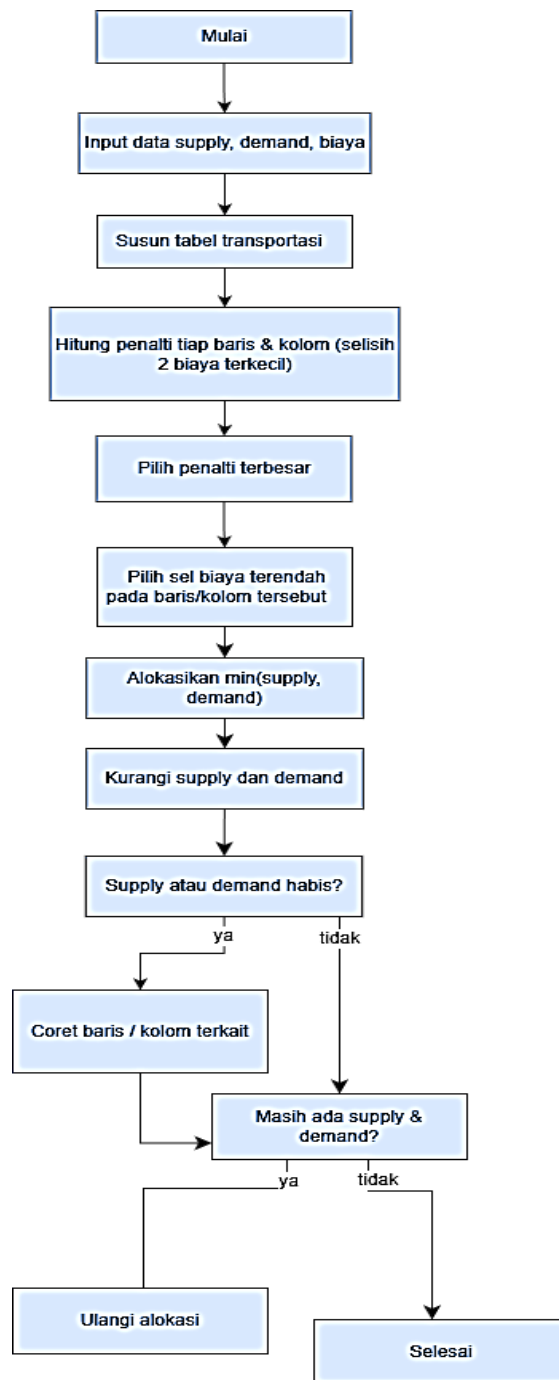
Kolom:

$$X_{31} - X_{11}$$

$$X_{32} - X_{12}$$

$$X_{23} - X_{13}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Baris:} \\
 & X_{22} - X_{23} \\
 & X_{33} - X_{32} \\
 TC = & (X_{11}.C_{11}) + (X_{12}.C_{12}) + (X_{23}.C_{23}) + (X_{32}.C_{32}) + (X_{33}.C_{33}) \dots\dots\dots(4)
 \end{aligned}$$



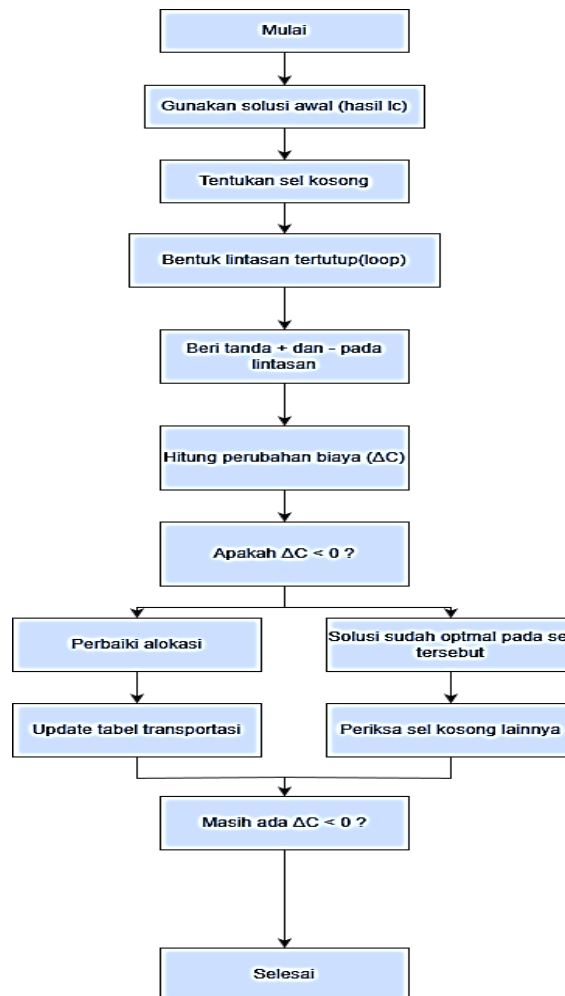
Gambar 4. Algoritma Metode *Vogel's Approximation Method (VAM)*

Gambar 4, adalah diagram alur yang mengilustrasikan tahapan perhitungan menggunakan metode *VAM* dalam optimasi biaya transportasi.

- Rumus Metode *Stepping Stone*[6] (5)

$$\begin{aligned}
 X_{13} &= X_{13} - X_{12} + X_{32} - X_{33} \\
 X_{21} &= X_{21} - X_{11} + X_{12} - X_{32} + X_{33} - X_{23} \\
 X_{22} &= X_{22} - X_{32} + X_{33} - X_{23} \\
 X_{31} &= X_{31} - X_{32} + X_{12} - X_{11} \\
 TC = & (X_{11}.C_{11}) + (X_{12}.C_{12}) + (X_{23}.C_{23}) + (X_{32}.C_{32}) + (X_{33}.C_{33}) \dots\dots\dots (5)
 \end{aligned}$$

Gambar 5 adalah diagram alur yang memvisualisasikan langkah-langkah iteratif dalam metode *Stepping Stone* untuk mencapai solusi optimal.



Gambar 5. Algoritma Metode *Stepping Stone*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Persediaan dan Permintaan

Data persediaan distributor ke toko tujuan:

Tabel 1. Tabel Permintaan Produk

<i>Distributor</i>	Toko 1 (Box)	Toko 2 (Box)	Toko 3 (Box)	Persediaan
<i>Distributor A</i>	80	50	70	200
<i>Distributor B</i>	35	20	35	90
<i>Distributor C</i>	15	10	15	40
Permintaan	130	80	120	330

Data biaya pengiriman distributor ke toko tujuan:

Tabel 2. Tabel Biaya Pengiriman

<i>Distributor</i>	Toko 1	Toko 2	Toko 3	Total Biaya
<i>Distributor A</i>	Rp. 20.000	Rp. 30.000	Rp. 60.000	Rp. 110.000
<i>Distributor B</i>	Rp. 100.000	Rp. 110.000	Rp. 80.000	Rp. 290.000
<i>Distributor C</i>	Rp. 70.000	Rp. 80.000	Rp. 90.000	Rp. 240.000
Total	Rp. 190.000	Rp. 220.000	Rp. 230.000	Rp. 640.000

3.2 Tabel Penyelesaian

- *North West Corner (NWC)*

Tabel 3. Tabel Penyelesaian *NWC*

<i>Distributor</i>	<i>Tujuan</i>			<i>Supply (Persediaan)</i>
	1	2	3	
A	130	20	30	60
B	-	100	110	80
C	-	70	80	90
Demand (Permintaan)	130	80	120	330

$$\begin{aligned}
 TC &= (130.20) + (70.30) + (10.110) + (80.80) + (40.90) \\
 &= 15.800 \\
 &= 15.800.000
 \end{aligned}$$

- *Least Cost (LC)*

Tabel 4. Tabel Penyelesaian *LC*

<i>Distributor</i>	<i>Tujuan</i>			<i>Supply (Persediaan)</i>
	1	2	3	
A	130	20	30	60
B	-	100	110	80
C	-	70	80	90
Demand (Permintaan)	130	80	120	330

$$\begin{aligned}
 TC &= (130.20) + (70.30) + (90.80) + (10.80) + (30.90) \\
 &= 15.400 \\
 &= 15.400.000
 \end{aligned}$$

- *Vogel's Approximation Method (VAM)*

Tabel 5. Tabel Penyelesaian *VAM*

<i>Distributor</i>	<i>Tujuan</i>			<i>Supply (Persediaan)</i>
	1	2	3	
A	130	20	30	60
B	-	100	110	80
C	-	70	80	90
Demand (Permintaan)	130	80	120	330

Baris :

$$30 - 20 = 10$$

$$100 - 80 = 20$$

$$80 - 70 = 10$$

Kolom :

$$70 - 20 = 50$$

$$80 - 30 = 50$$

$$80 - 60 = 30$$

Baris :

$$110 - 80 = 30$$

$$90 - 80 = 10$$

$$TC = (130.20) + (70.30) + (90.80) + (10.80) + (30.90)$$

$$= 15.400$$

$$= 15.400.000$$

- Stepping Stone

Tabel 6. Tabel Penyelesaian *Stepping Stone*

<i>Distributor</i>	Tujuan			Supply (Persediaan)
	1	2	3	
A	20 130	30 70	60 -	200
B	100 -	110 -	80 90	90
C	70 -	80 10	90 30	40
Demand (Permintaan)	130	80	120	330

Looping:

$$X_{13} = 60 - 30 + 80 - 90 = 20$$

$$X_{21} = 100 - 20 + 30 - 80 + 90 - 80 = 40$$

$$X_{22} = 110 - 80 + 90 - 80 = 40$$

$$X_{31} = 70 - 80 + 30 - 20 = 0$$

$$TC = (130.20) + (70.30) + (90.80) + (10.80) + (30.90)$$

$$= 15.400$$

$$= 15.400.000$$

3.3 Perancangan Sistem

HASIL OPTIMASI DISTRIBUSI PRODUK MAKANAN

Penerapan Metode Transportasi untuk Meminimalkan Biaya Distribusi

Metode yang Digunakan

Least Cost (LC)
North West Corner (NWC)
Vogel's Approximation (VAM)
Stepping Stone

Data Dasar Distribusi

Distributor → Toko	Toko Tujuan			Supply (box)
	Toko 1 (Kediri)	Toko 2 (Kediri)	Toko 3 (Nganjuk)	
Distributor A (Kediri)	Rp 20.000	Rp 30.000	Rp 60.000	200
Distributor B (Surabaya)	Rp 100.000	Rp 110.000	Rp 80.000	90
Distributor C (Blitar)	Rp 70.000	Rp 80.000	Rp 90.000	40
Demand (box)	130	80	120	330

Gambar 6. Halaman Input Data

Gambar 6 adalah rancangan tampilan untuk memasukkan data untuk diolah pada sistem optimasi, yaitu data persediaan, permintaan, dan biaya pengiriman berdasarkan rute.

Hasil Alokasi Optimal (Metode Least Cost)

Distributor → Toko	Toko 1	Toko 2	Toko 3	Supply
Distributor A	130	70	0	200
Distributor B	0	0	90	90
Distributor C	0	10	30	40
Demand	130	80	120	330

Gambar 7. Hasil Distribusi Alokasi

Selanjutnya, gambar 7 adalah gambaran hasil yang dikemas dalam bentuk tabel data, yang menunjukkan alokasi distribusi paling efisien sesuai dengan metode yang dipilih.

Perhitungan Total Biaya Pengiriman (TCP)

Rumus Perhitungan:

$$TCP = \sum (\text{Jumlah Alokasi} \times \text{Biaya per Unit})$$

Langkah Perhitungan:

- Dari Distributor A ke Toko 1: $130 \times \text{Rp } 20.000 = \text{Rp } 2.600.000$
- Dari Distributor A ke Toko 2: $70 \times \text{Rp } 30.000 = \text{Rp } 2.100.000$
- Dari Distributor B ke Toko 3: $90 \times \text{Rp } 80.000 = \text{Rp } 7.200.000$
- Dari Distributor C ke Toko 2: $10 \times \text{Rp } 80.000 = \text{Rp } 800.000$
- Dari Distributor C ke Toko 3: $30 \times \text{Rp } 90.000 = \text{Rp } 2.700.000$

Total Biaya:

$$TCP = (130 \times 20.000) + (70 \times 30.000) + (90 \times 80.000) + (10 \times 80.000) + (30 \times 90.000)$$

$$TCP = 2.600.000 + 2.100.000 + 7.200.000 + 800.000 + 2.700.000$$

Total Biaya = Rp 15.400.000

Gambar 8. Perhitungan Biaya Total

Hasil akhir dari sistem akan menampilkan hasil perhitungan biaya total distribusi, yang direncanakan seperti tampilan gambar 8, yaitu hasil pemrosesan total biaya distribusi sesuai dengan alokasi yang telah ditentukan.

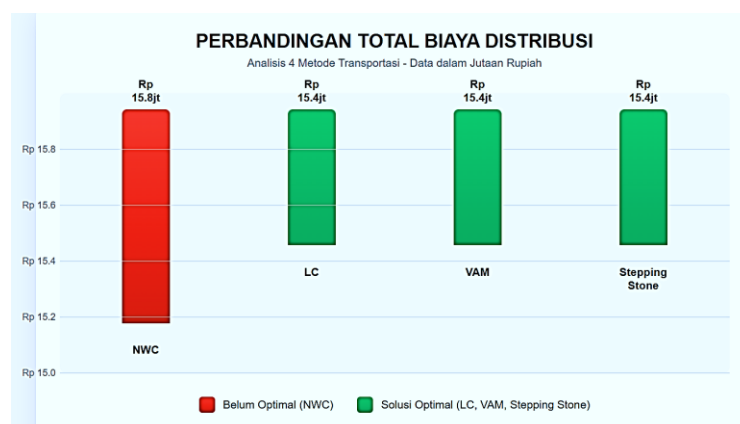
Perbandingan Total Biaya Berdasarkan Metode

North West Corner (NWC) Rp 15.800.000 3 Iterasi Belum Optimal	Least Cost (LC) Rp 15.400.000 1 Iterasi SOLUSI OPTIMAL	Vogel's Approximation (VAM) Rp 15.400.000 1 Iterasi SOLUSI OPTIMAL	Stepping Stone Rp 15.400.000 2 Iterasi Solusi Optimal
--	---	---	--

Kesimpulan: Metode Least Cost (LC) dan Vogel's Approximation (VAM) memberikan solusi optimal langsung dengan total biaya terendah sebesar Rp 15.400.000.

Gambar 9. Perbandingan Biaya Total per Metode

Gambar 9 menunjukkan hasil akhir biaya dari setiap algoritma/ metode. Selanjutnya dari hasil tersebut dapat dari dibuat grafik atau tabel yang menunjukkan perbandingan total biaya dari setiap metode transportasi.



Gambar 10. Visualisasi Grafik Hasil Biaya Distribusi Setiap Metode

Gambar 10 menunjukkan grafik batang yang memperlihatkan perbandingan biaya distribusi di antara beberapa metode yang digunakan. Dari hasil akhir tersebut, maka dapat dipertimbangkan metode yang cocok dan tepat untuk digunakan. Dalam arti, mendukung pengambilan keputusan yang memberikan keuntungan bagi usaha..

3.4 Komponen Sistem

1. Modul Input Data

- Pengguna bisa memasukkan data persediaan distributor, permintaan toko, serta biaya pengiriman per rute.
- Data disimpan dalam bentuk tabel yang terstruktur dan mudah dipahami.

2. Modul Perhitungan
 - a. Modul ini menggunakan beberapa algoritma seperti NWC, LC, VAM, dan Stepping Stone.³
 - b. Setiap algoritma akan menghasilkan penyebaran distribusi dan total biaya yang diperlukan.
3. Modul Analisis dan Visualisasi
 - c. Modul ini menampilkan perbandingan total biaya dari masing-masing metode dalam bentuk tabel dan grafik batang.
 - d. Selain itu, modul ini juga memberikan rekomendasi metode terbaik berdasarkan biaya yang paling rendah.
4. Modul Output dan Laporan
Modul ini menghasilkan laporan hasil perhitungan dalam format yang mudah dibaca.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perncangan sistem dan simulasi perhitungan yang telah dilakukan dengan beberapa metode distribusi, dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah berhasil dirancang sebuah sistem bantu optimasi biaya distribusi yang membandingkan 3 metode distribusi, yaitu Metode Least Cost (LC), Vogel's Approximation Method (VAM), dan Russell's Approximation Method (RAM), untuk mencapai efisiensi biaya.
2. Berdasarkan hasil simulasi ketiga metode, disimpulkan penggunaan metode transportasi Metode Least Cost (LC), Vogel's Approximation Method (VAM), dan Russell's Approximation Method (RAM) memberikan solusi awal yang sudah optimal sejak tahap pertama, dengan total biaya minimum sebesar Rp15.400.000. Sementara itu, metode North West Corner (NWC) menghasilkan biaya lebih tinggi yaitu Rp15.800.000 karena tidak memperhatikan faktor biaya dalam penyaluran awal.
3. Uji optimalitas dengan metode Stepping Stone dan MODI memastikan bahwa solusi dari LC dan VAM sudah optimal tanpa perlu dilakukan iterasi tambahan.
4. Perancangan sistem ini mampu menghitung alokasi optimal, menampilkan hasil dalam bentuk tabel dan grafik, serta membandingkan kinerja masing-masing metode secara cepat dan akurat. Dengan demikian, sistem yang dirancang tidak hanya membantu pengambilan keputusan berdasarkan data, tetapi juga meningkatkan kemampuan perencanaan distribusi dalam lingkungan bisnis yang selalu berubah.

5 SARAN

Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi algoritma yang telah dilakukan, terdapat beberapa rekomendasi yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan selanjutnya, seperti memperluas cakupan studi dengan menambah jumlah distributor dan lokasi tujuan guna mengevaluasi skalabilitas sistem serta memperoleh hasil yang lebih bervariasi dan representatif. Selain itu, sistem yang dikembangkan dapat diintegrasikan dengan perangkat lunak optimasi seperti LINGO atau POM-QM, maupun dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis web dan mobile untuk meningkatkan kemudahan akses serta kecepatan proses komputasi.

Pembaruan data secara berkala oleh pihak perusahaan juga perlu dilakukan agar hasil optimasi yang dihasilkan tetap sesuai dengan kondisi biaya distribusi dan permintaan yang aktual. Di sisi lain, pengembangan model distribusi yang lebih kompleks dapat dilakukan dengan membandingkan metode transportasi dengan pendekatan optimasi alternatif, seperti minimum cost flow dan shortest path, khususnya untuk menangani permasalahan distribusi dengan karakteristik rute yang dinamis.

Selanjutnya, sistem dapat dilengkapi dengan analisis risiko yang mencakup potensi keterlambatan pengiriman, kerusakan barang, dan fluktuasi permintaan guna meningkatkan ketahanan sistem dalam menghadapi kondisi yang tidak pasti. Pendekatan stokastik atau fuzzy juga dapat dieksplorasi untuk mengakomodasi ketidakpastian pada data permintaan dan biaya, sehingga sistem yang dikembangkan lebih adaptif terhadap kondisi operasional yang realistis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Nugraha dan R. M. Sari, "Efektivitas Biaya Pengiriman pada Perusahaan Roti dengan Menggunakan Metode Transportasi," *Competitive*, vol. 14, no. 2, pp. 21–26, Des. 2019.
- [2] M. M. Azis, E. Firmansyah, A. N. Rizquillah, dan M. Fauzi, "Implementasi Metode North West Corner dan Program Lingo pada Pengiriman Barang di PT. Nushel Jaya Mandiri (Umama Scraf)," *Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, vol. 1, no. 1, pp. 36–51, Jun. 2021.
- [3] K. A. Aritonang dan H. C. Hutagalung, "Pengoptimalan Biaya Transportasi dengan Metode Transportasi untuk Distribusi di PT XYZ," dalam *Proc. TALENTA Conf. Ser.: Energy and Engineering (EE)*, vol. 7, no. 1, 2024, pp. 1081–1090.

-
- [4] D. A. A. Islam dan F. Azis, "Kajian Literatur Perbandingan Metode Transportasi dengan Menggunakan Metode VAM dan MODI," *Jurnal Riset Matematika dan Sains Terapan*, vol. 3, no. 2, pp. 96–104, Des. 2023.
 - [5] S. Mulyono dan R. Hidayat, "Sistem Pendukung Keputusan untuk Optimasi Rantai Pasok Menggunakan Metode Transportasi," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 2, hlm. 245–254, 2021..
 - [6] R. Sinaga, "Penerapan Metode Stepping Stone untuk Transportasi Pengiriman Barang," *Journal Global Technology Computer*, vol. 2, no. 2, pp. 54–60, Apr. 2023.
 - [7] I. W. Ardhyani, "Mengoptimalkan Biaya Distribusi Pakan Ternak dengan Menggunakan Metode Transportasi (Studi Kasus di PT. X Krian)," *Teknika: Engineering and Sains Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 95–100, Des. 2017.
 - [8] W. Arimurti, R. P. Sari, D. Herwanto, dan C. Falah, "Optimasi Biaya Transportasi Pengiriman Produk Mainan Menggunakan Vogel's Approximation Method Dan Stepping Stone Method (Studi Kasus: Toko Sumber Mainan)," *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 20, no. 1, hal. 365–374, Des. 2022.
 - [9] M. Marbun, "Kajian Metode Vogel's Approximation (VAM) dalam Optimisasi Masalah Transportasi dengan Variasi Posisi Supply dan Demand," Skripsi, Program Studi Sarjana Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2024.
 - [10] A. T. Andini, H. Purba, H. R. S. Harahap, M. Hasan, dan S. S. B. Ginting, "Studi Literature: Optimalisasi Biaya Distribusi Menggunakan Metode Transportasi dalam Program Linier pada Berbagai Sektor Industri," *Jurnal Komprehensif*, vol. 3, no. 2, hal. 431–439, 2025.
 - [11] R. Sharda, D. Delen, dan E. Turban, *Business Intelligence, Analytics, and Data Science: A Managerial Perspective*, 5th ed. Pearson, 2020.