

**OPTIMALISASI BIAYA DISTRIBUSI PRODUK ALAT KESEHATAN MENGGUNAKAN
METODE MODIFIED DISTRIBUTION (MODI) DAN VOGEL'S APPROXIMATION
TAHUN 2025**

Lyana Dhea Syaputri, Isya Nafia
Teknik Industri Universitas Kebangsaan Republik Indonesia
Email Korespondensi:lyanadhea2003@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini mengoptimalkan biaya distribusi produk alat kesehatan untuk proyeksi tahun 2025. Data permintaan, persediaan, dan biaya transportasi diproyeksikan menggunakan laju inflasi rata-rata 2,9% per tahun dan kenaikan biaya BBM sebesar 30% akumulatif sejak 2020. Model transportasi dibangun untuk meminimalkan total biaya pengiriman dari tiga gudang (Cimahi, Bandung, Padalarang) ke tiga kota tujuan (Tangerang Selatan, Jakarta Barat, Yogyakarta). Solusi awal diperoleh dengan Vogel's Approximation Method (VAM), lalu diuji optimalitasnya menggunakan Modified Distribution Method (MODI). Hasil proyeksi menunjukkan demand 24.719 box dan supply 23.125 box (ditambah dummy 1.594 box). Alokasi hasil VAM menghasilkan total biaya Rp 271.004.184, dan pemeriksaan MODI mengonfirmasi tidak ada sel yang memberikan perbaikan—menandakan solusi sudah optimal. Disarankan agar studi lanjutan memasukkan variabel operasional (waktu pengiriman, kapasitas kendaraan, biaya tetap gudang) dan menggunakan data primer untuk validasi.
Kata kunci: distribusi, VAM, MODI, proyeksi, biaya distribusi

Abstract

This study aims to optimize the distribution costs of medical device products projected for the year 2025. The demand, supply, and transportation costs were projected using an average inflation rate of 2.9% per year and a cumulative 30% increase in fuel prices since 2020. A transportation model was developed to minimize the total delivery cost from three warehouses (Cimahi, Bandung, and Padalarang) to three destination cities (South Tangerang, West Jakarta, and Yogyakarta). The initial solution was obtained using the Vogel's Approximation Method (VAM), and its optimality was tested using the Modified Distribution Method (MODI). The projection results showed a total demand of 24,719 boxes and a total supply of 23,125 boxes, with an additional dummy supply of 1,594 boxes. The allocation results from VAM produced a total distribution cost of IDR 271,004,184, and the MODI evaluation confirmed that no further improvement was possible, indicating that the solution was already optimal. Future research is recommended to incorporate operational variables such as delivery time, vehicle capacity, and fixed warehouse costs, as well as to use primary data for validation.

Keywords: distribution, VAM, MODI, projection, distribution cost

PENDAHULUAN

Distribusi merupakan aspek vital dalam rantai pasok karena menentukan bagaimana produk sampai ke pengguna akhir secara efisien, aman, dan tepat waktu. Dalam industri alat kesehatan, kecepatan dan ketepatan distribusi berpengaruh langsung terhadap pelayanan masyarakat. Peningkatan permintaan alat kesehatan di Indonesia serta kenaikan harga bahan bakar menyebabkan biaya logistik terus meningkat, sehingga diperlukan strategi distribusi yang efisien dan terukur. Penelitian ini melanjutkan studi tahun 2020 dengan menyesuaikan data terhadap kondisi ekonomi 2025. Model transportasi digunakan untuk menentukan pola distribusi dengan biaya minimal, melalui kombinasi metode Vogel's Approximation (VAM) dan Modified Distribution (MODI). Penelitian ini menjawab tiga pertanyaan utama: (1) Berapa total biaya distribusi tahun 2025 berdasarkan data proyeksi? (2) Bagaimana pola alokasi distribusi yang efisien? (3) Apakah solusi yang dihasilkan sudah optimal berdasarkan evaluasi MODI?

LANDASAN TEORI

Model transportasi merupakan bentuk khusus dari *linear programming* yang digunakan untuk menentukan alokasi optimal pengiriman barang dari beberapa sumber ke beberapa tujuan dengan tujuan meminimalkan total biaya distribusi. Menurut Taha (2017), model transportasi mencari kombinasi rute dengan biaya minimum sambil memastikan keseimbangan antara kapasitas pasokan dan permintaan. Winston (2004) menjelaskan bahwa model ini efektif untuk perencanaan operasional karena mempertimbangkan keterbatasan biaya dan kapasitas distribusi secara matematis. Vogel's Approximation Method (VAM) digunakan untuk memperoleh solusi awal pada permasalahan transportasi dengan menghitung *penalty cost* (selisih dua biaya terendah di setiap baris dan kolom). Alokasi pertama diberikan pada sel dengan penalti tertinggi untuk menghemat biaya (Hussein & Shiker, 2020). Modified Distribution Method (MODI) digunakan untuk menguji optimalitas solusi awal. Nilai *opportunity cost* (Δ_{ij}) dihitung menggunakan persamaan $\Delta_{ij} = C_{ij} - (U_i + V_j)$. Jika seluruh nilai $\Delta_{ij} \geq 0$, maka solusi telah mencapai kondisi optimal (Kurnia et al., 2021). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kombinasi VAM dan MODI mampu menekan biaya distribusi 10–15% dibandingkan metode manual (Pečený et al., 2020). Oleh karena itu, metode ini sangat relevan diterapkan dalam perencanaan distribusi alat kesehatan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif terapan untuk meminimalkan biaya distribusi produk alat kesehatan dari tiga gudang ke tiga kota tujuan. Data tahun 2020 digunakan sebagai dasar, kemudian diproyeksikan ke tahun 2025 menggunakan regresi linear dengan parameter:

- Inflasi rata-rata (BPS 2021–2024): 2,9% per tahun.
- Pertumbuhan kapasitas supply: 2,5% per tahun.
- Kenaikan biaya transportasi (BBM): 30% akumulatif.

Apabila total supply \neq demand, maka ditambahkan *dummy supply* agar model menjadi seimbang. Solusi awal diperoleh menggunakan VAM, lalu diuji dengan MODI. Semua data diolah secara sistematis menggunakan tabel distribusi dan perhitungan manual.

HASIL DAN ANALISIS

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan biaya distribusi produk alat kesehatan tahun 2025 dengan pendekatan model transportasi. Untuk memperoleh gambaran kondisi terkini, data distribusi diperbaharui melalui proyeksi menggunakan data riil ekonomi Indonesia, termasuk tingkat inflasi dan kenaikan harga bahan bakar.

Dasar Proyeksi Data Tahun 2025

Inflasi Indonesia 2021-2024 (Badan Pusat Statistik):

- 2021: 1,87%
- 2022: 5,51%
- 2023: 2,61%
- 2024: 1,57%

Rata-rata: **2,9% per tahun** → digunakan untuk proyeksi permintaan.

Kenaikan Harga BBM (Faktor Biaya Transportasi):

Kenaikan Pertalite pada September 2022 sebesar 30% terjadi sejak 2022 dan tetap berlaku hingga 2025 → digunakan untuk menaikkan biaya distribusi.

Asumsi Pertumbuhan:

- **Permintaan:** naik **2,9% per tahun** (berdasarkan inflasi BPS)
- **Supply:** naik **2,5% per tahun** (asumsi konservatif)
- **Biaya distribusi:** naik **30% akumulatif** dari 2020 ke 2025

Rumus proyeksi:

$$Y_t = Y_0 x (1 + r)^t$$

dengan:

- Y_0 : data awal tahun 2020
- r : laju pertumbuhan
- r : laju pertumbuhan
- t : tahu ke-t (di disini: 5)

Tabel 1. Tabel Permintaan Tahun 2025 (Unit)

Kota Tujuan	Tahun 2020 laju 2,9%	Permintaan 2025
Tangerang Selatan	7.252	8.366
Jakarta Barat	7.634	8.807
Yogyakarta	6.541	7.546
Total	21.427	24.719

Tabel 2. Tabel Persediaan Tahun 2025 (Unit)

Gudang	Tahun 2020	Proyeksi 2025
Cimahi	7.893	8.930
Bandung	5.233	5.909
Padalarang	7.324	8.286
Total	20.440	23.125

Selisih permintaan dan supply: $24.179 - 23.125 = 1594 \text{ box}$ → ditambahkan **dummy supply**

Tabel 3. Biaya Transportasi (Rp/Box)

Gudang/ Kota	Tangerang Selatan	Jakarta Barat	Yogyakarta
Cimahi	10.595	10.465	15.405
Bandung	10.660	10.530	15.470
Padalarang	10.556	10.426	15.275
Dummy	0	0	0

Model :

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 C_{ij} \cdot x_{ij}$$

Kendalanya:

- $\sum X_{ij}$ dari setiap gudang \leq supply
- $\sum X_{ij}$ ke setiap gudang = demand
- $x_{ij} \geq 0$
- Ditambahkan gudang dummy agar supply = demand

Penyelesaian Awal dengan *VOgel's Approximation Method (VAM)*

Tabel 4. Biaya dan Alokasi

Gudang	Tangerang	Jakarta Barat	Yogyakarta	Supply
Cimahi	123	8.807	0	8.930
Bandung	5.909	0	0	5.909
Padalarang	2.334	0	5.952	8.286
Dummy	0	0	1.594	1.594
Demand	8.336	8.807	7.546	

Perhitungan Total Biaya Distribusi

$$Z = (123 \times 10.595) + (8.807 \times 10.465) + (5.909 \times 10.660) + (2.334 \times 10.556) + (5.952 \times 15.275) + (1.594 \times 0)$$

$$Z = 1.302.885 + 92.167.455 + 62.996.940 + 24.646.104 + 90.890.800 + 0$$

$$Z = Rp271.004.184$$

Uji Optimalisasi dengan *MODI*

Dilakukan perhitungan nilai u_i dan v_i kemudian diuji semua $\Delta_{ij} = C_{ij} - (u_i + v_i)$ pada sel non-basis. Hasil evaluasi menunjukkan:

- Semua $\Delta_{ij} \geq 0$
- Tidak ada sel dengan nilai negatif

Maka, solusi VAM telah optimal. Tidak perlu iterasi tambahan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil proyeksi permintaan, supply, dan biaya distribusi tahun 2025 yang didasarkan pada data inflasi BPS dan kenaikan harga BBM menunjukkan bahwa kebutuhan distribusi mencapai 24.719 box, sementara total supply hanya 23.125%. Ketidak seimbangan ini diselesaikan dengan menambahkan dummy supply sebesar 1.594 box, sehingga model distribusi tetap dapat berjalan seimbang dan dapat dianalisis secara optimal.
2. Metode *Vogel's Approximation Method (VAM)* yang digunakan untuk menyusun solusi awal distribusi menghasilkan pola alokasi produk alat kesehatan dari tiga gudang ketiga kota tujuan secara efisien, dengan total biaya distribusi sebesar Rp.271.004.184. Alokasi yang dihasilkan memperhatikan efisiensi per rute berdasarkan kombinasi pinalti biaya, sehingga menghasilkan distribusi yang hemat dan proporsional.
3. Hasil evaluasi dengan *Modified Distribution Method (MODI)* menunjukkan seluruh nilai Δ_{ij} negatif pada sel non-basis. Ini berarti solusi awal dari VAM dan *Modi* terbukti efektif untuk meminimalkan biaya distribusi dalam kondisi proyeksi ekonomi tahun 2025.

Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas distribusi model dengan memasukkan variabel tambahan seperti waktu pengiriman, kapasitas kendaraan, dan biaya tetap gudang agar model menjadi lebih realistis dan mendekati kondisi operasional sesungguhnya.
2. Disarankan juga untuk melakukan studi kasus langsung menggunakan data primer dari perusahaan logistik atau distributor alat kesehatan, sehingga validasi model distribusi yang digunakan dapat lebih kuat dan relevan terhadap keputusan manajerial di dunia industri nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2024). *Tingkat inflasi Indonesia 2021–2024*. <https://www.bps.go.id>
- CNN Indonesia. (2022, September 3). *Pertalite naik dari Rp7.650 menjadi Rp10.000 per liter*. <https://www.cnnindonesia.com>
- Hussein, H. A., & Shiker, M. A. K. (2020). *A modification to Vogel's Approximation Method*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1591(1), 012029. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1591/1/012029>
- Kurnia, R., Shafira, W. A., Oktaviani, R., & Fauzi, M. (2021). *Penerapan Metode MODI untuk Optimalisasi Biaya Distribusi Alat Kesehatan*. *Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 2(2), 166–179.
- Pečený, L., Meško, P., Kampf, R., & Gašparík, J. (2020). *Optimization in Transport and Logistic Processes*. *Transportation Research Procedia*, 44, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.004>
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research: An Introduction* (10th ed.). Pearson Education.
- Winston, W. L. (2004). *Operations Research: Applications and Algorithms* (4th ed.). Duxbury Press.