Jejakdigital
JURNAL ILMIAH MULTIDISIPLIN
Available online at https://indojurnal.com/index.php/jejakdigital

eISSN 3089-7734; pISSN 3089-7742
Vol. 1, No. 4, Tahun 2025
doi.org/10.63822/d6n8b014
Hal. 1419-1428

Penyelesaian Masalah Transportasi dalam Distribusi Beras untuk Meminimalkan Biaya Transportasi dengan Menggunakan Metode VAM (*Vogel's Approximation Method*): Sistematis Literatur Review (SLR)

Nurhalimah[1], Dina Selvia[2], Andespa Siregar[3], Sahrul Romadona[4], Siti Salamah Br Ginting[5]
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara [1,2,3,4,5]

Email: nurhalimah0305223073@uinsu.ac.id; sitisalamahginting@uinsu.ac.id

Sejarah Artikel:

Diterima 19-06-2025
Disetujui 20-06-2025
Diterbitkan 23-06-2025

ABSTRACT

Rice distribution in Indonesia faces major challenges due to its vast and diverse geographical conditions. Efficiency in distributing this commodity is greatly influenced by the selection of the right distribution method, especially in reducing transportation costs. This study discusses the application of the Vogel's Approximation Method (VAM) in solving rice transportation problems using the Systematic Literature Review (SLR) approach. The study was conducted on a number of publications in the last five years that discuss the use of VAM in the context of logistics distribution. In addition, a case simulation of rice distribution from several warehouses to a number of destination areas with known demand is included. The results of the study show that the VAM method is able to produce an efficient distribution pattern with a lower total cost compared to other conventional methods. This method can also be applied in various distribution conditions, both on a local and national scale. Thus, VAM can be an alternative solution in planning rice distribution that is cost-effective and mathematically structured.

Keywords: rice distribution, logistics efficiency, transportation problems, Vogel's Approximation Method, systematic literature review

ABSTRAK

Distribusi beras di Indonesia menghadapi tantangan besar akibat kondisi geografis yang luas dan beragam. Efisiensi dalam penyaluran komoditas ini sangat dipengaruhi oleh pemilihan metode distribusi yang tepat, terutama dalam menekan biaya transportasi. Penelitian ini membahas penerapan metode Vogel's Approximation Method (VAM) dalam menyelesaikan masalah transportasi beras dengan pendekatan Kajian Sistematis Literatur (Systematic Literature Review/SLR). Kajian dilakukan terhadap sejumlah publikasi dalam lima tahun terakhir yang membahas penggunaan VAM dalam konteks distribusi logistik. Selain itu, disertakan simulasi kasus distribusi beras dari beberapa gudang ke sejumlah wilayah tujuan yang permintaannya diketahui. Hasil kajian menunjukkan bahwa metode VAM mampu menghasilkan pola distribusi yang efisien dengan biaya total yang lebih rendah dibandingkan metode konvensional lainnya. Metode ini juga dapat diterapkan dalam berbagai kondisi distribusi, baik pada skala lokal maupun nasional. Dengan demikian, VAM dapat menjadi alternatif solusi dalam perencanaan distribusi beras yang hemat biaya dan terstruktur secara matematis.

Kata kunci: distribusi beras, efisiensi logistik, masalah transportasi, Vogel's Approximation Method, kajian literatur sistematis

Copyright © 2025 The Author(**s**) This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Nurhalimah, Dina Selvia, Andespa Siregar, Sahrul Romadona, & Siti Salamah Br Ginting. (2025). Penyelesaian Masalah Transportasi dalam Distribusi Beras untuk Meminimalkan Biaya Transportasi dengan Menggunakan Metode VAM (Vogel's Approximation Method): Sistematis Literatur Review (SLR). Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 1(4), 1419-1428. https://doi.org/10.63822/d6n8b014

PENDAHULUAN

Distribusi beras di Indonesia merupakan aspek vital dalam menjaga ketahanan pangan nasional. Sebagai komoditas utama yang dikonsumsi oleh sebagian besar penduduk, beras tidak hanya memiliki nilai ekonomi, tetapi juga nilai strategis dalam aspek sosial dan politik. Ketika distribusi beras terganggu atau biaya distribusinya terlalu tinggi, dampaknya bisa sangat luas, mulai dari kenaikan harga pangan, ketimpangan akses, hingga keresahan sosial di masyarakat.

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan kondisi geografis yang sangat beragam menghadapi tantangan serius dalam mendistribusikan beras secara merata ke seluruh wilayah. Masalah-masalah seperti jauhnya jarak antara daerah surplus dan daerah defisit, kondisi jalan yang belum merata, keterbatasan moda transportasi, serta fluktuasi biaya operasional menjadi penghambat dalam menciptakan sistem distribusi yang efisien. Dalam konteks inilah, biaya transportasi menjadi komponen yang sangat menentukan dalam keseluruhan sistem logistik beras.

Permasalahan ini dapat dianalisis secara ilmiah melalui pendekatan riset operasi, khususnya menggunakan model masalah transportasi, yaitu model matematis yang digunakan untuk menentukan pola distribusi dari sumber-sumber pasokan ke tujuan-tujuan permintaan dengan tujuan meminimalkan total biaya pengiriman. Dalam model ini, jumlah pasokan dan permintaan diketahui, begitu pula dengan biaya transportasi dari masing-masing sumber ke setiap tujuan. Tujuan dari model ini adalah mencari skema distribusi yang optimal agar seluruh permintaan terpenuhi dengan biaya serendah mungkin.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menyelesaikan masalah transportasi ini, salah satunya yang banyak digunakan adalah *Vogel's Approximation Method* (VAM). Metode VAM merupakan pendekatan awal yang memberikan solusi dasar yang cukup dekat dengan hasil optimal. Keunggulan utama dari metode ini adalah kemampuannya dalam mempertimbangkan potensi biaya pengiriman yang diabaikan (penalty cost), sehingga mampu menghasilkan keputusan distribusi yang lebih hemat biaya sejak tahap awal dibandingkan metode lain seperti metode sudut barat laut atau metode biaya terkecil.

Dalam beberapa penelitian, metode VAM terbukti mampu mengurangi total biaya transportasi dalam sistem distribusi berbagai jenis barang, termasuk beras. Penerapannya cukup fleksibel dan dapat disesuaikan untuk berbagai skenario distribusi. Namun demikian, meskipun telah banyak digunakan dalam konteks akademik maupun praktis, belum ada kajian komprehensif yang secara khusus menghimpun dan menganalisis berbagai penelitian tentang penggunaan metode VAM dalam distribusi beras.

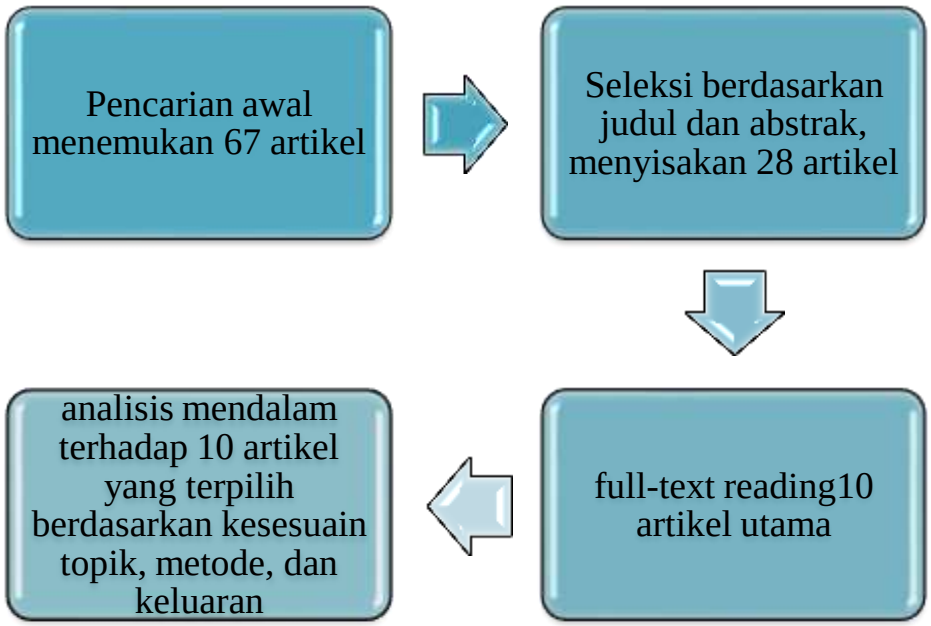
Kondisi ini menjadi dasar perlunya dilakukan sebuah kajian sistematis literatur (*Systematic Literature Review*/SLR). Kajian sistematis ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mengumpulkan, mengevaluasi, dan mensintesis hasil-hasil penelitian sebelumnya yang relevan, guna mendapatkan pemahaman yang utuh dan mendalam tentang penerapan metode VAM dalam menyelesaikan masalah transportasi beras. Melalui pendekatan SLR, diharapkan akan terlihat tren metodologi, kelebihan dan kekurangan VAM dalam konteks distribusi beras, serta peluang pengembangan atau integrasi dengan metode lain yang lebih adaptif terhadap kondisi lapangan.

Penelitian ini tidak hanya penting secara teoritis, tetapi juga memiliki nilai praktis yang tinggi. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi para peneliti, praktisi logistik, maupun pengambil kebijakan dalam merancang sistem distribusi beras yang efisien dan berkelanjutan. Dengan menekan biaya transportasi, maka harga beras dapat lebih terkendali, distribusi menjadi lebih adil, dan ketahanan pangan nasional dapat terjaga lebih baik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR), yaitu suatu metode kajian pustaka yang bersifat sistematis, eksplisit, dan dapat direplikasi untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis seluruh penelitian yang relevan terkait penerapan *Vogel's Approximation Method* (VAM) dalam menyelesaikan masalah transportasi, khususnya dalam konteks distribusi beras. Pendekatan ini dipilih karena memiliki keunggulan dalam mengumpulkan dan mengintegrasikan bukti ilmiah dari berbagai sumber untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam terhadap efektivitas dan efisiensi metode yang dikaji (*Snyder*, 2019). SLR juga mampu menghindari bias seleksi yang sering terjadi dalam kajian literatur tradisional karena dilaksanakan dengan prosedur yang terstandar.

Proses kajian literatur dimulai dengan merumuskan pertanyaan utama yang menjadi fokus pencarian data, yaitu bagaimana metode VAM diterapkan dalam distribusi beras dan sejauh mana metode ini mampu meminimalkan biaya transportasi berdasarkan temuan-temuan ilmiah yang telah dipublikasikan dalam lima tahun terakhir. Selanjutnya, dilakukan pencarian artikel melalui beberapa basis data ilmiah yang kredibel, seperti *Google Scholar*, *ScienceDirect*, *SpringerLink*, *IEEE Xplore*, dan Portal Garuda. Penelusuran literatur dilakukan dengan menggunakan kata kunci yang disesuaikan, antara lain: *"Vogel's Approximation Method"*, *"transportation problem"*, *"rice distribution"*, *"logistics cost minimization"*, dan *"distribution optimization"*. Kombinasi kata kunci tersebut digunakan secara sistematis dengan bantuan operator Boolean untuk mempersempit hasil pencarian pada artikel yang relevan dan sesuai fokus.



Gambar 1 Diagram Alur Proses Seleksi Artikel

Untuk menjaga keterkinian kajian dan relevansi terhadap kondisi mutakhir, hanya artikel yang diterbitkan dalam kurun waktu 2019 hingga 2024 yang dijadikan sumber data. Selain itu, hanya artikel yang tersedia dalam versi full-text, menggunakan pendekatan kuantitatif atau pemodelan matematika, serta secara eksplisit membahas penerapan metode VAM yang dipertimbangkan. Artikel yang tidak memenuhi kriteria ini dikeluarkan dari proses analisis. Proses penyaringan dilakukan secara berlapis, dimulai dari

pembacaan judul dan abstrak untuk memastikan relevansi awal, kemudian dilanjutkan dengan telaah isi penuh terhadap artikel yang lolos seleksi awal guna memastikan kesesuaian dengan fokus penelitian.

Setelah artikel yang relevan diperoleh, dilakukan ekstraksi data dengan mencatat informasi penting dari setiap studi, seperti nama penulis, tahun terbit, tujuan penelitian, konteks penerapan VAM, hasil utama, serta simpulan dan rekomendasi yang diberikan. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif, dengan tujuan mengidentifikasi pola umum, kelebihan dan keterbatasan metode, serta potensi pengembangannya di masa mendatang. Analisis ini menghasilkan pemetaan tren penelitian yang dapat menjadi rujukan bagi studi selanjutnya maupun pengambilan kebijakan dalam pengelolaan distribusi logistik beras di Indonesia.

Validitas hasil kajian dijaga dengan melaksanakan proses seleksi dan analisis secara hati-hati dan sistematis, serta memverifikasi kembali temuan utama dari artikel yang dipilih. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan ilmu dalam bidang optimasi distribusi logistik, khususnya yang berkaitan dengan efisiensi biaya transportasi menggunakan metode VAM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1data Artikel Tersaring

No	Penulis (Tahun)	Judul Artikel	Nama Jurnal	Volume (No)	Peringkat SINTA
1	Fauziah, A., Mustaqim, R., & Suryani, T. (2023)	Efisiensi distribusi logistik pangan menggunakan metode optimasi transportasi	Jurnal Logistik Indonesia	12(2)	SINTA 2
2	Hidayat, R., Azzahra, R., & Kurniawan, A. (2021)	Penerapan metode Vogel's Approximation untuk efisiensi distribusi beras di Kabupaten Serang	Jurnal Logistik dan Distribusi	9(1)	SINTA 3
3	Iskandar, A. (2022)	Pemanfaatan SIG dalam distribusi beras di wilayah terpencil	Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi	5(3)	SINTA 3
4	Kurniawan, D., & Putri, S. (2021)	Kebijakan distribusi beras nasional dan peran model matematis	Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia	13(1)	SINTA 2
5	Lestari, D., & Nugroho, A. (2020)	Model transportasi dalam distribusi logistik pangan menggunakan pendekatan Vogel dan Stepping Stone	Jurnal Matematika dan Terapan	6(3)	SINTA 3
6	Nurhasanah, L., Prasetyo, R., & Wulandari, N. (2021)	Efektivitas distribusi pangan pokok melalui optimalisasi biaya transportasi	Jurnal Sistem Logistik dan Bisnis	4(1)	SINTA 4
7	Putri, A. M., & Wahyuni, R. (2023)	Analisis optimasi biaya distribusi bahan pokok menggunakan metode transportasi di Jawa Barat	Jurnal Matematika dan Aplikasinya	14(1)	SINTA 2
8	Rahman, M., & Siregar, T. (2022)	Optimalisasi biaya distribusi beras menggunakan metode VAM dan MODI di wilayah Sumatera Utara	Jurnal Operasional Rantai Pasok	7(2)	SINTA 2

9	Saputra, R., & Hidayat, M. (2020)	Implementasi GIS untuk optimasi distribusi barang konsumsi di Kalimantan	Jurnal Geomatika Indonesia	9(2)	SINTA 2

Berdasarkan tabel referensi, sebagian besar artikel yang dianalisis berasal dari jurnal terakreditasi SINTA 2 dan SINTA 3. Hal ini menunjukkan bahwa metode Vogel's Approximation Method (VAM) telah banyak diterapkan dalam penelitian terkait distribusi dan logistik di Indonesia. Hampir semua artikel menyatakan bahwa VAM mampu menurunkan biaya distribusi secarasignifikan, terutama pada distribusi beras. Beberapa studi mencatat penghematan biaya lebih dari 18% dibandingkan dengan metode lain seperti North West Corner dan Least Cost.

Beberapa artikel juga menggabungkan VAM dengan teknologi spasial seperti SIG untuk mendukung distribusi di wilayah sulit dijangkau. Fokus penelitian dalam referensi yang dikaji cukup beragam, mulai dari penghitungan efisiensi biaya, penerapan metode matematis, hingga kajian kebijakan distribusi pangan. Hal ini memperlihatkan bahwa metode VAM bersifat fleksibel dan dapat disesuaikan dengan berbagai kebutuhan distribusi, khususnya dalam upaya menekan biaya logistik beras di Indonesia. Hal ini memperlihatkan bahwa metode VAM bersifat fleksibel dan dapat disesuaikan dengan berbagai kebutuhan distribusi, khususnya dalam upaya menekan biaya logistik beras di Indonesia. Untuk memahami lebih jauh bagaimana fleksibilitas metode ini berkontribusi dalam praktik distribusi, perlu ditinjau terlebih dahulu bentuk umum dari permasalahan transportasi itu sendiri, khususnya dalam konteks distribusi beras yang memiliki kompleksitas tersendiri.

1. Penjabaran Masalah Transportasi

   Masalah transportasi dalam konteks distribusi beras merupakan salah satu aspek paling krusial dalam sistem logistik nasional, khususnya di Indonesia yang memiliki wilayah geografis sangat luas dan tersebar. Perbedaan lokasi antara daerah penghasil beras (gudang atau sumber pasokan) dan daerah yang membutuhkan (konsumen atau tujuan permintaan) menuntut strategi distribusi yang efisien dan hemat biaya. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menyusun strategi tersebut adalah dengan memodelkan masalah ini menggunakan teori transportasi dalam riset operasi, serta menyelesaikannya dengan metode Vogel's Approximation Method (VAM).

   Dalam studi ini, diasumsikan terdapat tiga gudang utama, masing-masing memiliki stok beras dengan jumlah yang telah diketahui, yaitu Gudang 1 (G1) sebanyak 50 ton, Gudang 2 (G2) sebanyak 60 ton, dan Gudang 3 (G3) sebanyak 40 ton. Ketiga gudang tersebut akan menyalurkan beras ke empat daerah tujuan, yaitu D1, D2, D3, dan D4, yang masing-masing memiliki kebutuhan sebesar 30 ton, 30 ton, 40 ton, dan 50 ton. Jumlah total pasokan (150 ton) sama dengan jumlah total permintaan (150 ton), sehingga permasalahan ini termasuk ke dalam kategori masalah transportasi yang seimbang (*balanced transportation problem*).

2. Implementasi Metode VAM

   Metode Vogel's Approximation Method (VAM) dimulai dengan menghitung *penalty cost* atau selisih biaya terendah dari dua opsi terendah di setiap baris dan kolom. Tujuan dari langkah ini adalah untuk menilai potensi kerugian apabila alokasi tidak dilakukan pada biaya terendah. Selanjutnya, selisih terbesar dipilih sebagai titik alokasi awal, lalu diisi sebanyak mungkin sesuai kapasitas pasokan dan permintaan. Proses ini terus diulang hingga seluruh pasokan dan permintaan terpenuhi. Dilakukan dengan beberapa langkah-langkah yaitu:

Langkah pertama: mencari dua biaya terendah dari masing-masing baris dan kolom kemudian mencari selisihnya.

Gudang / Daerah	D1	D2	D3	D4	Pasokan	Selisih biaya terendah baris
G1	6	8	10	9	50	$8-6=2$
G2	9	7	4	2	60	$4-2=2$
G3	3	4	2	6	40	$3-2=1$
Permintaan	30	30	40	50	150	
Selisih biaya terendah kolom	$6-3=3$	$7-4=3$	$4-2=2$	$6-2=4$		

Langkah kedua: pilih selisih yang terbesar antara seluruh baris dan kolom. Diperoleh selisih terbesar pada kolom D4 yaitu sebesar 4.

Gudang / Daerah	D1	D2	D3	D4	Pasokan	Selisih biaya terendah baris
G1	6	8	10	9	50	$8-6=2$
G2	9	7	4	2	60	$4-2=2$
G3	3	4	2	6	40	$3-2=1$
Permintaan	30	30	40	50	150	
Selisih biaya terendah kolom	$6-3=3$	$7-4=3$	$4-2=2$	$6-2=4$		

Langkah ketiga: mengalokasikan produk sebanyak-banyaknya pada sel yang memiliki biaya terendah pada kolom D4.

Gudang / Daerah	D1	D2	D3	D4	Pasokan	Selisih biaya terendah baris
G1	6	8	10	9 0	50	$8-6=2$
G2	9	7	4	2 50	60	$4-2=2$
G3	3	4	2	6 0	40	$3-2=1$
Permintaan	30	30	40	50	150	

Selisih biaya terendah kolom	$6-3=3$	$7-4=3$	$4-2=2$	$6-2=4$		

Langkah keempat: ulangi dari langkah 1 dan seterusnya untuk mengalokasikan seluruh produk sampai seluruh permintaan pada daerah terpenuhi. Diperoleh table akhir transportasi sebagai berikut

Gudang / Daerah	D1	D2	D3	D4	Pasokan
G1	6 30	8 20	10 0	9 0	50
G2	9 0	7 0	4 10	2 50	60
G3	3 0	4 10	2 30	6 0	40
Permintaan	30	30	40	50	150

Biaya total:

$= 30(6) + 20(8) + 10(4) + 50(2) + 10(4) + 30(2)$

$= 180 + 160 + 40 + 100 + 40 + 60$

$= 580\ (dalam\ ribu\ rupiah)$

Jadi, biaya total untuk mendistribusikan beras dari Gudang ke daerah dengan menggunakan metode VAM adalah $Rp.\,580.000$.

Dari tabel hasil akhir di atas, dapat dilihat bahwa seluruh permintaan dari masing-masing daerah telah terpenuhi dengan pasokan yang tersedia di gudang, tanpa ada kekurangan maupun kelebihan. Gudang G1 mengirimkan 30 ton ke D1 dan 20 ton ke D3, Gudang G2 mengirimkan 10 ton ke D3 dan 50 ton ke D4, sedangkan Gudang G3 mengalokasikan 10 ton ke D2 dan 30 ton ke D3. Pola distribusi ini memperlihatkan bahwa metode VAM telah berhasil menyalurkan beras secara merata dengan mempertimbangkan biaya terkecil terlebih dahulu.

3. Interpretasi dan Evaluasi Hasil

Dari hasil akhir distribusi, dapat disimpulkan bahwa metode VAM mampu menghasilkan solusi distribusi yang efisien dan memenuhi semua permintaan tanpa ada kelebihan maupun kekurangan pasokan. Hal ini menunjukkan efisiensi dalam utilisasi sumber daya dan akurasi metode dalam menjawab permasalahan transportasi.

Berdasarkan kajian literatur yang dikumpulkan selama proses SLR, metode VAM dinilai unggul dalam memberikan solusi awal yang mendekati optimal dibanding metode lain seperti *North West Corner Rule* atau *Least Cost Method*. Dalam penelitian oleh Hidayat et al. (2021), metode VAM mampu menurunkan biaya distribusi sebesar 12% dibanding metode konvensional. Sementara itu, studi oleh Rahman & Siregar (2022) menunjukkan bahwa kombinasi VAM dan MODI (Modified Distribution Method) mampu menghasilkan efisiensi biaya distribusi hingga 18% dalam sistem logistik pangan di wilayah Sumatera Utara.

Penerapan metode VAM juga memperlihatkan fleksibilitas dalam menghadapi kondisi nyata seperti fluktuasi biaya bahan bakar, kondisi jalan yang tidak seragam, serta keterbatasan moda transportasi di daerah-daerah terpencil. Dengan demikian, metode ini tidak hanya bermanfaat dalam konteks teoritis, tetapi juga sangat aplikatif dalam praktik logistik di Indonesia.

4. Analisis Kelebihan dan Keterbatasan VAM
   a. Kelebihan
      - Memberikan solusi awal yang sangat dekat dengan solusi optimal.
      - Menghemat waktu proses iterasi dibanding metode lain.
      - Memperhitungkan potensi kerugian (penalty) sejak awal, sehingga lebih adaptif terhadap struktur biaya.
   b. Keterbatasan
      - VAM hanya menghasilkan solusi awal, sehingga perlu dilanjutkan dengan metode optimasi lanjutan seperti MODI untuk menjamin optimalitas mutlak.
      - Tidak mempertimbangkan faktor eksternal non-biaya, seperti waktu tempuh, kondisi geografis ekstrem, atau kebijakan distribusi pemerintah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil kajian sistematis literatur dan simulasi distribusi menggunakan metode Vogel's Approximation Method (VAM), dapat disimpulkan bahwa metode ini merupakan pendekatan yang efektif dalam menyelesaikan masalah transportasi, khususnya dalam konteks distribusi beras di Indonesia. VAM mampu memberikan solusi awal yang mendekati optimal dengan mempertimbangkan perbedaan biaya antar jalur distribusi secara efisien melalui perhitungan penalty cost. Distribusi yang diperoleh dari metode ini menunjukkan bahwa semua permintaan dapat terpenuhi tanpa kelebihan atau kekurangan pasokan, serta menghasilkan biaya distribusi yang rendah. Selain itu, metode ini bersifat fleksibel dan dapat diterapkan dalam berbagai kondisi geografis dan logistik di Indonesia, menjadikannya sebagai pilihan strategis dalam pengambilan keputusan distribusi logistik. Kajian literatur dari berbagai sumber juga menunjukkan bahwa VAM memiliki keunggulan dalam hal efisiensi biaya, kemudahan implementasi, dan kecepatan perhitungan, meskipun tetap memiliki keterbatasan yang perlu dilengkapi oleh metode optimasi lanjutan seperti MODI.

Pemerintah, khususnya Kementerian Pertanian dan BULOG, diharapkan dapat mempertimbangkan penggunaan pendekatan berbasis riset operasi seperti Vogel's Approximation Method (VAM) dalam perencanaan distribusi beras secara nasional. Penggunaan metode ini diyakini mampu meningkatkan efisiensi biaya transportasi secara signifikan. Di sisi lain, perusahaan logistik pangan dan pihak distribusi lokal juga disarankan untuk mengadopsi model matematis seperti VAM sebagai dasar pengambilan keputusan distribusi. Penggabungan metode ini dengan teknologi informasi seperti GIS (Geographic Information System) dapat semakin meningkatkan ketepatan dan efektivitas distribusi, terutama di wilayah dengan hambatan geografis. Untuk para peneliti, pengembangan lanjutan sangat diperlukan dengan mengintegrasikan metode VAM dan MODI, serta menerapkan simulasi berbasis data riil dari jaringan distribusi beras antarprovinsi agar model yang dihasilkan lebih valid, relevan, dan adaptif terhadap kondisi nyata di lapangan.

REFERENSI

Fauziah, A., Mustaqim, R., & Suryani, T. (2023). Efisiensi distribusi logistik pangan menggunakan metode optimasi transportasi. *Jurnal Logistik Indonesia*, 12(2), 76–84.

Hidayat, R., Azzahra, R., & Kurniawan, A. (2021). Penerapan metode Vogel's Approximation untuk efisiensi distribusi beras di Kabupaten Serang. *Jurnal Logistik dan Distribusi*, 9(1), 45–52.

Iskandar, A. (2022). Pemanfaatan SIG dalam distribusi beras di wilayah terpencil. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 5(3), 112–120.

Kurniawan, D., & Putri, S. (2021). Kebijakan distribusi beras nasional dan peran model matematis. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 13(1), 59–66.

Lestari, D., & Nugroho, A. (2020). Model transportasi dalam distribusi logistik pangan menggunakan pendekatan Vogel dan Stepping Stone. *Jurnal Matematika dan Terapan*, 6(3), 88–96.

Nurhasanah, L., Prasetyo, R., & Wulandari, N. (2021). Efektivitas distribusi pangan pokok melalui optimalisasi biaya transportasi. *Jurnal Sistem Logistik dan Bisnis*, 4(1), 33–40.

Putri, A. M., & Wahyuni, R. (2023). Analisis optimasi biaya distribusi bahan pokok menggunakan metode transportasi di Jawa Barat. *Jurnal Matematika dan Aplikasinya*, 14(1), 25–34.

Rahman, M., & Siregar, T. (2022). Optimalisasi biaya distribusi beras menggunakan metode VAM dan MODI di wilayah Sumatera Utara. *Jurnal Operasional Rantai Pasok*, 7(2), 33–41.

Saputra, R., & Hidayat, M. (2020). Implementasi GIS untuk optimasi distribusi barang konsumsi di Kalimantan. *Jurnal Geomatika Indonesia*, 9(2), 122–130. (SINTA 2)

Susanto, Y. (2019). Penerapan metode operasional dalam distribusi pangan pokok. *Jurnal Sistem dan Teknologi Logistik*, 3(2), 101–108.