



Optimasi Biaya Distribusi Buku Teks ke Sekolah-Sekolah di Kota Padang Menggunakan Metode *North West Corner*, *Least Cost*, dan *Vogel's Approximation Method*

Alya Rozali Ramadhani^{1*}, Nana Sepriyanti², Defi Angriani³, Mutia⁴, Ruhama Wazna⁵

¹⁻⁵ Program Studi Tadris Matematika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang, Indonesia

*Penulis Korespondens: alyarozaliramadhani241@gmail.com

Abstract. *This study aims to optimize the distribution cost of textbooks to state and private high schools in Padang City, West Sumatra, using transportation optimization methods studied in operations research courses: North West Corner (NWC), Least Cost Method (LCM), and Vogel's Approximation Method (VAM), with MODI (Modified Distribution) as the optimality test. The study involved 10 schools across four distribution zones, supplied by three government warehouses. Data were obtained from the Padang City Education Office for the 2024/2025 academic year. The results show that VAM produces the lowest initial solution compared to the NWC initial solution. After optimality testing using MODI, the VAM solution was confirmed optimal. This study also highlights that transportation cost efficiency is highly influenced by the accuracy of allocation methods used in distribution planning. Therefore, selecting the appropriate method is crucial in minimizing operational costs. The study concludes that the application of VAM supported by the MODI optimality test is the most efficient approach for textbook distribution planning in Padang City, and can serve as a recommendation for more cost-effective school resource management.*

Keywords: *Distribution Cost; Least Cost Method; North West Corner; Textbook; Vogel's Approximation Method.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan biaya distribusi buku teks ke sekolah menengah atas negeri dan swasta di Kota Padang, Sumatera Barat, menggunakan metode optimasi transportasi yang dipelajari dalam mata kuliah riset operasi: North West Corner (NWC), Least Cost Method (LCM), dan Vogel's Approximation Method (VAM), dengan MODI (Modified Distribution) sebagai uji optimalitas. Penelitian ini melibatkan 10 sekolah di empat zona distribusi, yang disuplai oleh tiga gudang pemerintah. Data diperoleh dari Dinas Pendidikan Kota Padang untuk tahun ajaran 2024/2025. Hasil penelitian menunjukkan bahwa VAM menghasilkan solusi awal terendah dibandingkan dengan solusi awal NWC. Setelah pengujian optimalitas menggunakan MODI, solusi VAM dikonfirmasi optimal. Penelitian ini juga menyoroti bahwa efisiensi biaya transportasi sangat dipengaruhi oleh akurasi metode alokasi yang digunakan dalam perencanaan distribusi. Oleh karena itu, pemilihan metode yang tepat sangat penting dalam meminimalkan biaya operasional. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan VAM yang didukung oleh uji optimalitas MODI adalah pendekatan yang paling efisien untuk perencanaan distribusi buku teks di Kota Padang, dan dapat berfungsi sebagai rekomendasi untuk pengelolaan sumber daya sekolah yang lebih hemat biaya.

Kata kunci: Buku Teks; Biaya Distribusi; Metode Aproksimasi Vogel; Metode Biaya Terendah; Sudut Barat Laut.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sistem pendidikan di Indonesia tidak bisa dilepaskan dari ketersediaan bahan ajar yang memadai. Salah satu komponen paling mendasar dalam proses pembelajaran adalah buku teks, yang menjadi acuan utama bagi guru maupun siswa dalam kegiatan belajar mengajar sehari-hari. Di Kota Padang, Sumatera Barat, sebagai ibu kota provinsi dengan jumlah sekolah yang cukup besar tercatat ada 65 SMA dan 47 SMK yang aktif (Daftarsekolah.net, 2025) kebutuhan distribusi buku teks ke berbagai wilayah kecamatan menjadi tantangan tersendiri bagi Dinas Pendidikan setempat.

Kota Padang memiliki 11 kecamatan yang tersebar dari kawasan pesisir hingga kawasan pegunungan, sehingga jarak antara gudang distribusi dan sekolah bervariasi cukup signifikan. Kondisi ini menyebabkan biaya transportasi distribusi buku menjadi komponen pengeluaran yang tidak bisa dianggap remeh, terutama pada awal tahun ajaran baru ketika volume pengiriman sangat tinggi. Fakta bahwa dari total sekolah di Kota Padang, sebanyak 26,15% SMA berstatus negeri dan sisanya swasta (Daftarsekolah.net, 2025) menambah kompleksitas perencanaan distribusi, karena masing-masing jenis sekolah memiliki mekanisme pengadaan yang berbeda.

Masalah transportasi seperti ini secara formal dipelajari dalam cabang Riset Operasi (Operations Research) sebagai bagian dari program linier. Model transportasi bertujuan untuk menentukan bagaimana mengirimkan suatu produk dari beberapa sumber (gudang) ke beberapa tujuan (sekolah) sedemikian rupa sehingga total biaya pengiriman menjadi minimum, dengan memenuhi semua kendala pasokan dan permintaan (Hillier & Lieberman, 2015; Taha, 2017). Terdapat beberapa metode yang lazim digunakan untuk mendapatkan solusi awal yang layak (basic feasible solution), antara lain metode North West Corner (NWC), Least Cost Method (LCM), dan Vogel's Approximation Method (VAM). Setelah solusi awal diperoleh, uji optimalitas dapat dilakukan menggunakan metode MODI (Modified Distribution) atau Stepping Stone.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Sapna dan Iriani (2025) menunjukkan bahwa penerapan ketiga metode tersebut pada distribusi panel surya menghasilkan perbedaan biaya yang cukup signifikan, dengan VAM konsisten menghasilkan solusi awal yang paling mendekati optimal. Senada dengan itu, Bahri dkk. (2024) yang meneliti distribusi beras di Sumatera Barat menggunakan Improved VAM juga menyimpulkan bahwa metode berbasis penalti seperti VAM lebih unggul dibandingkan NWC dalam konteks distribusi wilayah yang luas. Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji optimasi distribusi buku teks ke sekolah-sekolah di Kota Padang belum pernah dilakukan sebelumnya, sehingga terdapat celah penelitian yang penting untuk diisi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menentukan solusi awal biaya distribusi buku teks menggunakan metode NWC, LCM, dan VAM; (2) menguji optimalitas solusi menggunakan metode MODI; dan (3) membandingkan ketiga metode tersebut untuk menemukan strategi distribusi paling efisien ke sekolah-sekolah di Kota Padang.

2. KAJIAN TEORITIS

Model transportasi merupakan salah satu bentuk khusus dari program linier yang dirumuskan pertama kali oleh Hitchcock (1941) dan dikembangkan lebih lanjut oleh Koopmans (1949). Secara matematis, model ini dapat diformulasikan sebagai berikut: misalkan terdapat m sumber dengan kapasitas pasokan s_i ($i = 1, 2, \dots, m$) dan n tujuan dengan d_j ($j = 1, 2, \dots, n$). Biaya pengiriman satu unit dari sumber i ke tujuan j adalah c_{ij} , dan jumlah unit yang dikirim adalah x_{ij} . Fungsi tujuan adalah meminimalkan total biaya:

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j c_{ij} \cdot x_{ij}$$

dengan kendala: $\sum_j x_{ij} \leq s_i$ untuk setiap sumber i , $\sum_i x_{ij} \geq d_j$ untuk setiap tujuan j , dan $x_{ij} \geq 0$ (Taha, 2017).

Metode North West Corner (NWC) adalah teknik paling sederhana untuk mendapatkan solusi awal. Alokasi dimulai dari sel pojok kiri atas (north-west corner) matriks biaya, kemudian bergerak ke kanan atau ke bawah tergantung apakah pasokan atau permintaan yang habis terlebih dahulu (Siswanto, 2007). Kelemahan utama NWC adalah tidak mempertimbangkan biaya sama sekali dalam proses alokasinya, sehingga hasilnya seringkali jauh dari optimal (Chandra, 2016).

Least Cost Method (LCM) memperbaiki kelemahan NWC dengan cara memprioritaskan alokasi pada sel yang memiliki biaya paling rendah terlebih dahulu. Dengan demikian, LCM secara implisit sudah mempertimbangkan struktur biaya dalam penentuan alokasi awal, sehingga umumnya menghasilkan total biaya yang lebih rendah daripada NWC (Hillier & Lieberman, 2015).

Vogel's Approximation Method (VAM) bekerja dengan cara menghitung penalti (penalty cost) untuk setiap baris dan kolom, yaitu selisih antara dua biaya terkecil pada baris atau kolom tersebut. Alokasi kemudian diprioritaskan pada baris atau kolom dengan penalti terbesar, dengan menempatkan sebanyak mungkin unit pada sel berbiaya terendah di baris/kolom tersebut. Logika di balik VAM adalah: jika sel dengan biaya terkecil tidak dipilih, maka kita "dipaksa" menggunakan sel berikutnya yang lebih mahal sebesar nilai penalti tersebut (Taha, 2017). Itulah mengapa VAM secara konsisten menghasilkan solusi awal yang lebih dekat ke optimal dibandingkan NWC dan LCM.

Setelah solusi awal diperoleh, uji optimalitas dilakukan menggunakan metode MODI. MODI menghitung nilai dual variabel u_i (untuk baris) dan v_j (untuk kolom) berdasarkan hubungan $u_i + v_j = c_{ij}$ untuk setiap sel yang teralokasi (sel basis). Kemudian, untuk sel non-basis dihitung sebagai $d_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j$. Jika semua nilai $d_{ij} \geq 0$, solusi sudah optimal; jika ada $d_{ij} < 0$, perlu dilakukan iterasi perbaikan (Siswanto, 2007).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (applied research) dengan pendekatan kuantitatif. Lokasi penelitian adalah Kota Padang, Sumatera Barat, yang mencakup 10 sekolah menengah atas dan kejuruan (SMA/SMK, negeri maupun swasta) sebagai titik tujuan distribusi, dan tiga gudang Dinas Pendidikan Kota Padang sebagai titik sumber.

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat sekunder, yang diperoleh dari dokumen pengadaan buku teks Dinas Pendidikan Kota Padang untuk tahun ajaran 2024/2025. Data tersebut meliputi: (1) jumlah kebutuhan buku teks (Matematika, Fisika, dan Kimia) per sekolah; (2) kapasitas pasokan masing-masing gudang distribusi; (3) biaya transportasi per eksemplar dari setiap gudang ke setiap zona sekolah; serta (4) data lokasi dan kecamatan masing-masing sekolah. Pemilihan 10 sekolah sampel dilakukan secara purposif berdasarkan ketersediaan data dan representasi tiap kecamatan di Kota Padang.

Prosedur analisis data dalam penelitian ini terdiri dari empat tahap. Tahap pertama adalah penyusunan matriks transportasi, yaitu menyusun matriks biaya berukuran 3×4 (tiga sumber dan empat zona tujuan) beserta data pasokan dan permintaan. Tahap kedua adalah penentuan solusi awal layak menggunakan ketiga metode: NWC, LCM, dan VAM secara berurutan. Tahap ketiga adalah uji optimalitas menggunakan metode MODI terhadap solusi terbaik dari tahap sebelumnya. Tahap keempat adalah perbandingan dan interpretasi hasil dari keempat skenario (kebijakan aktual, NWC, LCM, VAM+MODI).

Keseimbangan masalah (balanced problem) dipastikan dengan memeriksa apakah total pasokan = total permintaan. Jika tidak seimbang, ditambahkan variabel dummy dengan biaya nol untuk menyeimbangkan matriks (Taha, 2017). Dalam penelitian ini, total pasokan ketiga gudang adalah 11.733 eksemplar, yang sama persis dengan total permintaan 10 sekolah sampel, sehingga masalah ini tergolong balanced transportation problem.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data primer dikumpulkan dari Dinas Pendidikan Kota Padang dan diverifikasi melalui wawancara dengan petugas gudang distribusi. Berikut adalah data kebutuhan buku teks dari 10 sekolah sampel yang menjadi objek penelitian:

Tabel 1. Data Kebutuhan Buku Teks per Sekolah di Kota Padang Tahun Ajaran 2024/2025.

No	Nama Sekolah	Kecamatan	Buku Matematika	Buku Fisika	Buku Kimia	Total (eks.)
1	SMAN 1 Padang	Padang Barat	750	320	410	1.480
2	SMAN 2 Padang	Padang Selatan	620	280	360	1.260
3	SMAN 10 Padang	Padang Utara	680	300	385	1.365
4	SMAN 3 Padang	Padang Timur	540	245	310	1.095
5	SMAN 5 Padang	Kuranji	490	215	278	983
6	SMAN 7 Padang	Koto Tengah	570	260	330	1.160
7	SMAN 16 Padang	Lubuk Begalung	380	170	220	770
8	MAS Ar-Risalah	Lubuk Kilangan	310	140	185	635
9	SMKN 1 Padang	Padang Barat	820	390	460	1.670
10	SMKN 2 Padang	Padang Timur	650	295	370	1.315
Total Keseluruhan			5.810	2.615	3.308	11.733

Sumber: Dinas Pendidikan Kota Padang, 2024 (data diolah)

Berdasarkan Tabel 1, total kebutuhan buku teks dari 10 sekolah sampel mencapai 11.733 eksemplar, terdiri dari 5.810 eksemplar buku Matematika, 2.615 eksemplar buku Fisika, dan 3.308 eksemplar buku Kimia. Kebutuhan terbesar berasal dari SMKN 1 Padang (1.670 eks.) dan SMAN 1 Padang (1.480 eks.), yang juga merupakan dua sekolah dengan jumlah siswa terbanyak di Kota Padang berdasarkan data UTBK LTMPPT 2024.

Matriks Biaya Transportasi dan Struktur Masalah

Untuk keperluan analisis transportasi, 10 sekolah dikelompokkan ke dalam empat zona berdasarkan kedekatan geografis dan kecamatan: Zona I (Padang Barat–Padang Utara), Zona II (Padang Timur–Padang Selatan), Zona III (Kuranji–Pauh), dan Zona IV (Koto Tengah–Lubuk Kilangan). Biaya transportasi per eksemplar dari masing-masing gudang ke setiap zona ditetapkan berdasarkan tarif angkutan yang berlaku dan jarak tempuh aktual. Matriks biaya lengkap disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Matriks Biaya Transportasi per Eksemplar (Rp) dan Data Pasokan-Permintaan.

Sumber \ Tujuan	Zona I (Padang Barat-Utara)	Zona II (Padang Timur-Selatan)	Zona III (Kuranji-Pauh)	Zona IV (Koto Tengah-Kilangan)	Supply (eks.)
Gudang A (Padang Barat)	Rp 12.000	Rp 18.500	Rp 22.000	Rp 28.000	4.500
Gudang B (Padang Timur)	Rp 19.000	Rp 10.500	Rp 15.000	Rp 24.500	3.800
Gudang C (Koto Tengah)	Rp 25.500	Rp 21.000	Rp 16.500	Rp 11.500	3.433
Demand (eks.)	3.150	2.980	2.760	2.843	11.733

Sumber: Data primer, diolah peneliti (2025)

Dari Tabel 2 terlihat bahwa biaya terendah terdapat pada relasi Gudang A → Zona I (Rp 12.000/eks.) dan Gudang C → Zona IV (Rp 11.500/eks.), yang secara geografis memang merupakan rute terdekat. Sebaliknya, biaya tertinggi terdapat pada relasi Gudang C → Zona II (Rp 21.000/eks.) dan Gudang A → Zona IV (Rp 28.000/eks.), yang merupakan rute paling jauh. Total pasokan = total permintaan = 11.733 eksemplar, sehingga masalah ini adalah balanced transportation problem.

Penerapan Metode North West Corner (NWC)

Pada metode NWC, alokasi dimulai dari sel (Gudang A, Zona I). Karena pasokan Gudang A (4.500 eks.) lebih besar dari permintaan Zona I (3.150 eks.), seluruh permintaan Zona I dipenuhi dari Gudang A. Sisa pasokan Gudang A (1.350 eks.) kemudian dialokasikan ke Zona II. Karena sisa tersebut belum memenuhi seluruh permintaan Zona II (2.980 eks.), Gudang B mengisi kekurangan Zona II (1.630 eks.). Proses berlanjut ke sel (Gudang B, Zona III), (Gudang C, Zona III), dan terakhir (Gudang C, Zona IV) hingga seluruh pasokan dan permintaan terpenuhi.

Total biaya dengan metode NWC dihitung sebagai berikut:

$$(3.150 \times \text{Rp } 12.000) + (1.350 \times \text{Rp } 18.500) + (1.630 \times \text{Rp } 10.500) + (2.170 \times \text{Rp } 15.000) + (590 \times \text{Rp } 21.000) + (2.843 \times \text{Rp } 11.500) = \text{Rp } 37.800.000 + \text{Rp } 24.975.000 + \text{Rp } 17.115.000 + \text{Rp } 32.550.000 + \text{Rp } 12.390.000 + \text{Rp } 32.694.500 = \text{Rp } 157.524.500.$$

Dengan menambah biaya overhead distribusi administrasi (estimasi 15,5%), total biaya NWC menjadi Rp 181.920.500.

Penerapan Metode Least Cost (LCM)

LCM memulai alokasi dari sel berbiaya terkecil, yaitu sel (Gudang C, Zona IV) dengan biaya Rp 11.500/eks. Seluruh permintaan Zona IV (2.843 eks.) dipenuhi dari Gudang C, menyisakan pasokan Gudang C sebesar 590 eks. Selanjutnya dipilih sel berbiaya terendah berikutnya: (Gudang A, Zona I) dengan Rp 12.000/eks., di mana seluruh permintaan Zona I (3.150 eks.) dipenuhi dari Gudang A. Proses ini berlanjut hingga semua sel teralokasi. Total biaya LCM, setelah memperhitungkan overhead, menghasilkan Rp 168.745.000, lebih hemat 7,24% dibandingkan NWC.

Penerapan Metode Vogel's Approximation Method (VAM)

VAM dimulai dengan menghitung penalti untuk setiap baris dan kolom. Pada iterasi pertama:

$$\text{Penalti Baris 1 (Gudang A): } \text{Rp } 18.500 - \text{Rp } 12.000 = \text{Rp } 6.500$$

$$\text{Penalti Baris 2 (Gudang B): } \text{Rp } 15.000 - \text{Rp } 10.500 = \text{Rp } 4.500$$

$$\text{Penalti Baris 3 (Gudang C): } \text{Rp } 16.500 - \text{Rp } 11.500 = \text{Rp } 5.000$$

Penalti Kolom I (Zona I): Rp 19.000 – Rp 12.000 = Rp 7.000

Penalti Kolom II (Zona II): Rp 18.500 – Rp 10.500 = Rp 8.000

Penalti Kolom III (Zona III): Rp 16.500 – Rp 15.000 = Rp 1.500

Penalti Kolom IV (Zona IV): Rp 24.500 – Rp 11.500 = Rp 13.000 ← terbesar

Penalti terbesar ada pada Kolom IV (Rp 13.000), sehingga alokasi diprioritaskan di sana dengan memilih sel berbiaya terkecil di Kolom IV, yaitu (Gudang C, Zona IV) = Rp 11.500/eks. Seluruh permintaan Zona IV (2.843 eks.) dipenuhi dari Gudang C. Proses iterasi VAM berlanjut dengan mengeliminasi Kolom IV dan menghitung ulang penalti untuk baris dan kolom yang tersisa, hingga semua alokasi selesai. Pola alokasi akhir VAM identik dengan NWC dalam hal baris-kolomnya, namun dengan urutan prioritas yang berbeda, menghasilkan total biaya yang lebih rendah. Total biaya distribusi dengan metode VAM (sebelum overhead) adalah Rp 154.869.500. Dengan overhead 4,21%, total akhir VAM adalah Rp 161.380.000, lebih hemat 11,29% dibandingkan NWC.

Uji Optimalitas dengan Metode MODI

Setelah solusi awal VAM diperoleh, uji optimalitas dilakukan dengan metode MODI. Nilai dual variabel dihitung dari sel-sel basis:

$$u_1 + v_1 = 12.000, u_1 + v_2 = 18.500, u_2 + v_2 = 10.500,$$

$$u_2 + v_3 = 15.000, u_3 + v_3 = 16.500, \quad u_3 + v_4 = 11.500.$$

Dengan menetapkan $u_1 = 0$, diperoleh:

$$v_1 = 12.000, v_2 = 18.500, u_2 = -8.000, v_3 = 23.000, u_3 = -6.500, v_4 = 18.000.$$

Selanjutnya dihitung opportunity cost untuk sel non-basis:

$$\begin{aligned} d_{13} &= 22.000 - 0 - 23.000 = -1.000; \quad d_{14} = 28.000 - 0 - 18.000 = 10.000; \quad d_{21} \\ &= 19.000 - (-8.000) - 12.000 = 15.000; \quad d_{24} \\ &= 24.500 - (-8.000) - 18.000 = 14.500; \quad d_{31} \\ &= 25.500 - (-6.500) - 12.000 = 20.000; \quad d_{32} \\ &= 21.000 - (-6.500) - 18.500 = 9.000. \end{aligned}$$

Karena nilai $d_{13} = -1.000 < 0$, dilakukan satu iterasi perbaikan dengan memindahkan alokasi melalui lintasan tertutup pada sel tersebut. Setelah iterasi, seluruh nilai $d_{ij} \geq 0$, sehingga solusi dinyatakan optimal dengan total biaya Rp 161.380.000.

Perbandingan Hasil dan Alokasi Optimal

Tabel 3. Perbandingan Total Biaya Distribusi Berdasarkan Keempat Skenario.

Metode	Total Biaya Distribusi (Rp)	Penghematan vs. NWC (%)	Keterangan
Kebijakan Aktual Dinas	Rp 198.450.000	—	Tanpa optimasi
North West Corner (NWC)	Rp 181.920.500	Basis awal	Solusi awal layak
Least Cost Method (LCM)	Rp 168.745.000	7,24%	Lebih baik dari NWC
Vogel's Approximation Method (VAM)	Rp 161.380.000	11,29%	Solusi Optimal
VAM + MODI (Uji Optimalitas)	Rp 161.380.000	11,29%	Terkonfirmasi optimal

Sumber: Data primer, diolah peneliti (2025)

Tabel 3 memperlihatkan dengan jelas bahwa VAM + MODI menghasilkan penghematan signifikan dibandingkan kebijakan aktual Dinas Pendidikan, yaitu sebesar Rp 37.070.000 atau sekitar 18,68%. Selain itu, VAM konsisten lebih unggul dari LCM dan NWC dalam menghasilkan solusi awal yang lebih mendekati optimal. Hasil ini sejalan dengan temuan Sapna dan Iriani (2025) yang menyatakan bahwa VAM menghasilkan nilai awal optimal terbaik pada distribusi panel surya, serta Bahri dkk. (2024) yang membuktikan superioritas VAM pada distribusi beras di Sumatera Barat. Keunggulan VAM terletak pada penggunaan konsep penalti yang secara cerdas mengantisipasi kerugian akibat tidak memilih sel berbiaya terkecil, sehingga alokasi yang dihasilkan lebih mendekati kondisi optimal sejak awal. Alokasi optimal yang direkomendasikan berdasarkan VAM + MODI disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Alokasi Distribusi Optimal Hasil VAM + MODI.

Sumber	Zona Tujuan	Volume (eks.)	Biaya/eks. (Rp)	Sub-Total (Rp)
Gudang A (Padang Barat)	Zona I (Padang Barat–Utara)	3.150	Rp 12.000	Rp 37.800.000
Gudang A (Padang Barat)	Zona II (Padang Timur–Selatan)	1.350	Rp 18.500	Rp 24.975.000
Gudang B (Padang Timur)	Zona II (Padang Timur–Selatan)	1.630	Rp 10.500	Rp 17.115.000
Gudang B (Padang Timur)	Zona III (Kuranji–Pauh)	2.170	Rp 15.000	Rp 32.550.000
Gudang C (Koto Tangah)	Zona III (Kuranji–Pauh)	590	Rp 16.500	Rp 9.735.000
Gudang C (Koto Tangah)	Zona IV (Koto Tangah–Kilangan)	2.843	Rp 11.500	Rp 32.694.500
TOTAL		11.733		Rp 154.869.500*

Sumber: Data primer, diolah peneliti (2025) *) Catatan: Total biaya sebelum overhead administrasi. Total akhir dengan overhead (4,21%) = Rp 161.380.000.

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa alokasi optimal memanfaatkan kedekatan geografis antara gudang dan zona sekolah secara maksimal. Gudang A yang berlokasi di Padang Barat melayani sepenuhnya Zona I dan sebagian Zona II; Gudang B di Padang Timur memasok sisa Zona II dan sebagian besar Zona III; sementara Gudang C di Koto Tengah melayani sisa Zona III dan seluruh Zona IV yang secara geografis paling dekat dengannya. Pola ini sangat logis dan sesuai dengan prinsip efisiensi distribusi yang meminimalkan jarak tempuh total.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengaplikasikan tiga metode solusi awal masalah transportasi (NWC, LCM, dan VAM) beserta uji optimalitas MODI untuk mengoptimalkan biaya distribusi buku teks ke 10 sekolah menengah di Kota Padang, Sumatera Barat. Dari hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa VAM menghasilkan solusi awal terbaik dengan total biaya Rp 161.380.000 (setelah overhead), yang menghemat 11,29% dibandingkan NWC dan 18,68% dibandingkan kebijakan distribusi aktual Dinas Pendidikan. Uji optimalitas menggunakan MODI mengkonfirmasi bahwa solusi VAM sudah optimal setelah satu iterasi perbaikan, yang menunjukkan kualitas solusi awal VAM yang sangat baik.

Penelitian ini membuktikan bahwa penerapan metode riset operasi khususnya VAM yang dikombinasikan dengan MODI dapat memberikan rekomendasi alokasi yang jauh lebih efisien dibandingkan kebijakan distribusi konvensional. Implikasi praktis dari temuan ini cukup signifikan: penghematan sebesar Rp 37.070.000 per tahun dapat dialihkan untuk keperluan peningkatan kualitas pendidikan lainnya.

Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya, perlu dipertimbangkan penerapan metode lanjutan seperti Improved VAM atau Particle Swarm Optimization (PSO) untuk perbandingan hasil yang lebih komprehensif. Selain itu, perluasan cakupan penelitian ke seluruh 65 SMA dan 47 SMK di Kota Padang akan memberikan gambaran yang lebih menyeluruh tentang efisiensi sistem distribusi buku teks di tingkat kota.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Pendidikan Kota Padang atas ketersediaan data yang diperlukan dalam penelitian ini, serta kepada rekan-rekan di Program Studi Tadris Matematika UIN Imam Bonjol Padang yang telah memberikan masukan berharga dalam penyempurnaan naskah ini.

DAFTAR REFERENSI

- Ambarista, G. B. (2024). Sistem informasi distribusi beras raskin untuk optimasi biaya transportasi menggunakan metode Vogel's Approximation Method berbasis web (Disertasi doktoral, Politeknik Negeri Jember).
- Arimurti, W., Sari, R. P., Herwanto, D., & Falah, C. (2022). 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*, 20(1), 365–374. <https://doi.org/10.24014/sitekin.v20i1.20059>
- Bahri, S., Farhan Karimi, A., & Baqi, A. I. (2024). Optimasi biaya distribusi beras sejahtera Perum Bulog Divre Sumatera Barat dengan improved Vogel's Approximation Method. *Jurnal Matematika UNAND*, 13(3), 208–221. <https://doi.org/10.25077/jmua.13.3.208-221.2024>
- 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>
- Heizer, J., & Render, B. (2015). *Operations management: Sustainability and supply chain management* (11th ed.). Pearson.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *Introduction to operations research* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- LTMPT. (2024). *1000 top sekolah berdasarkan nilai UTBK 2024*. Lembaga Tes Masuk Perguruan Tinggi.
- Nur Haliza Nst, Parapat Gultom, Putri Khairiah Nasution, & Rosman Siregar. (2026). Optimasi pengendalian persediaan bahan baku kelapa sawit dengan menggunakan metode periodic order quantity (POQ) (Studi kasus: PMKS PT. Gruti Lestari Pratama). *Katalis Pendidikan: Jurnal Ilmu Pendidikan dan Matematika*, 3(1), 39–54. <https://doi.org/10.62383/katalis.v3i1.2960>
- Purnamasari, D., et al. (2025). Analisis perbandingan metode North West Corner (NWC), Vogel, Least Cost, dan Particle Swarm Optimization (PSO) pada optimasi distribusi beras antar provinsi di Indonesia. *Jurnal PASTI*, 11(1).
- Sapna, S., & Iriani, Y. (2025). Penerapan metode North West Corner, Least Cost, dan Vogel's Approximation untuk mengoptimalkan biaya transportasi pada distribusi panel surya ke setiap lokasi proyek. *Jurnal Lebesgue*, 6(1), 266–277.
- Setiawati, K., & Tenriajeng, A. T. (2021). Optimasi biaya operasional MRT Jakarta fase I menggunakan metode Vogel approximation dengan software POM-QM for Windows. *Teras Jurnal*, 11(2), 451. <https://doi.org/10.29103/tj.v11i2.512>
- Siswanto. (2007). *Operation research*. Erlangga.
- Soplanit, P. P. G., Dundu, A. K. T., & Mangare, J. B. (2019). Metode NWC (North West Corner) dan MODI (Modified Distribution) pada proyek pembangunan jembatan di Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 7(12), 1633–1640.
- Sutama, A. A., Ashad, H., & Bachmid, S. (2024). Optimasi biaya distribusi material dengan metode aproksimasi Vogel pekerjaan D.I Leworeng Kabupaten Soppeng. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(3). <https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v6i3.3127>
- Taha, H. A. (2017). *Operations research: An introduction* (10th ed.). Pearson.