

Analisis Komparatif *Vogel's Approximation Method* dan *Modified Vogel's Approximation Method* dalam Optimalisasi Transportasi

Rena Aulia ^{1, a)} dan Pardi Affandi ^{2, b)}

^{1,2} Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Lambung Mangkurat.

^{a)} 2211011120005@mhs.ulm.ac.id

^{b)} p_affandi@ulm.ac.id

Abstrak. Distribusi barang merupakan bagian penting dalam rantai pasokan yang berperan besar dalam menentukan efisiensi dan biaya operasional suatu perusahaan. Penelitian ini berfokus pada perbandingan antara *Vogel's Approximation Method* (VAM) dan *Improved Vogel's Approximation Method* (IVAM) untuk menemukan solusi awal dalam optimalisasi biaya distribusi. Data penelitian diperoleh dari studi kasus UD Yosarita, mencakup kapasitas gudang, permintaan konsumen, dan matriks biaya pengiriman. Hasil analisis menunjukkan bahwa IVAM mampu menghasilkan biaya distribusi sebesar Rp 4.595.000,00, lebih rendah dibandingkan VAM dengan biaya Rp 4.615.000,00. Kedua metode tersebut memerlukan jumlah iterasi yang sama, yakni sebanyak 9 langkah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi bagi perusahaan dalam memilih metode distribusi yang lebih efisien dan ekonomis.

Kata Kunci : *Improved Vogel's Approximation Method*, Optimalisasi, *Vogel's Approximation Method*

1. PENDAHULUAN

Distribusi merupakan salah satu komponen vital dalam rantai pasokan yang memainkan peran strategis dalam menentukan keberhasilan operasional perusahaan. Distribusi dapat diartikan sebagai sekelompok perusahaan atau perseorangan yang memiliki hak kepemilikan atas produk atau membantu memindahkan hak kepemilikan produk dari tangan produsen ke konsumen. Proses distribusi tidak hanya sebatas pengiriman barang dari produsen ke konsumen akhir, namun juga mencakup pengelolaan rute, pengaturan waktu pengiriman, serta pengendalian biaya yang efektif[1]. Biaya distribusi menjadi salah satu pengaruh terbesar dalam perhitungan total biaya operasional, yang tentunya secara langsung memengaruhi harga akhir produk di pasar. Oleh karena itu, optimalisasi distribusi menjadi prioritas utama bagi banyak perusahaan dalam rangka menjaga efisiensi, menekan biaya, dan menjaga daya saing dalam industri.

Untuk mengoptimalkan proses distribusi, metode transportasi sering digunakan guna menyelesaikan masalah alokasi sumber daya dengan efisien. Metode Transportasi merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengatur distribusi dari sumber-sumber yang menyediakan produk yang sama ke tempat-tempat yang membutuhkan secara optimal dengan biaya yang termurah. Salah satu tujuan utama dari penerapan metode transportasi adalah meminimalkan biaya distribusi dengan mempertimbangkan kapasitas pengiriman serta permintaan di setiap lokasi. Metode Transportasi terdiri atas 2 tahap, yaitu mencari solusi awal kemudian mencari solusi optimal. Metode transportasi berperan penting dalam menghadapi tantangan dalam masalah biaya distribusi, memastikan bahwa barang dikirim dari sumber ke tujuan dengan biaya seminimal mungkin tanpa mengurangi kecepatan dan kualitas pelayanan.

Dalam pendistribusian ini terdapat beberapa metode yang digunakan seperti metode ASM[2], Metode JHM[3] juga digunakan metode fuzzy[4] dalam masalah transportasi. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk menentukan solusi awal dari masalah transportasi adalah *Vogel's Approximation Method* (VAM). *Vogel's Approximation Method* (VAM) dinilai menghasilkan solusi awal yang lebih akurat dibandingkan dengan 2 metode lainnya yaitu *Least Cost Method* (LCM) dan *North West Corner* (NWC)[1]. Namun, dalam beberapa kasus, solusi yang diberikan oleh VAM belum tentu merupakan solusi yang paling efisien. Untuk mengatasi keterbatasan dari metode VAM, Serdar Korukoglu dan Serkan Balli pada tahun 2011 mengembangkan metode *Improved Vogel's Approximation Method* (IVAM)[5] yang bertujuan memperbaiki dan memaksimalkan hasil dari VAM. IVAM memperoleh solusi awal yang lebih efisien untuk skala besar masalah transportasi dari segi jumlah iterasi dan hasil perhitungan biaya minimum dibandingkan metode VAM.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode optimasi distribusi dengan membandingkan hasil yang diperoleh dari VAM dan IVAM, dalam upaya pengurangan biaya distribusi. Penelitian ini penting karena memberikan wawasan yang berharga bagi perusahaan-perusahaan yang berfokus pada peningkatan efisiensi distribusi, terutama dalam situasi di mana biaya operasional menjadi faktor penentu keberlanjutan usaha. Dengan adanya perbandingan ini, diharapkan perusahaan dapat memilih metode yang paling sesuai dengan kebutuhan dan kondisi mereka, sehingga mampu mengurangi biaya distribusi secara signifikan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Model Transportasi

Model Transportasi pada umumnya adalah suatu metode yang digunakan untuk mengatur distribusi suatu produk (barang-barang) dari sumber-sumber yang menyediakan produk (misalnya pabrik), ke tempat-tempat tujuan (misalnya gudang) secara optimal. Tujuan dari model ini adalah menentukan jumlah yang harus dikirim dari setiap sumber ke setiap tujuan sedemikian rupa dengan total biaya transportasi minimum. Suatu model transportasi dikatakan seimbang (balanced program) apabila total jumlah antara penawaran (supply) dan permintaan (demand) besarnya sama.

Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

Fungsi tujuan model transportasi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Z_{min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

dengan

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} < a_i$$

Untuk $i = 1, 2, 3, \dots, m$ (batas penawaran)

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} < b_j$$

Untuk $j = 1, 2, 3, \dots, n$ (batas permintaan)

Keterangan :

x_{ij} = Unit yang dikirim dari sumber i ke tujuan j

c_{ij} = Biaya per unit dari sumber i ke tujuan j

a_i = Kapasitas penawaran (*supply*) dari sumber i

b_j = Kapasitas permintaan (*demand*) dari tujuan j

$i = 1, 2, 3, \dots, m$

$j = 1, 2, 3, \dots, n$

Jika kapasitas sama dengan permintaan maka seluruh batasan berupa sebuah persamaan. Jika kapasitas lebih besar dari permintaan maka batasan sumber berupa pertidaksamaan dengan tanda " $\leq$ " dan jika kapasitas lebih kecil dari permintaan maka batasan tujuan berupa pertidaksamaan " $\geq$ ". penggunaan pertidaksamaan tersebut memiliki 3 tujuan untuk mengalokasikan kelebihan kapasitas yang terjadi ke dalam *dummy*.

2.2 Vogel's Approximation Method (VAM)

Metode ini merupakan metode terbaik dibandingkan dengan metode lain yaitu *Least Cost* dan *North West Corner* (NWC). Metode ini dapat menghasilkan pemecahan awal yang optimum atau mendekati dengan optimum. Adapun langkah-langkah penyelesaian dengan metode VAM adalah sebagai berikut :

- Langkah pertama yaitu mencari selisih/penalti antara dua nilai sel terkecil pada setiap baris dan kolom.
- Cari kolom atau baris dengan penalty terbesar. Alokasikan supply atau demand pada sel dengan cost terkecil. Sesuai dengan supply dan demand, tandai kolom atau baris yang nilai nya sudah terpenuhi. Berikan tanda nol pada sel yang tidak bernilai dan tidak akan diikutsertakan lagi dalam perhitungan penalti pada iterasi selanjutnya.
- Hentikan proses perhitungan apabila semua barang telah dialokasikan dan semua permintaan telah terpenuhi.
- Jika permintaan belum terpenuhi, ulangi Langkah 1 dengan syarat baris atau kolom dengan jumlah barang 0 tidak ikut diperhitungkan pada iterasi berikutnya.

2.3 Improved Vogel's Approximation Method (IVAM)

IVAM merupakan varian dari VAM yang diusulkan dengan menggunakan *Total Opportunity Cost* (TOC) dan juga mempertimbangkan biaya alokasi alternatif. Adapun langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan IVAM adalah sebagai berikut :

- Membentuk matrix *Total Opportunity Cost* (TOC) dengan menghitung *Row Opportunity Cost* dengan mengurangi setiap elemen pada baris tersebut dengan elemen yang memiliki nilai cost terkecil. Menghitung *Column Opportunity Cost* dengan mengurangi setiap elemen pada kolom tersebut dengan elemen yang memiliki nilai cost terkecil.
- Setelah matrix TOC dibentuk, masukkan nilai cost yang baru pada tabel transportasi awal
- Selanjutnya lakukan perhitungan dengan metode VAM hingga semua supply dan demand terpenuhi
- Hitung total cost dengan menggunakan nilai cost pada tabel transportasi awal.

3. METODE

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif deskriptif. Pendekatan kuantitatif diterapkan karena data yang dianalisis berbentuk angka, seperti kapasitas sumber, permintaan dari tujuan, dan biaya distribusi. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengkaji dan membandingkan metode *Vogel's Approximation Method* (VAM) dan *Improved Vogel's Approximation Method* (IVAM) dalam menentukan solusi awal terhadap proses optimalisasi solusi. Melalui pendekatan deskriptif, penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang dapat menjelaskan mengenai kelebihan dan kekurangan setiap metode berdasarkan analisis data dari kasus nyata.

3.2 Teknik Pengambilan Data dan Langkah Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui studi literatur. Studi literatur dilakukan dengan mengkaji skripsi Siti Handayani (2020) yang berjudul "*Optimasi Biaya Pengiriman Barang Menggunakan Metode Vogel's Approximation Method (VAM) dan Metode Stepping Stone*"[6]. Data tersebut sangat relevan

dengan fokus penelitian ini karena mencakup kasus nyata dari masalah transportasi pada UD Yosarita, sebuah usaha dagang di Kabupaten Toba Samosir.

Data yang dikumpulkan meliputi:

1. Kapasitas Sumber: Kapasitas dari tiga gudang di Kabupaten Toba Samosir (Par-parean, Indorayon, dan Balige).
2. Permintaan Tujuan: Permintaan barang dari tujuh lokasi tujuan (Lagu Boti, Narumonda, Porsea, Lumban Lobu, Sipitu-pitu, Dolok Nauli, dan Lumban Julu).
3. Biaya Transportasi: Matriks biaya distribusi barang dari masing-masing gudang ke tujuan.

Pengumpulan data dilakukan dengan mengakses dokumen asli sebagai referensi utama untuk memastikan validitas data. Selain itu, data ini dipilih karena sangat relevan untuk penelitian ini yang berfokus pada perbandingan metode dalam masalah transportasi. Sebagai bentuk penghormatan terhadap karya asli, sumber data ini dicantumkan sebagai referensi dalam artikel ilmiah ini.

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Studi Literatur: Peneliti mengumpulkan referensi dari artikel, jurnal, buku, dan skripsi yang relevan untuk memahami konsep metode VAM dan IVAM.
2. Pengumpulan Data: Data dari skripsi yang digunakan sebagai studi kasus diolah kembali menggunakan metode yang akan dibandingkan.
3. Analisis Data:
 - a. Menyusun tabel transportasi untuk setiap periode menggunakan data kapasitas, permintaan, dan biaya.
 - b. Menerapkan metode VAM dan IVAM untuk mencari solusi awal.
4. Penarikan Kesimpulan: Hasil analisis dibandingkan untuk menentukan keunggulan dan kelemahan masing-masing metode berdasarkan total biaya transportasi yang dihasilkan dan proses iterasinya.

3.3 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup informasi distribusi barang di UD Yosarita, sebuah usaha dagang di Kabupaten Toba Samosir pada periode April 2019.

Tabel 3.1 Kapasitas Gudang pada Bulan April 2019

Gudang	Kapasitas (Unit)
A	43
B	30
C	34
Jumlah	107

Tabel 3.2 Permintaan dari Tujuan pada Bulan April 2019

Tujuan	Permintaan (Unit)
D	19
E	7
F	11
G	23
H	14
I	28
J	5
Jumlah	107

Tabel 3.3 Biaya Distribusi dari Sumber ke Tujuan (dalam satuan biaya ribu per unit)

Ke Dari	D Rp/Unit	E Rp/Unit	F Rp/Unit	G Rp/Unit	H Rp/Unit	I Rp/Unit	J Rp/Unit
A	50	35	25	55	70	60	85
B	75	55	50	45	60	30	60
C	20	60	75	100	85	150	125

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4.1 Tabel Trasnportasi Awal

GUDANG	TUJUAN PENGIRIMAN												Supply		
	D		E		F		G		H		I		J		
A		50		35		25		55		70		60		85	43
B		75		55		50		45		60		30		60	30
C		20		60		75		100		85		150		125	34
Demand	19		7		11		23		14		28		5		107

Tabel 4.1 merupakan tabel transportasi awal yang disusun dari tabel biaya distribusi, setiap *entry* biaya yang ada menggambarkan besar biaya dari seluruh gudang menuju seluruh tujuan pengiriman. Adapun kolom *supply* merupakan total kapasitas dari setiap gudang dan baris *demand* merupakan total permintaan dari setiap tujuan pengiriman.

4.1 Hasil Perhitungan dengan VAM

Tabel transportasi awal pada Tabel 4.1 dihitung dengan menggunakan *Vogel's Approximation Method* (VAM). Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, langkah perhitungan dengan *Vogel's Approximation Method* (VAM) adalah sebagai berikut :

1. Mencari selisih/penalti antara dua nilai sel terkecil pada setiap baris dan kolom. Maka berdasarkan langkah pertama diperoleh hasil sebagai berikut :
 - 1) Baris gudang A = $35-25 = 10$
 - 2) Baris gudang B = $45-30 = 5$
 - 3) Baris gudang C = $60-20 = 40$
 - 4) Kolom tujuan D = $50-20 = 30$
 - 5) Kolom tujuan E = $55-35 = 20$
 - 6) Kolom tujuan F = $50-25 = 25$
 - 7) Kolom tujuan G = $55-45 = 10$
 - 8) Kolom tujuan H = $70-60 = 10$
 - 9) Kolom tujuan I = $60-30 = 30$
 - 10) Kolom tujuan J = $85-60 = 25$
2. Cari kolom atau baris dengan penalty terbesar. Alokasikan supply atau demand pada sel dengan *cost* terkecil. Pada langkah 1, penalty terbesar ada pada baris gudang c yaitu sebesar 40. Maka pilihlah sel dengan *cost* terkecil dan alokasikan *supply* dan *demand* yang sesuai pada baris tersebut.
3. Tandai kolom atau baris yang nilai nya sudah terpenuhi. Berikan tanda nol pada sel yang tidak bernilai dan tidak akan diikutsertakan lagi dalam perhitungan penalti pada iterasi selanjutnya.

4. Lakukan langkah 1 dan 2 hingga seluruh sel terisi dan permintaan dan penawaran terpenuhi. Berdasarkan pada hasil perhitungan menggunakan *Vogel's Approximation Method* (VAM), proses perhitungan dilakukan sebanyak 9 iterasi hingga memenuhi seluruh permintaan dan juga penawaran. Berikut adalah tabel solusi awal dari VAM untuk kegiatan distribusi yang dilakukan UD Yosarita pada bulan April 2019 :

Tabel 4.2 Tabel Solusi Awal dengan VAM

GUDANG	TUJUAN PENGIRIMAN														Supply
	D		E		F		G		H		I		J		
A		50		35		25		55		70		60		85	43
			7		11		22						3		
B		75		55		50		45		60		30		60	30
											28		2		
C		20		60		75		100		85		150		125	34
	19						1		14						
Demand	19		7		11		23		14		28		5		107

Berdasarkan tabel diatas, dapat kita hitung *total cost* yang diperoleh yaitu sebesar :

$$Total\ cost = (35 \times 7) + (25 \times 11) + (55 \times 22) + (85 \times 3) + (30 \times 28) + (60 \times 2) + (20 \times 19) + (100 \times 1) + (85 \times 14) = 4.615$$

Maka cost yang diperoleh melalui metode *Vogel's Approximation Method* (VAM) adalah sebesar Rp 4.615.000,00

4.2 Hasil Perhitungan dengan IVAM

Menggunakan tabel transportasi yang sama dengan *Vogel's Approximation Method* (VAM), berdasarkan langkah-langkah perhitungan dari *Improved Vogel's Approximation Method* (IVAM). Pertama kita bentuk terlebih dahulu Matrix *Total Opportunity Cost* (TOC) dengan cara membentuk matrix *Column Opportunity Cost* dan *Row Opportunity Cost* seperti sebagai berikut :

1. Row Opportunity Cost

Kurangkan setiap elemen yang ada dibaris dengan elemen terkecil yang ada pada baris tersebut. Untuk baris A elemen terkecil adalah 25, maka kurangkan sebesar 25 ke setiap elemen pada baris A. Untuk baris B elemen terkecil adalah 30, maka kurangkan sebesar 30 ke setiap elemen pada baris B. Untuk baris C elemen terkecil adalah 20, maka kurangkan sebesar 20 ke setiap elemen pada baris C.

Tabel 4.3 Row Opportunity Cost

Gudang	TUJUAN PENGIRIMAN						
	D	E	F	G	H	I	J
A	25	10	0	30	45	35	60
B	45	25	20	15	30	0	30
C	0	40	55	80	65	130	105

2. Column Opportunity Cost

Dari hasil *Row Opportunity Cost* pada Tabel 4.3, hitung *Column Opportunity Cost* dengan mengurangi setiap elemen yang ada dikolom dengan elemen terkecil yang ada pada kolom tersebut. Maka untuk setiap kolom D, E, F, G, H, I, J secara berturut-turut diketahui elemen

terkecilnya adalah 0, 10, 0, 15, 30, 0, 30. Kurangkan setiap elemen pada kolom tersebut dengan elemen terkecilnya.

Tabel 4.4 *Colomn Opportunity Cost*

Gudang	TUJUAN PENGIRIMAN						
	D	E	F	G	H	I	J
A	25	0	0	15	15	35	30
B	45	15	20	0	0	0	0
C	0	30	55	65	35	130	75

Dari hasil pada Tabel 4.3, dapat dibentuk *Matrix Total Opportunity Cost*.

Tabel 4.5 *Matrix Total Opportunity Cost*

GUDANG	TUJUAN PENGIRIMAN												Supply		
	D		E		F		G		H		I			J	
A		25		0		0		15		15		35		30	43
B		45		15		20		0		0		0		0	30
C		0		30		55		65		35		130		75	34
Demand	19		7		11		23		14		28		5		107

Langkah selanjutnya yaitu menerapkan *Vogel's Approximation Method* (VAM) pada matrix *Total Opportunity Cost* (TOC) hingga seluruh permintaan dan penawaran terpenuhi. Adapun hasil perhitungan solusi awal dengan menggunakan *Improved Vogel's Approximation Method* (IVAM).

Tabel 4.6 Tabel Solusi Awal dengan IVAM

GUDANG	TUJUAN PENGIRIMAN												Supply		
	D		E		F		G		H		I			J	
A		50		35		25		55		70		60		85	43
			6		11		23						3		
B		75		55		50		45		60		30		60	30
											28		2		
C		20		60		75		100		85		150		125	34
	19		1						14						
Demand	19		7		11		23		14		28		5		107

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, IVAM memenuhi seluruh permintaan dan penawaran pada iterasi ke 9 dengan *total cost* sebesar Rp 4.595.000,00

4.3 Perbandingan Hasil

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan 2 metode yaitu *Vogel's Approximation Method* (VAM) dan *Improved Vogel's Approximation Method* (IVAM), pada kasus kegiatan distribusi yang dilakukan UD Yosarita pada bulan April 2019 menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan. Menggunakan VAM diperoleh *total cost* sebesar Rp 4.615.000,00 sedangkan dengan menggunakan IVAM diperoleh *total cost* sebesar Rp 4.595.000,00. Maka dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil *total cost* nya, perhitungan dengan IVAM lebih optimal karena menghasilkan nominal yang lebih kecil daripada menggunakan VAM.

Namun, jika dinilai dari jumlah iterasi atau langkah perhitungannya maka kedua metode tersebut sama. Jumlah iterasi yang ditempuh hingga tabel menjadi optimal adalah sebanyak 9 iterasi. Setelah di periksa tabel tersebut sudah berada dalam kondisi optimalnya, yang mana artinya tidak perlu dilakukan perhitungan lebih lanjut dengan menggunakan metode pada kasus pencarian solusi optimal. Oleh karena itu, penelitian ini berhenti pada perhitungan solusi awal dengan menggunakan VAM dan IVAM dan diperoleh bahwa hasil optimal di peroleh dengan menggunakan metode IVAM yaitu dengan biaya distribusi sebesar Rp 4.595.000,00.

REFERENSI

- [1] P. Affandi, *Buku Ajar Riset Operasi*. 2019.
- [2] I, "Nurul Ifitah , 1 Pardi Affandi , 1 Akhmad Yusuf," *penyelesaian Model transportasi menggunakan Metod. ASM*, vol. 14, no. 1, pp. 40–52, 2020.
- [3] Andry Nor Indrawan, "Pendistribusian Barang Dari Sejumlah Sumber Ke Sejumlah Tujuan Dan Dapat," vol. 15, no. 1, pp. 27–45, 2021.
- [4] M. A. K. Gita Sari Adriani, Pardi Affandi, "Analisis Biaya Fuzzy dalam Sistem Transportasi Fuzzy," *J. Mat. Murni dan Terap. "epsilon"*, vol. 10, no. 2, pp. 38–47, 2016.
- [5] S. Korukoğlu and S. Balli, "An improved vogel's approximation method for the transportation problem," *Math. Comput. Appl.*, vol. 16, no. 2, pp. 370–381, 2011, doi: 10.3390/mca16020370.
- [6] Handayani, *Optimasi Biaya Pengiriman Barang Menggunakan Metode Vogel's Approximation Method (Vam) Dan Metode Stepping Stone*. 2020.