

OPTIMALISASI BIAYA PENDISTRIBUSIAN PRODUK KACA MENGUNAKAN MODEL TRANSPORTASI DAN METODE STEPPING STONE

Nugroho Dimasuharto*, Ade Momon Subagyo, Risma Fitriani

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
Email: nugrohodimas5@gmail.com; ade.momon@unsika.ac.id; risma.fitriani@ft.unsika.ac.id

Artikel masuk : 16-07-2021 Artikel direvisi : 07-08-2021 Artikel diterima : 18-08-2021

*Penulis Korespondensi

Abstrak -- Produk kaca merupakan salah satu unsur yang cukup penting untuk memenuhi kebutuhan agen kaca dan aluminium di Indonesia. Salah satu permasalahan yang terjadi adalah tingginya biaya distribusi produk. Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah rute distribusi dan biaya pengiriman produk kaca 8mm di UKM Rajawali Kaca dan Aluminium sebagai perusahaan pendistribusi kaca di wilayah Bekasi dan Bogor. Produk kaca disimpan di gudang yang berada di 3 lokasi yaitu Jonggol, Jatiwarna dan Jakasampurna yang akan didistribusikan ke 5 agen utama. Pengiriman produk kaca menggunakan transportasi darat berupa mobil pick up. Ongkos kirim dihitung berdasarkan jumlah jarak dari gudang menuju agen menggunakan 3 model transportasi yaitu metode NWC, Least Cost, dan VAM. Hasil Perhitungan biaya distribusi dengan menggunakan metode NWC adalah Rp. 229.500, metode Least Cost sebesar Rp. 181.900, dan metode VAM sebesar Rp. 180.200. Hasil metode VAM dilakukan solusi akhir dengan menggunakan metode Stepping Stone yang menghasilkan biaya sebesar Rp. 180.200. Optimalisasi rute distribusi dengan menggunakan metode VAM dapat diaplikasikan pada perusahaan untuk meminimalisasi biaya distribusi.

Kata kunci: Metode VAM; Metode Least Cost; Metode NWC; Optimasi; Stepping Stone

Abstract -- Glass products are one of the elements that are pretty important to meet the needs of glass and aluminium agents in Indonesia. One of the problems that occur is the high cost of product distribution. This study aims to solve the problem of distribution routes and shipping costs for 8mm glass products at UKM Rajawali Kaca and Aluminum as a glass distribution company in the Bekasi and Bogor areas. Glass products are stored in warehouses in 3 locations, namely Jonggol, Jatiwarna and Jakasampurna, which will be distributed to 5 main agents. Delivery of glass products using land transportation in the form of pick up cars. Shipping costs are calculated based on the total distance from the warehouse to the agent using three transportation models, namely the NWC, Least Cost, and VAM methods. The results of the calculation of distribution costs using the NWC method are Rp. 229,500, the Least Cost method is Rp. 181.900, and the VAM method of Rp. 180,200. The result of the VAM method is the final solution using the Stepping Stone method, which results in a cost of Rp. 180,200. Optimization of distribution routes using the VAM method can be applied to companies to minimize distribution costs.

Keywords: VAM Method; Least Cost Method; NWC Method; Optimization; Stepping Stone

PENDAHULUAN

Meningkatnya persaingan dunia usaha pada era globalisasi mulai mempengaruhi tiga komponen utama pada perusahaan penyuplai dan pendistributor produk kaca seperti UKM Rajawali Kaca dan Aluminium yaitu waktu,

biaya, dan mutu. Peningkatan pelayanan pada sebuah perusahaan diperlukan untuk mempertahankan kinerja yang telah dicapai. Salah satu faktor pendukungnya adalah pelayanan pendistribusian produk dari perusahaan kepada konsumen dengan jarak, waktu dan

biaya yang efektif. Salah satu unsur yang mempengaruhi dalam kelancaran suatu proses distribusi antara lain penentuan rute distribusi.

Bagi perusahaan jasa dan perusahaan manufaktur, biaya operasional merupakan biaya absolut. Distribusi dan transportasi yang baik penting bagi perusahaan, agar produk dapat sampai ke konsumen tepat waktu di lokasi yang telah ditentukan, dan barang dalam kondisi baik. Pola distribusi yang efektif berdampak pada tingkat efisiensi biaya transportasi (Supriyadi et al., 2017). Pendistribusian produk dari sumber ke banyak tujuan tentunya menjadi masalah yang cukup rumit, karena dengan adanya beberapa titik tujuan untuk distribusi produk akan menyebabkan jalur distribusi semakin banyak (Muhammad et al., 2017).

UKM Rajawali Kaca dan Aluminium menggunakan alat angkutnya sendiri dalam bisnis distribusi produk. UKM ini memiliki permintaan yang berbeda-beda terhadap setiap penyalur sehingga dalam melakukan pengiriman barang dalam armada tersebut mengangkut jenis produk yang berbeda-beda. Pengiriman barang tidak dilakukan setiap hari, melainkan barang akan dikirimkan setiap satu bulan sekali menuju lima penyalur di lokasi yang berbeda-beda. UKM Rajawali kaca dan aluminium ini memiliki langganan penyalur dengan pembelian dalam jumlah banyak yaitu mencapai 100 hingga 200 lembar kaca pada tiap agen penyalur.

Pengiriman produk kaca yang dilakukan dari ketiga gudang yang dimiliki oleh UKM Rajawali Kaca dan Aluminium kelima penyalur langganannya yaitu daerah Cibubur, Cileungsi, Setu, Tambun dan Cibitung. Sistem pengiriman hanya dilakukan sesuai dengan keinginan supir pengangkut barang tersebut saja, dimana kondisi tersebut menyebabkan biaya distribusi barang tak terkendali. Efisiensi biaya transportasi dengan metode transportasi dinilai sesuai untuk mengambil keputusan biaya

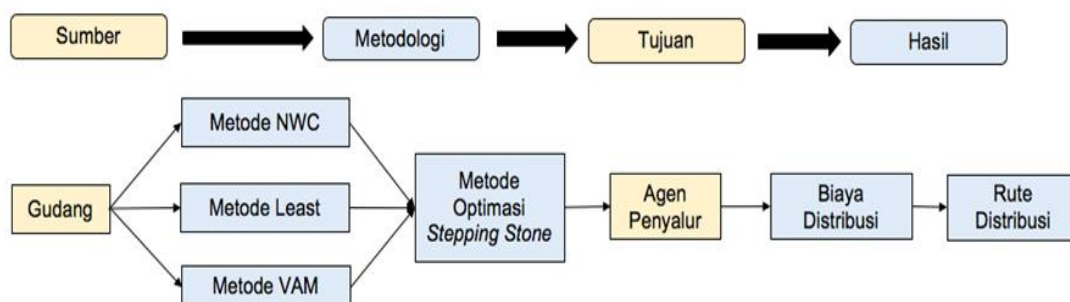
optimal dalam sebuah operasional pengiriman barang.

Metode yang dapat digunakan untuk meminimalkan biaya transportasi adalah *Least Cost*, *NWC (North West Corner Method)* dan *VAM (Vogel Approximation Method)* sebagai penyesuaian awal, kemudian menggunakan metode *Stepping Stone* sebagai penyesuaian akhir. Penggunaan metode tersebut mampu menentukan jalur distribusi yang optimum sehingga biaya transportasi dapat diminimalkan (Ardhyani, 2017; Handayani et al., 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan biaya distribusi total pengiriman produk kaca. Konsep metode pengangkutan adalah mendistribusikan barang di gudang asal dengan cara yang memenuhi semua kebutuhan gudang cabang di daerah tujuan, Pada saat yang sama, didapatkan rute terdekat dan biaya yang paling rendah atau memaksimalkan keuntungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk ke dalam jenis penelitian terapan yang langsung terintegrasi dengan studi lapangan. Jenis data yang akan digunakan merupakan data kuantitatif, dengan data yang digunakan berasal dari sumber data asli. Produk yang didistribusikan adalah produk kaca. Bagan *framework* penelitian terdiri dari beberapa tahapan sumber, metodologi, tujuan dan hasil (Gambar 1).

Pada penelitian ini dilakukan observasi di semua area gudang. Unsur biaya angkut yang dihitung yaitu biaya jarak tempuh dari gudang ke agen utama, dan biaya bahan bakar yang digunakan selama ekspedisi. Waktu observasi selama satu bulan. Data dikumpulkan melalui observasi dan wawancara dengan pihak terkait, data utama dikumpulkan dari bagian ekspedisi dan dari bagian administrasi. Aplikasi model transportasi diharapkan mendapatkan biaya pendistribusian yang minimum sehingga mampu meningkatkan profit perusahaan.



Gambar 1. Framework Tahapan Penelitian

Permasalahan transportasi dapat diselesaikan dengan menggunakan beberapa metode. Metode transportasi berdasarkan penyusunan tabelnya dibagi menjadi dua, yaitu metode untuk penyusunan tabel awal dan metode untuk penyusunan terakhir atau optimasi. Kedua metode tersebut kemudian dibagi menjadi beberapa jenis. Metode permasalahan transportasi tersebut untuk penyelesaian tabel awal dan metodenya permasalahan transportasi untuk penyelesaian terakhir atau optimasi.

Metode transportasi untuk tabel awal atau solusi awal terdiri dari empat jenis yaitu metode *Least Cost*, Metode *North West Corner* (NWC), *Vogel's Approximation Method* (VAM). Metode *North West Corner* merupakan metode penyusunan rute pengiriman yang dimulai dari penyusunan alokasi yang dimulai dari ujung kiri atas (sel awal). Alokasi sel awal tergantung dari kebutuhan dan kendala yang terjadi (Rahayu et al., 2019). NWC mempunyai prosedur iteratif yang umumnya digunakan untuk mencari solusi dasar yang layak terhadap masalah dengan mempertimbangkan biaya yang ada (Bhadane et al., 2021). Metode ini akan memperbaiki nilai dari variabel dasar satu per satu dan mulai dari sudut barat laut matriks (Klinz & Woeginger, 2011). Penyusunan alokasi dimulai dengan cara menetapkan alokasi sebanyak-banyaknya pada sudut barat laut dengan mempertimbangkan permintaan dan kapasitas yang ada. Prosedur ini diulang untuk baris yang tersisa sampai ketika persyaratan untuk semua baris dan kolom telah terpenuhi (Joshi, 2013).

Metode *Least Cost* (LC) merupakan pengoptimalan pengangkutan dengan cara mendahulukan jalur yang mempunyai biaya paling kecil. LC mencari sel dengan biaya terendah di seluruh matriks dan membuat penugasan maksimum yang mungkin merupakan nilai permintaan dan penawaran minimum untuk sel tertentu yang dipilih. Dalam kasus sel biaya terkecil yang tidak unik, pemilihan dilakukan secara acak. Ini adalah salah satu pendekatan yang sederhana, tetapi memakan waktu, karena mencari sel dengan biaya terkecil di seluruh matriks setiap kali tidak praktis (Prasad & Singh, 2020).

Metode *Vogel Approximation* berkaitan dengan menemukan solusi optimal dengan mempertimbangkan hubungan indeks harga Metode ini selalu membandingkan dua indeks harga terendah di kedua kolom dan baris (Hlatká et al., 2017). Prosedur penggunaan VAM adalah menghitung selisih antara dua sel dengan biaya terkecil di setiap baris dan setiap kolom; menentukan

baris atau kolom hasil langkah pertama dengan selisih terbesar. Jika ada lebih dari satu, pilih salah satu; memasukkan item sebanyak mungkin ke dalam sel dengan biaya paling rendah pada baris atau kolom terpilih; dan mengulangi langkah awal sampai semua permintaan atau persediaan habis.

Pengujian optimalisasi metode transportasi menggunakan metode *Stepping Stone*. Metode ini menghasilkan pemecahan yang layak terkait dengan biaya-biaya operasi dalam transportasi (Kanthi & Kristanto, 2020). Aturan dalam metode *stepping stone* adalah alokasi jumlah rute pengiriman yang menempati sel mempunyai nilai yang sama dengan jumlah baris ditambah jumlah kolom dikurangi satu (Ali et al., 2013). Untuk menentukan apakah alokasi tiap sel sudah optimal atau tidak, maka diperlukan evaluasi optimalitas dengan cara mengevaluasi sel-sel yang masih kosong dengan melakukan pengiriman unit ke dalam sel-sel kosong apakah akan bertambah atau berkurang (Ary & Herman, 2013). Langkah-langkah metode pengujian *stepping stone* (Render et al., 2012) adalah:

1. Pilih salah satu sel kosong untuk diuji.
2. Mulailah dengan sel kosong, tarik garis berlawanan arah jarum jam, kembali ke sel kosong terakhir dengan cara yang ditentukan oleh sel, dan kirim unit dan produk berdasarkan pergerakan garis horizontal atau vertikal.
3. Sel kosong dimulai dengan tanda positif (+), sel berikutnya diikuti dengan tanda negatif (-), sel berikutnya diikuti dengan tanda positif (+), dan sel berikutnya diikuti dengan tanda negatif (-) sampai kembali ke sel awal.
4. Hitung indeks perbaikan dengan menambahkan biaya unit dari semua tanda positif di setiap sel dan kemudian mengurangkan biaya semua unit tanda negatif di setiap sel.
5. Ulangi langkah 1-4 sampai semua indeks perbaikan di semua sel kosong. Jika semua hasil perhitungan indeks perbaikan adalah nol atau lebih, maka solusi optimum tercapai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

UKM Rajawali Kaca dan Aluminium dalam distribusinya memiliki 3 gudang yang berada di wilayah Jonggol, Jatiwarna dan Jakasampurna. Dalam proses distribusi produk kaca, dari gudang tersebut produk kaca akan disalurkan menuju lima agen utama yang berada di lima wilayah yaitu, di Cibubur, Cileungsi, Setu, Cibitung dan Tambun. Dalam distribusinya, setiap gudang memiliki stok penyimpanan dan permintaan yang berbeda-beda (Tabel 1).

Tabel 1. Data Persediaan Gudang dan Permintaan Agen

Persediaan Gudang		Permintaan Agen	
Gudang	Jumlah (unit)	Agen	Jumlah (unit)
Jonggol	200	Cibubur	150
Jatiwarna	300	Cileungsi	180
Jakasampurna	250	Setu	150
		Cibitung	170
		Tambun	100
Total	750	Total	750

Dalam distribusi diperlukan transportasi atau kendaraan untuk mendistribusikan produk. Dalam pendistribusian produk kaca UKM Rajawali Kaca dan Aluminium menggunakan transportasi gudang yaitu motor *pick up* roda tiga dengan kapasitas sekali angkut mencapai 70 produk kaca, dengan jumlah total persediaan gudang pada ketiga gudang UKM Rajawali Kaca dan Aluminium sebanyak 750 produk kaca dan jumlah total permintaan kelima agen sebanyak 750 produk kaca (Tabel 2).

Tabel 2. Data Spesifikasi Kendaraan dan Produk

Kendaraan	Mobil <i>pick up</i>
Bahan Bakar	Pertalite
Dimensi Kendaraan	2505 x 1665 x 360 (mm)
Produk	Kaca polos
Dimensi Produk	80 x 40 inci (tebal 8mm)
Kapasitas 1x antar	70 pcs kaca
Bensin 1 liter	18 Km
Harga Bensin/Km	Rp. 7650 : 18 Km
Biaya/Km	Rp. 425

Data biaya transportasi pengiriman dari gudang ke agen merupakan biaya yang berkaitan dengan biaya produk kaca itu sendiri. Biaya transportasi yang dikeluarkan merupakan biaya pengantaran tiap 70 produk kaca dari tiga gudang menuju agen 1Km/l dengan hasil Rp. 425 (Tabel 3). Penelitian ini melakukan pengolahan data secara manual yang terdiri dari beberapa tahapan. Metode transportasi yang dipakai untuk mengolah data tersebut adalah metode *North West Corner*, metode *Least Cost*, dan metode *Vogel Approximation* sebagai penyelesaian awal.

Setelah itu dibandingkan untuk mendapat biaya transportasi terkecil, yang kemudian metode yang terpilih akan dibuktikan dengan penyelesaian akhir menggunakan metode *Stepping Stone*.

Tabel 3. Data Biaya Transportasi

Sumber	Tujuan	Jarak PP/Km	Biaya Total
Gudang Jonggol (G1)	(A1) Cibubur	36	Rp. 15300
	(A2) Cileungsi	12	Rp. 5100
	(A3) Setu	18	Rp. 7650
	(A4) Cibitung	48	Rp. 20400
	(A5) Tambun	44	Rp. 18700
Gudang Jatiwarna (G2)	(A1) Cibubur	20	Rp. 8500
	(A2) Cileungsi	36	Rp. 15300
	(A3) Setu	38	Rp. 16150
	(A4) Cibitung	54	Rp. 22950
	(A5) Tambun	48	Rp. 20400
Gudang Jakasampurna (G3)	(A1) Cibubur	26	Rp. 11050
	(A2) Cileungsi	28	Rp. 11900
	(A3) Setu	30	Rp. 12750
	(A4) Cibitung	44	Rp. 18700
	(A5) Tambun	24	Rp. 10200

Tabel data rute transportasi berisikan rute distribusi yang berhubungan dengan pengantaran produk kaca (Tabel 4). Rute perjalanan dari gudang menuju agen dengan jarak yang sudah dikalkulasikan pulang-pergi, contoh: gudang 1 ke agen penyalur 1 berjarak 18 km karena dijadikan jarak pulang dan pergi maka jarak tersebut dikalikan 2 menjadi 36 km. Hasil penyelesaian dengan metode *North West Corner* didapatkan biaya distribusi sebesar Rp. 229.500 (Tabel 5), metode *Least Cost* dengan biaya total sebesar Rp. 181.900 (Tabel 6), dan metode *Vogel Approximation* memperoleh biaya sebesar Rp. 180.200 (Tabel 7).

Tabel 4. Data Rute Transportasi

Gudang	Rute		Jarak (Km)	
	Customer	Rute Perjalanan	1x Tempuh	Pulang - Pergi
Gudang Jonggol (G1)	(A1)	Jl. Raya Cileungsi Jonggol - Jl. Raya Jonggol - Jl. Raya Alternatif Cibubur - Jl. Jambore	18	36
	(A2)	Jl. Raya Cileungsi Jonggol - Jl. Kota Taman Metropolitan - Jl. Thata Boulevard 1	6	12
	(A3) Setu	Jl. Raya Cileungsi Jonggol - Jl. Irigasi - Jl. Raya Setu	9	18
	(A4)	Jl. Raya Cileungsi Jonggol - Jl. Irigasi - Jl. Raya Cibitung - Jl. Raya Teuku Umar - Jl. Bosih Raya	24	48
	(A5)	Jl. Raya Cileungsi Jonggol - Jl. Irigasi - Jl. Raya Tambun - Jl. Raya Pantura - Jl. Mekarsari Tengah	22	44
Gudang Jatiwarna (G2)	(A1)	Jl. Melati Raya - Jl. Raya Setu Cipayung - Jl. Raya Cilangkap - Jl. Malaka - Jl. Jambore	10	20
	(A2)	Jl. Raya Hankam - Jl. Alternatif Cibubur - Jl. Camat Enjan - Jl. Thata Boulevard 1	18	36
	(A3) Setu	Jl. Arteri Jorr - Jl. Benda - Jl. Parpostel - Jl. Pangkalan 1 - Jl. Pangkalan 2 - Jl. Raya Setu	19	38
	(A4)	Jl. Arteri Jorr - Jl. Wibawa Mukti II - Jl. Raya Jatiwarna - Jl. Raya Pekayon - Jl. Raya Pantura - Jl. Bosih Raya	27	54
	(A5)	Jl. Arteri Jorr - Jl. Wibawa Mukti II - Jl. Raya Jatiwarna - Jl. Raya Pekayon - Jl. Raya Pantura - Jl. Mekarsari Tengah	24	48
Gudang Jaka-sampurna (G3)	(A1)	Jl. Becakayu - Jl. Dr. Ranta - Jl. Kodau - Jl. Setu Cipayung - Jl. Raya Cilangkap - Jl. Malaka - Jl. Jambore	13	26
	(A2)	Jl. Becakayu - Jl. A. Yani - Jl. Cut Mutia - Jl. Raya Narogong - Jl. Camat Enjan - Jl. Thata Boulevard 1	14	28
	(A3) Setu	Jl. Jl. Becakayu - Jl. A. Yani - Jl. Cut Mutia - Jl. Raya Narogong - Jl. Bantar Gebang - Jl. Raya Setu	15	30
	(A4)	Jl. Becakayu - Jl. A. Yani - Jl. Cut Mutia - Jl. Raya Pantura - Jl. Bosih Raya	22	44
	(A5)	Jl. Becakayu - Jl. A. Yani - Jl. Cut Mutia - Jl. Raya Pantura - Jl. Mekarsari Tengah	12	24

Tabel 5. Tabel Hasil Biaya Metode NWC

Pengantaran 70 kaca / sekali antar (1 > x <= 70)				Pengantaran	Total Biaya
G1	A1	150	15300	3	Rp. 45.900
	A2	50	5100	1	Rp. 5.100
G2	A2	130	15300	2	Rp. 30.600
	A3	150	16150	3	Rp. 48.450
G3	A4	20	22950	1	Rp. 22.950
	A4	150	18700	3	Rp. 56.100
	A5	100	10200	2	Rp. 20.400
Total				15	Rp. 229.500

Tabel 6. Hasil Biaya Metode LC

Pengantaran 70 kaca / sekali antar ($1 > x \leq 70$)				Pengantaran	Total Biaya
G1	A2	180	5100	3	Rp. 15.300
	A3	20	7650	1	Rp. 7.650
G2	A1	150	8500	3	Rp. 25.500
	A4	150	22950	3	Rp. 68.850
G3	A3	130	12750	2	Rp. 25.500
	A4	20	18700	1	Rp. 18.700
	A5	100	10200	2	Rp. 20.400
Total				15	Rp. 181.900

Tabel 7. Hasil Biaya Metode VAM

Pengantaran 70 kaca / sekali antar ($1 > x \leq 70$)				Pengantaran	Total Biaya
G1	A2	180	5100	3	Rp. 15.300
	A3	20	7650	1	Rp. 7.650
G2	A1	150	8500	3	Rp. 25.500
	A3	130	16150	2	Rp. 32.300
	A4	20	22950	1	Rp. 22.950
G3	A4	150	18700	3	Rp. 56.100
	A5	100	10200	2	Rp. 20.400
Total				15	Rp. 180.200

Metode VAM menghasilkan biaya paling minimum dibanding dengan metode *North West Corner* dan $j = \text{Least Cost}$ karena biaya terkecil. Metode VAM perlu dibuktikan dengan penyelesaian akhir menggunakan metode

Stepping Stone untuk membuktikan hasilnya optimum atau tidak. Hasil yang didapat dari metode *Stepping Stone* telah mencapai jalur optimum (Tabel 8) dan mendapatkan biaya distribusi minimum (Tabel 9).

Tabel 8. Hasil Transportasi *Stepping Stone*

Tujuan Sumber	A1	A2	A3	A4	A5	Supply
G1	15300	5100 180	7650 20	20400	18700	200
G2	8500 150	15300	16150 130	22950 20	20400	300
G3	11050	11900	12750	18700 150	10200 100	250
Demand	150	180	150	170	100	750

Tabel 9. Hasil Biaya Metode *Stepping Stone*

Pengantaran 70 kaca / sekali antar ($1 > x \leq 70$)				Pengantaran	Total Biaya
G1	A2	180	5100	3	Rp. 15.300
	A3	20	7650	1	Rp. 7.650
G2	A1	150	8500	3	Rp. 25.500
	A3	130	16150	2	Rp. 32.300
	A4	20	22950	1	Rp. 22.950
G3	A4	150	18700	3	Rp. 56.100
	A5	100	10200	2	Rp. 20.400
Total				15	Rp. 180.200

Tabel 10. Hasil Biaya Metode *Stepping Stone*

Rute		Rute Perjalanan	Jarak (Km)	
Gudang	Customer		1x Tempuh	Pulang - Pergi
Gudang Jonggol (G1)	(A2) Cileungsi	Jl. Raya Cileungsi Jonggol - Jl. Kota Taman Metropolitan - Jl. Thata Boulevard 1	18	36
	(A3) Setu	Jl. Raya Cileungsi Jonggol - Jl. Irigasi - Jl. Raya Setu	9	18
Gudang Jatiwarna (G2)	(A1) Cibubur	Jl. Melati Raya - Jl. Raya Setu Cipayung - Jl. Raya Cilangkap - Jl. Malaka - Jl. Jambore	10	20
	(A3) Setu	Jl. Arteri Jorr - Jl. Benda - Jl. Parpostel - Jl Pangkalan 1 - Jl. Pangkalan 2 - Jl. Raya Setu	19	38
	(A4) Cibitung	Jl. Arteri Jorr - Jl. Wibawa Mukti II - Jl. Raya Jatiwarna - Jl. Raya Pekayon - Jl. Raya Pantura - Jl. Bosih Raya	27	54
Gudang Jaka-sampurna (G3)	(A4) Cibitung	Jl. Becakayu - Jl. A. Yani - Jl. Cut Mutia - Jl. Raya Pantura - Jl. Bosih Raya	22	44
	(A5) Tambun	Jl. Becakayu - Jl. A. Yani - Jl. Cut Mutia - Jl. Raya Pantura - Jl. Mekarsari Tengah	12	24

Hasil pengujian dengan menggunakan metode *Stepping Stone* menunjukkan angka positif, maka perhitungan dengan *Vogel Approximation Method* terbukti metode paling optimum. Rute yang dihasilkan dari metode terpilih adalah Rute Gudang Jonggol (G1) menuju Agen Cileungsi (A2) dan Agen Setu (A3), Rute Gudang Jatiwarna (G2) menuju Agen Cibubur (A1), Agen Setu (A3) dan Agen Cibitung (A4), dan Rute Gudang Jakasampurna (G3) menuju Agen Cibitung (A4), Agen Tambun (A5) dan Agen Cibitung (A4) (Tabel 10). Evaluasi dengan metode *Stepping Stone* mampu memperbaiki optimalisasi metode yang digunakan sebelumnya (Kanthi & Kristanto, 2020; Putra et al., 2020) atau membuktikan bahwa metode yang terpilih sudah optimal sehingga mampu meminimalkan biaya distribusi yang dikeluarkan.

KESIMPULAN

Pendistribusian produk kaca pada UKM Rajawali Kaca dan Aluminium mendapatkan hasil yang optimal. *Vogel Approximation Method* merupakan metode yang paling optimum diantara dua metode lainnya dengan hasil biaya yang paling minimum sebesar Rp.180.200. Metode VAM terpilih menjadi metode yang dilakukan penyesuaian akhir menggunakan metode *Stepping Stone*, dan terbukti bahwa metode VAM sudah optimal. Optimalisasi biaya distribusi

berdampak pada tingkat efisiensi biaya yang dikeluarkan UKM Rajawali Kaca dan Aluminium. Penelitian selanjutnya dapat melakukan terkait implementasi metode transportasi pada bidang usaha sejenis maupun bidang usaha lainnya dalam optimalisasi sistem distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, N. H., Tarore, H., Walangitan, D. R. O., & Sibi, M. (2013). Aplikasi Metode Stepping-Stone Untuk Optimasi Perencanaan Biaya Pada Suatu Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pemeliharaan Ruas Jalan Di Senduk, Tinoor, Dan Ratahan). *Jurnal Sipil Statik*, 1(8), 571–578. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/2501>
- Ardhyani, I. W. (2017). Mengoptimalkan Biaya Distribusi Pakan Ternak Dengan Menggunakan Metode Transportasi (Studi Kasus di PT. X Krian). *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1(2), 95–100. <http://dx.doi.org/10.51804/tesj.v1i2.128.95-100>
- Ary, M., & Herman, A. (2013). Basis Tree Approach And Nwc-Stepping Stone Method For Solving Transportation Problem With Fuzzy Cost. *ISSIT 2013*, 1(1), 78–88. <http://issit.bsi.ac.id/proceedings/index.php/issit2013/article/view/17>

- Bhadane, A. P., Manjarekar, S. D., & Dighavkar, C. G. (2021). APBs method for the IBFS of a Transportation Problem and comparison with North West Corner Method. *Ganita*, 71(1), 109–114. <https://bharataganitaparisad.com/wp-content/uploads/2021/10/711-ch011.pdf>
- Handayani, S., Sari, R. F., & Aprilia, R. (2020). Optimization of Delivery Costs Using Vogel's Approximation Method (VAM) and Stepping Stone Method. *Journal of Mathematics and Scientific Computing With Applications*, 1(1), 8–18. <https://pcijournal.org/index.php/jmscowa/article/view/5>
- Hlatká, M., Bartuška, L., & Ližbetin, J. (2017). Application of the Vogel Approximation Method to Reduce Transport-logistics Processes. *MATEC Web of Conferences*, 134, 00019. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20171340019>
- Joshi, R. V. (2013). Optimization techniques for transportation problems of three variables. *IOSR Journal of Mathematics*, 9(1), 46–50. <http://www.iosrjournals.org/iosr-jm/papers/Vol9-issue1/G0914650.pdf>
- Kanthi, Y. A., & Kristanto, B. K. (2020). Implementasi Metode North-West Corner dan Stepping Stone Pengiriman Barang Galeri Bimasakti. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 7(4), 845–852. <http://dx.doi.org/10.25126/jtiik.2020701625>
- Klinz, B., & Woeginger, G. J. (2011). The Northwest corner rule revisited. *Discrete Applied Mathematics*, 159(12), 1284–1289. <https://doi.org/10.1016/j.dam.2011.04.007>
- Muhammad, M., Bakhtiar, B., & Rahmi, M. (2017). Penentuan rute distribusi sirup untuk meminimalkan biaya transportasi. *Industrial Engineering Journal*, 6(1), 10–15. <https://www.journal.unimal.ac.id/miej/article/viewFile/152>
- Prasad, A. K., & Singh, D. R. (2020). Modified Least Cost Method for Solving Transportation Problem. *Proceedings on Engineering*, 2(3), 269–280. <http://pesjournal.net/journal/v2-n3/6.pdf>
- Putra, F. E., Purba, H. H., & Anggraeni, I. A. (2020). The optimization of distribution and transportation costs for common good products. *International Journal of Industrial Optimization*, 1(2), 111–120. <https://doi.org/10.12928/ijio.v1i2.2368>
- Rahayu, W. I., Riza, N., & Ramadhan, N. (2019). Aplikasi Estiquest Untuk Estimasi Biaya Transportasi Logistik Di PT. Sukarasa Menggunakan Algoritma North West Corner. *Jurnal Teknik Informatika*, 11(1), 7–11. <https://ejurnal.poltekpos.ac.id/index.php/informatika/article/view/358>
- Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. E. (2012). *Quantitative Analysis for Management*. Pearson Prentice Hall. <https://books.google.co.id/books?id=c23UngEACAAJ>
- Supriyadi, S., Mawardi, K., & Nalhadi, A. (2017). Minimasi Biaya Dalam Penentuan Rute Distribusi Produk Minuman Menggunakan Metode Savings Matrix. *Seminar Nasional Institut Supply Chain Dan Logistik Indonesia (ISLI) Universitas Hasanuddin Makassar*, 1–7. <https://ejournal.lppmunsera.org/index.php/senasset/article/view/475>