

## MEMINIMALKAN BIAYA TRASPORTASI DALAM PENGIRIMAN BARANG DENGAN METODE *LEAST COST* , *VOGEL'S APPROXIMATION METHOD*, DAN *STEPPING STONE* (STUDI KASUS : PT. GHI)

Rizqi Wahyudi<sup>1\*</sup>, Andhyka Tyaz Nugraha<sup>1</sup>, Celvin Johnatan Lumban Tobing<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera

\*Email Korespondensi: [rizky.wahyudi@ti.ITERA.ac.id](mailto:rizky.wahyudi@ti.ITERA.ac.id)

**Abstrak** - Biaya distribusi yang murah adalah salah satu faktor yang menentukan tingkat kepuasan pelanggan dalam hal pengeluaran pengangkutan dan pengalokasian barang ke tangan konsumen. Pada industri pengiriman barang, meminimalkan biaya distribusi sangat krusial untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal pada setiap pendistribusianya. Permasalahan dari PT. GHI adalah biaya distribusi yang tinggi dibandingkan dengan kompetitor perusahaan sejenis dengan tujuan pengantaran yang sama. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan biaya distribusi terhadap perancangan rute distribusi yang digunakan oleh PT. GHI dengan menggunakan metode *Least Cost*, *Vogel's Approximation Method* (VAM) dan *Stepping Stone*. *Least Cost* dan VAM digunakan untuk menemukan solusi awal biaya distribusi sedangkan *Stepping Stone* digunakan untuk menemukan biaya optimal atau biaya minimal distribusi yang dikeluarkan oleh perusahaan. Perhitungan dengan metode *Least Cost* juga bertujuan untuk menemukan biaya terbesar yang dihasilkan agar menjadi gap antara biaya maksimal dan minimal dari biaya distribusi yang akan digunakan. Pengolahan yang dilakukan terhadap 2 rute yang berbeda mendapatkan nilai yang berbeda dimana rute yang biasa digunakan oleh perusahaan mengeluarkan biaya lebih besar ialah sebesar Rp. 11.459.952.000 dengan penurunan biaya menjadi Rp. 10.973.760.000 dari penggunaan rute alternatif yang dirancang. Rekomendasi dari penelitian ini adalah memberikan opsi terbaik dari rancangan yang telah dibuat diantaranya mencakup opsi pengurangan biaya logistic, peningkatan efisiensi dan mendukung keberlanjutan operasional.

**Kata Kunci:** Distribusi; *Least Cost*; VAM; *Stepping Stone*

**Abstract** - Cheap distribution costs are one of the factors that determine customer satisfaction levels in terms of transportation expenses and the allocation of goods to consumers. In the freight forwarding industry, minimizing distribution costs is crucial to maximizing profits on each delivery. The problem faced by PT. GHI is the high distribution costs compared to competitors in the same industry with the same delivery objectives. This research aims to minimize distribution costs related to the route design used by PT. GHI by employing the *Least Cost* method, *Vogel's Approximation Method* (VAM), and the *Stepping Stone* method. *Least Cost* and VAM are used to find the initial distribution cost solution, while the *Stepping Stone* is used to find the optimal cost or minimal distribution cost incurred by the company. Calculations using the *Least Cost* method also aim to find the highest cost incurred to create a gap between the maximum and minimum distribution costs to be used. The processing conducted on the two different routes yielded different values, where the route commonly used by the company incurred a higher cost of Rp. 11,459,952,000, with a cost reduction to Rp. 10,973,760,000 from the use of the designed alternative route. The recommendation from this research is to provide the best options from the designs that have been made, including options for reducing logistics costs, increasing efficiency and supporting operational sustainability.

**Keywords:** Distribution; *Least Cost*; VAM; *Stepping stone*

### PENDAHULUAN

Dalam era globalisasi dan persaingan bisnis yang semakin ketat saat ini, efisiensi distribusi sangat

penting untuk bisnis untuk memenuhi kebutuhan pelanggan secara tepat waktu dan dengan biaya yang efisien (Nugraha et al., 2022). Tidak hanya memindahkan barang dari produsen ke pembeli, distribusi barang juga mencakup pengelolaan logistik, yang mencakup perencanaan rute pengiriman, pengelolaan inventori, frekuensi pengiriman, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya ('Aisyah & Syaichu, 2024; Barokah et al., 2024; Dimasuharto et al., 2021). Akibatnya, biaya distribusi harus dikelola dengan baik karena merupakan salah satu komponen biaya operasional terbesar (Fiitri et al., 2019; Winoto & Arifin, 2024).

Pengelolaan biaya distribusi berpengaruh terhadap keuntungan yang nantinya akan diperoleh perusahaan, dimana ketika biaya distribusi tinggi maka keuntungan yang diperoleh perusahaan akan semakin kecil sebaliknya jika biaya distribusi murah maka keuntungan yang diperoleh lebih maksimal (Rachman & Yuningsih, 2010). Biaya distribusi yang murah juga menjadi faktor terhadap kepuasan pelanggan yang dapat menggunakan jasa pengiriman dengan *cost* yang dikeluarkan lebih kecil (Basriati, Andriati, & Safitri, 2018; Hasanah et al., 2020). Pendistribusian suatu barang melibatkan cara memindahkan suatu barang dari gudang ke tujuan (Wahyudi et al., 2023). Proses yang berlangsung saat pemindahan barang dapat menjadi penentu biaya distribusi yang akan dikeluarkan. Ada beberapa aspek seperti jarak, bahan bakar, pekerja dan biaya lainnya (Arofah & Gestantiara, 2021; Huda, 2018). Setiap perusahaan pengiriman pasti mengalami permasalahan terkait pendistribusian barang, begitupula PT GHI yang menghadapi masalah dengan biaya operasional yang tinggi selama proses pengiriman karena bisnisnya distribusi barang (Pranati et al., 2018). Untuk mempertahankan daya saing di pasar dan memenuhi harapan pelanggan akan harga yang terjangkau dan pengiriman yang cepat, perusahaan harus mengelola biaya distribusi secara efisien karena persaingan yang semakin kompetitif (Sinaga, 2023; Tarigan et al., 2023). Biaya distribusi yang tidak terkelola dengan baik dapat berdampak pada penurunan keuntungan perusahaan dan peningkatan harga jual produk, yang berpotensi menurunkan daya saing perusahaan di pasar (Kertiasih, 2012).

Asosiasi Logistik Indonesia melaporkan bahwa biaya logistik di Indonesia mencapai 25–30 persen dari biaya operasional perusahaan, jauh lebih tinggi dibandingkan negara-negara maju, yang rata-rata berkisar 8–12 persen. Salah satu penyebab utama peningkatan biaya ini adalah sistem distribusi yang tidak efisien, yang mencakup penggunaan rute pengiriman yang tidak efektif, frekuensi pengiriman yang tidak sesuai, dan alokasi sumber daya yang tidak sesuai. Meningkatnya biaya logistik akibat pemborosan waktu dan biaya distribusi dapat mengurangi daya saing pasar perusahaan. PT GHI juga mengalami masalah serupa. Biaya distribusi yang tinggi disebabkan oleh rute yang tidak efisien, pengiriman yang seringkali tidak terjadwal dengan baik, dan pembagian sumber daya transportasi yang tidak efektif. Kegagalan operasional seperti peningkatan biaya bahan bakar, waktu pengiriman yang lebih lama, dan rute yang tidak tepat menyebabkan distribusi yang tidak efisien (Batubara et al., 2018; Saputri et al., 2019). Dengan biaya distribusi yang tinggi, strategi efisiensi distribusi diperlukan untuk mengurangi biaya operasional dan meningkatkan efisiensi bisnis (Kempa, 2022; Sudradjat, 2008). Perusahaan dapat mengurangi biaya distribusi dan mempercepat waktu pengiriman dengan merancang rute distribusi yang lebih efisien, mengurangi jarak tempuh, mengurangi waktu perjalanan, dan mengoptimalkan penggunaan armada dengan menggunakan teknologi informasi dan algoritma optimasi. Pengendalian terhadap biaya distribusi yang dilakukan oleh PT GHI masih terbilang mahal. Hal tersebut dapat dilihat dari data beberapa competitor yang menawarkan harga yang lebih murah. Tabel 1 menampilkan data perbandingan harga dengan kompetitor.

Tabel 1. Perbandingan Harga Distribusi Kompetitor

Kompetitor	Jarak Belawan ke Simalungun (km)	Harga (Rp.)
Sentra Cargo	160	2.232.000
Klik Logistics	160	2.375.000
LSJ Ekspress	160	2.663.000
PT. GHI	160	3.360.000

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat harga yang ditawarkan oleh beberapa kompetitor PT.GHI dimana nilai yang didapatkan pada jarak dan juga muatan yang sama namun dengan harga yang berbeda. Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan sistem manajemen transportasi (*Transportation Management System/TMS*) dan analisis data menjadi semakin penting dalam upaya optimalisasi ini. Teknologi tersebut memungkinkan pemantauan *real-time*, analisis rute yang lebih akurat, serta pengambilan keputusan berbasis data yang lebih efektif. Tabel 2 menampilkan data distribusi yang biasa digunakan oleh perusahaan.

Tabel 2. Data Distribusi PT. GHI

Gudang	Tujuan	Jarak (Km)	Harga
Belawan	carefour	23,7	497.000
	simalungun	160	3.360.000
	berastagi	96,3	2.022.300
KIM 3	carefour	10,9	228.900
	simalungun	147	3.087.000
	berastagi	86,6	1.818.600

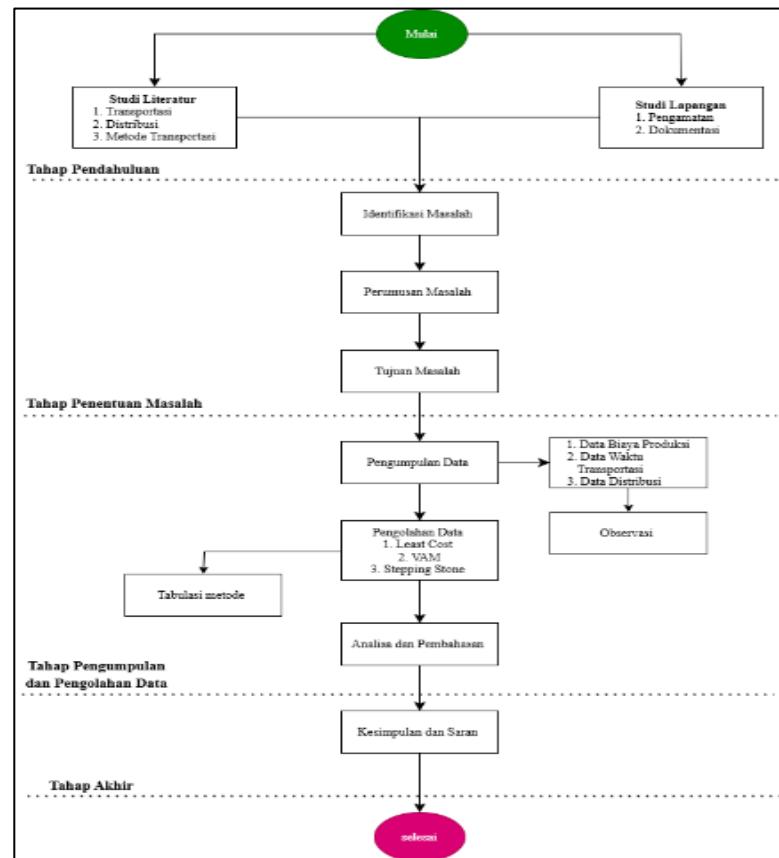
Tabel 2 menjelaskan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan terhadap jarak yang berbeda dari 2 gudang ke 3 tujuan. Biaya distribusi yang minimal dapat dihasilkan dengan melakukan manajemen terhadap perancangan rute distribusi yang akan digunakan oleh perusahaan. Rute distribusi yang dirancang tersebut kemudian dapat dihitung nilai minimalnya dengan menggunakan metode *Least Cost* metode ini merupakan solusi awal dalam menemukan nilai minimal dari distribusi (Lestari et al., 2021). Selain menggunakan *Least Cost*, Metode VAM juga dapat digunakan dalam menemukan solusi minimal lain dalam distribusi (Basriati, Andriati, Safitri, et al., 2018). Hasil dari solusi awal yang ditemukan dari pengolahan menggunakan metode *Least Cost* dan VAM, kemudian akan di optimalkan atau diminimalkan kembali dengan menggunakan metode solusi optimal yaitu *Stepping Stone* (Kanthy & Kristanto, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan biaya distribusi dengan menggunakan metode *Least Cost*, VAM dan *Steppingstone*. Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian berupa rute yang ditempuh, waktu serta muatan yang akan diangkut. Hasil dari biaya minimal yang didapatkan kemudian akan di rekomendasikan kepada perusahaan berikut kekurangan maupun kelebihan yang akan diperoleh perusahaan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian kuantitatif pada penelitian dari pendekatan deskriptif diterapkan pada penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan nilai minimal pada pendistribusian barang. Gambar 1 menampilkan alur penelitian.

Alur penelitian yang pertama ialah peneliti akan melakukan studi lapangan terkait permasalahan yang terjadi di perusahaan selanjutnya peneliti melakukan studi literatur terkait pengumpulan teori yang berhubungan dengan permasalahan tersebut. Alur selanjutnya peneliti melakukan pengidentifikasi terkait penyajian permasalahan yang ditemukan pada perusahaan, lalu peneliti akan melakukan perumusan terhadap permasalahannya hingga menentukan tujuan dari permasalahannya. Pengumpulan data dilakukan pada alur selanjutnya, dimana data yang dikumpulkan berupa data distribusi dari perusahaan dengan observasi dan pengajuan langsung ke perusahaan. Data yang dikumpulkan tersebut kemudian akan diolah dengan menggunakan metode pada distribusi yaitu *Least Cost* dan VAM untuk menemukan solusi awal distribusi dan *Stepping Stone* untuk menemukan nilai biaya minimal. Pembahasan akan dilakukan pada tahap berikutnya untuk menganalisis perbaikan yang terjadi. Terakhir, peneliti melakukan permberian kesimpulan dan saran dari penelitian.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

Adapun tahapan penggeraan metode transportasi ialah:

1. *Least cost*

Tahapan metode *Least Cost* dimulai dengan menyusun tabel awal yang memuat biaya transportasi. Selanjutnya, cari sel dengan biaya terkecil pada tabel tersebut. Pada Cmn terkecil, alokasikan sebanyak mungkin tanpa melanggar batasan dengan mengisi nilai dengan permintaan dan tidak melebihi persediaan. Proses ini diulangi untuk Biaya terkecil berikutnya hingga seluruh persediaan habis dan permintaan terpenuhi. Setelah alokasi penuh dan kapasitas sesuai, jumlahkan semua biaya yang diperoleh dari perkalian ongkos dengan sel yang terisi.

2. *Vogel's Approximation Method*

Tahapan metode ini dimulai dengan menyusun matriks kebutuhan dan biaya transportasi. Selanjutnya, cari biaya terkecil pada setiap baris dan kolom, lalu pilih nilai perbedaan terbesar di antara semua perbedaan tersebut. Pilih perbedaan terbesar di antara kolom dan baris, kemudian isi segi empat dengan biaya terendah pada kolom atau baris tersebut sebanyak mungkin. Setelah itu, hilangkan baris atau kolom yang sudah penuh. Hitung kembali perbedaan biaya untuk kolom dan baris yang belum terisi, dan ulangi proses ini hingga semua kolom dan baris terisi. Setelah itu, hitung total biaya transportasi. Jika terdapat dua perbedaan biaya yang sama, periksa segi empat pada kolom dan baris dengan nilai terbesar untuk menentukan pilihan.

3. *Stepping Stone*

Metode ini dimulai dengan memilih salah satu sel kosong untuk diuji, kemudian mencari jalur terdekat secara vertikal atau horizontal dari sel tersebut hingga kembali ke sel kosong dengan tanda arah putaran tertentu. Pada setiap sudut jalur, beri tanda tambah (+) untuk penambahan

biaya dan kurang (-) untuk penurunan biaya. Jumlahkan unit biaya dengan tanda yang sesuai, lalu ulangi proses ini untuk sel kosong lainnya dan bandingkan hasil evaluasinya. Pilih nilai evaluasi paling negatif untuk mendapatkan penurunan biaya terbesar. Jika tidak ada nilai negatif, berarti solusi sudah optimal, tetapi jika masih ada nilai negatif, lakukan perubahan jalur dan ulangi langkah sebelumnya hingga tidak ada lagi nilai negatif yang tersisa

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam pengolahan merupakan data yang didapatkan dari histori pengiriman perusahaan dan tambahan dari data observasi perusahaan. Tabel 3 menampilkan data pengiriman alternatif yang dirancang.

Tabel 3. Data Rute Alternatif

Gudang	Tujuan	Jarak (Km)	Harga
Belawan	Carefour	24	504.000
	Simalungun	160	3.360.000
	Berastagi	89	1.869.000
KIM 3	Carefour	12	252.000
	Simalungun	147	3.087.000
	Berastagi	76	1.596.000

Tabel 3 yang berisi data pengiriman alternatif tersebut nantinya akan diolah untuk mendapatkan biaya distribusi yang minimal. Data biaya distribusi yang digunakan sudah mencakup biaya bahan bakar, biaya pekerja, biaya tol, biaya operasional tambahan seperti *maintenance* alat transportasi. Jarak yang ditempuh dimulai dari 12 Km hingga 160 Km.

Tabel 4. Permintaan dan Persediaan

Persediaan	
Gudang	Persediaan/pengiriman
Belawan	3.640
KIM3	3.000
Permintaan	
Tujuan	Persediaan/pengiriman
Carefour	2.200
Simalungun	1.600
Berastagi	2.840

Data pada Tabel 4 menunjukkan data permintaan dan persediaan pada PT.GHI pada setiap pengiriman. Dimana total persediaan yang dimiliki oleh PT.GHI ialah sebesar 6.640. Dalam hal ini persediaan yang dimiliki menyesuaikan muat dari *truck* yaitu sebesar 30 ton.

### Perhitungan Least Cost

Perhitungan dengan menggunakan metode *Least Cost* untuk menemukan solusi awal dari biaya distribusi. Dengan formulasi model matematis  $B_{m,n}$  yang berarti jumlah unit barang yang dikirim dari sumber  $m$  ke tujuan  $n$ . Meminimalkan  $Z$  dengan persamaan:

$$Z = \sum_{m=1, n=1}^{mn} A_{mn} \times B_{mn} Z. \quad (1)$$

Sehingga fungsi objektif, minimalkan  $\min Z = A_{1a}(B_{1a}) + A_{1b}(B_{1b}) + A_{2a}(B_{2a}) + A_{2b}(B_{2b}) + A_{3a}(B_{3a}) + A_{3b}(B_{3b})$

Dimana;

$B_{1a}$  = Jumlah barang dari belawan ke carefour

- $B_{1b}$  = Jumlah barang dari KIM 3 ke carefour  
 $B_{2a}$  = Jumlah barang dari belawan ke simalungun  
 $B_{2b}$  = Jumlah barang dari KIM 3 ke simalungun  
 $B_{3a}$  = Jumlah barang dari belawan ke berastagi  
 $B_{3b}$  = jumlah barang dari KIM 3 ke berastagi

Kendala kapasitas *supply*:

$$B_{1a} + B_{2a} + B_{3a} \leq 3.640$$

$$B_{1b} + B_{2b} + B_{3b} \leq 3.000$$

Kendala kapasitas *demand*:

$$B_{1a} + B_{1b} = 2.200$$

$$B_{2a} + B_{2b} = 1.600$$

$$B_{3a} + B_{3b} = 2.840$$

Kendala *non-negativitas*

$$B_{mn} \geq 0$$

### 1. Perhitungan dari biaya alternatif

Tabel 5. *Least Cost* perhitungan data alternatif

Ke	Dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	504.000	252.000	2.200
	0	2.200	
Simalungun	3.360.000	3.087.000	1.600
	1.600	0	
Berastagi	1.869.000	1.596.000	2.840
	2.040	800	
Supply	3.640	3.000	

Dari persamaan (1) maka nilai biaya total Tabel 5 untuk biaya rute transportasi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Nilai biaya total} = 504.000 (0) + 252.000 (2.200) + 3.360.000 (1.600) + 3.087.000 (0) + 1.869.000 (2.040) + 1.599.000 (800)$$

$$\text{Nilai biaya total} = \text{Rp. } 11.019.960.000, -$$

### 2. Perhitungan rute alternatif yang ditempuh

Tabel 6. *Least Cost* rute alternatif yang ditempuh

Ke	Dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	24	12	2.200
	0	2.200	
Simalungun	160	147	1.600
	1.600	0	
Berastagi	89	76	2.840
	2.040	800	
Supply	3.640	3.000	

Dari persamaan (1), maka nilai jarak total Tabel 6 untuk jarak rute alternatif yang ditempuh adalah:

$$\text{Nilai jarak total} = 24 (0) + 12 (2.200) + 160 (1.600) + 147 (0) + 89 (2.040) + 76 (800)$$

$$\text{Nilai jarak total} = 524.784 \text{ km}$$

3. Perhitungan biaya distribusi yang biasa digunakan

Tabel 7. Least Cost biaya distribusi yang biasa digunakan

Ke	Dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	497.700	228.900	2.200
	0	2.200	
Simalungun	3.360.000	3.087.000	1.600
	1.600	0	
Berastagi	2.022.300	1.818.600	2.840
	2.040	800	
Supply	3.640	3.000	

Dari persamaan (1), maka nilai biaya total Tabel 7 untuk biaya distribusi yang biasa digunakan adalah:

$$\text{Nilai biaya total} = 497.700 (0) + 228.900 (2.200) + 3.360.000 (1.600) + 3.087.000 (0) + 2.022.300 (2.040) + 1.818.600 (800)$$

$$\text{Nilai biaya total} = \text{Rp. } 11.459.952.000$$

**Perhitungan Vogel's Approximation Method (VAM)**

Pengolahan dengan menggunakan metode VAM untuk menemukan solusi awal biaya distribusi. Dengan formulasi model matematis  $B_{m,n}$  yang berarti jumlah unit barang yang dikirim dari sumber  $m$  ke tujuan  $n$ . Sehingga fungsi objektif, minimalkan  $Z = A_{1a}(B_{1a}) + A_{1b}(B_{1b}) + A_{2a}(B_{2a}) + A_{2b}(B_{2b}) + A_{3a}(B_{3a}) + A_{3b}(B_{3b})$

Dimana;

$B_{1a}$  = Jumlah barang dari belawan ke carefour

$B_{1b}$  = Jumlah barang dari KIM 3 ke carefour

$B_{2a}$  = Jumlah barang dari belawan ke simalungun

$B_{2b}$  = Jumlah barang dari KIM 3 ke simalungun

$B_{3a}$  = Jumlah barang dari belawan ke berastagi

$B_{3b}$  = jumlah barang dari KIM 3 ke berastagi

Kendala kapasitas *supply*:

$$B_{1a} + B_{2a} + B_{3a} \leq 3.640$$

$$B_{1b} + B_{2b} + B_{3b} \leq 3.000$$

Kendala kapasitas *demand*:

$$B_{1a} + B_{1b} = 2.200$$

$$B_{2a} + B_{2b} = 1.600$$

$$B_{3a} + B_{3b} = 2.840$$

Kendala *non-negativitas*

$$B_{mn} \geq 0$$

1. Perhitungan dengan data biaya alternatif

Tabel 8. VAM

ke	dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	504.000	252.000	2.200
Simalungun	3.360.000	3.087.000	1.600
Berastagi	1.869.000	1.596.000	2.840
Supply	3.640	3.000	
	1.365.000	1.344.000	
			252.000
			273.000
			273.000

Tabel 8 menunjukkan data biaya distribusi alternatif yang digunakan oleh PT.GHI dan juga menyertakan jumlah *supply* serta *demand*. Tabel 8 merupakan tahapan awal penyusunan matrix

dengan menyesuaikan setiap sel dengan permintaan dan persediaan pada perusahaan.

Tabel 9. Perhitungan VAM

Ke	Dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	504.000 2.200	252.000 0	2.200
	3.360.000 0	3.087.000 1.600	
Simalungun	1.869.000 1.440	1.596.000 1.400	1.600
	3.640	3.000	
Supply			

Berdasarkan persamaan (1), maka nilai total biaya = 504.000 (2.200) + 252.000 (0) + 3.360.000 (0) + 3.087.000 (1.600) + 1.869.000 (1.440) + 1.599.000 (1.400)

Nilai total biaya = Rp. 10.973.760.000

## 2. Perhitungan terhadap data rute distribusi

Tabel 10. VAM

ke	dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	24	12	2.200
Simalungun	160	147	1.600
Berastagi	89	76	2.840
Supply	3.640	3.000	
	65	64	

Tabel 10 menunjukkan perhitungan dengan tabulasi matrix untuk mencari nilai terkecil pada setiap tujuan dan juga gudang perusahaan. Nilai Terkecil yang didapatkan berasal dari Pengurangan setiap sel pada kolom serta baris dari 2 biaya terkecil.

Tabel 11. VAM

Ke	Dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	24 2.200	12 0	2.200
	160 0	147 1.600	
Simalungun	89 1.440	76 1.400	2.840
	3.640	3.000	

Dari persamaan (1), maka nilai jarak total = 24 (2.200) + 12 (0) + 160 (0) + 147 (1.600) + 89 (1.440) + 76 (1.400).

Nilai jarak total = 522.560 km

## 3. Perhitungan dengan menggunakan data distribusi yang biasa digunakan oleh PT. GHI

Tabel 12. VAM

ke	dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	497.700	228.900	2.200
Simalungun	3.360.000	3.087.000	1.600
Berastagi	2.022.300	1.818.600	2.840
Supply	3.640	3.000	
	1.524.600	1.589.700	

Tabel 12 menunjukkan perhitungan dengan tabulasi matrix untuk mencari nilai terkecil pada setiap tujuan dan juga gudang perusahaan. Nilai Terkecil yang didapatkan berasal dari Pengurangan setiap sel pada kolom serta baris dari 2 biaya terkecil.

Tabel 13. VAM

Ke	Dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	497.700	12	2.200
	800	1.400	
Simalungun	3.360.000	147	1.600
	0	1.600	
Berastagi	2.022.300	76	2.840
	2.840	0	
Supply	3.640	3.000	

Dari persamaan (1), maka nilai biaya total = 497.700 (800) + 228.900 (1.400) + 3.360.000 (0) + 3.087.000 (1.600) + 2.022.300 (2.840) + 1.818.600 (0)

Nilai biaya total = Rp. 11.401.152.000

### Perhitungan Stepping Stone

Stepping Stone digunakan untuk menemukan solusi optimal dalam biaya distribusi yang dikeluarkan oleh perusahaan.

1. Perhitungan dari solusi awal biaya alternative least cost

Tabel 14. Stepping stone

Ke	Dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	504.000	252.000	2.200
	2.200	0	
Simalungun	3.360.000	3.087.000	1.600
	0	160	
Berastagi	1.869.000	1.596.000	2.840
	0	2.840	
Supply	3.640	3.000	

$$BB = 1.869.000 - 1.596.000 + 3.087.000 - 3.360.000 = 0$$

$$CK = 252.000 - 504.000 + 3.360.000 - 3.087.000 = 21.000$$

$$\text{Nilai biaya total} = \sum_{m=1, n=1}^{mn} A_{mn} * B_{mn}$$

$$\text{Nilai biaya total} = A_{1a}(B_{1a}) + A_{1b}(B_{1b}) + A_{2a}(B_{2a}) + A_{2b}(B_{2b}) + A_{3a}(B_{3a}) + A_{3b}(B_{3b})$$

$$\text{Nilai biaya total} = 504.000 (2.200) + 252.000 (0) + 3.360.000 (1.440) + 3.087.000 (160) + 1.869.000 (0) + 1.599.000 (2.840)$$

$$\text{Nilai biaya total} = \text{Rp. } 10.975.629.000$$

2. Perhitungan dari data solusi awal rute alternatif *Least Cost*.

Tabel 1. Stepping Stone

Ke	Dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	24	12	2.200
	2.200	0	
Simalungun	160	147	1.600
	1.440	160	
Berastagi	89	76	2.840
	0	2.840	
Supply	3.640	3.000	

$$BB = 89 - 76 + 147 - 160 = 0$$

$$CK = 12 - 24 + 160 - 147 = 1$$

$$\text{Nilai jarak total} = \sum_{m=1, n=1}^{mn} A_{mn} * B_{mn}$$

$$\text{Nilai jarak total} = A_{1a}(B_{1a}) + A_{1b}(B_{1b}) + A_{2a}(B_{2a}) + A_{2b}(B_{2b}) + A_{3a}(B_{3a}) + A_{3b}(B_{3b})$$

$$\text{Nilai rute total} = 504.000 (2.200) + 252.000 (0) + 3.360.000 (1.440) + 3.087.000 (160) + 1.869.000 (0) + 1.599.000 (2.840)$$

$$\text{Nilai rute total} = 522.560 \text{ KM}$$

2. Perhitungan dari data solusi awal biaya yang biaya digunakan perusahaan dengan *Least Cost*.

Tabel 2. Stepping Stone

Ke	Dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	497.700	228.900	2.200
	800	1.400	
Simalungun	3.360.000	3.087.000	1.600
	0	1.600	
Berastagi	2.022.300	1.818.600	2.840
	2.840	0	
Supply	3.640	3.000	

$$SB = 3.360.000 - 497.700 + 228.900 - 3.087.000 = 4.200$$

$$BK = 1.818.600 - 3.087.000 + 3.360.000 - 2.022.300 = 65.100$$

$$\text{Nilai biaya total} = \sum_{m=1, n=1}^{mn} A_{mn} * B_{mn}$$

$$\text{Nilai biaya total} = A_{1a}(B_{1a}) + A_{1b}(B_{1b}) + A_{2a}(B_{2a}) + A_{2b}(B_{2b}) + A_{3a}(B_{3a}) + A_{3b}(B_{3b})$$

$$\text{Nilai biaya total} = 497.700 (800) + 228.900 (1.400) + 3.360.000 (0) + 3.087.000 (1.600) + 2.022.300 (2.840) + 1.818.600 (0)$$

$$\text{Nilai biaya total} = \text{Rp. } 11.401.152.000$$

3. Perhitungan dari data biaya alternatif *VAM*

Tabel 3. Stepping Stone

Ke	Dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	504.000	252.000	2.200
	2.200	0	
Simalungun	+ 3.360.000	- 3.087.000	1.600
	0	1.600	
Berastagi	- 1.869.000	+ 1.596.000	2.840
	1.440	1.400	
Supply	3.640	3.000	

$$SK = 3.360.000 - 3.807.000 + 1.869.000 - 1.596.000 = 0$$

$$CK = 252.000 - 3.087.000 + 3.360.000 - 504.000 = 21.000$$

$$\text{Nilai biaya total} = \sum_{m=1, n=1}^{mn} A_{mn} * B_{mn}$$

$$\text{Nilai biaya total} = A_{1a}(B_{1a}) + A_{1b}(B_{1b}) + A_{2a}(B_{2a}) + A_{2b}(B_{2b}) + A_{3a}(B_{3a}) + A_{3b}(B_{3b})$$

$$\text{Nilai biaya total} = 504.000 (2.200) + 252.000 (0) + 3.360.000 (0) + 3.087.000 (1.600) + 1.869.000 (1.440) + 1.599.000 (1.400)$$

$$\text{Nilai biaya total} = \text{Rp. } 10.973.760.000$$

4. Perhitungan dari data solusi awal rute alternatif VAM

Tabel 4 Stepping Stone

Ke	Dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	24	12	2.200
	2.200	0	
Simalungun	+ 160	- 147	1.600
	0	1.600	
Berastagi	- 89	+ 76	2.840
	1.440	1.400	
Supply	3.640	3.000	

$$SB = 160 - 147 + 76 - 89 = 0$$

$$CK = 12 - 147 + 160 - 24 = 1$$

$$\text{Nilai jarak total} = \sum_{m=1, n=1}^{mn} A_{mn} * B_{mn}$$

$$\text{Nilai jarak total} = A_{1a}(B_{1a}) + A_{1b}(B_{1b}) + A_{2a}(B_{2a}) + A_{2b}(B_{2b}) + A_{3a}(B_{3a}) + A_{3b}(B_{3b})$$

$$\text{Nilai jarak total} = 24 (2.200) + 12 (0) + 160 (0) + 147 (1.600) + 89 (1.440) + 76 (1.400)$$

$$\text{Nilai jarak total} = 522.560 \text{ KM}$$

5. Perhitungan dari data solusi awal biaya distribusi yang biasa digunakan oleh perusahaan dengan menggunakan VAM.

Tabel 5 Stepping Stone

Ke	Dari		Demand
	Belawan	KIM 3	
Carefour	+ 497.700	- 228.900	2.200
	800	1.400	
Simalungun	3.360.000	- 3.087.000	1.600
	0	1.600	
Berastagi	- 2.022.300	+ 1.818.600	2.840
	2.840	0	
Supply	3.640	3.000	

$$SB = 1.818.600 - 228.900 + 497.700 - 2.022.300 = 65.100$$

$$CK = 3.360.000 - 497.700 + 228.900 - 3.087.000 = 4.200$$

$$\text{Nilai biaya total} = \sum_{m=1, n=1}^{mn} A_{mn} * B_{mn}$$

$$\text{Nilai biaya total} = A_{1a}(B_{1a}) + A_{1b}(B_{1b}) + A_{2a}(B_{2a}) + A_{2b}(B_{2b}) + A_{3a}(B_{3a}) + A_{3b}(B_{3b})$$

$$\text{Nilai biaya total} = 497.700 (800) + 228.900 (1.400) + 3.360.000 (0) + 3.087.000 (1.600) + 2.022.300 (2.840) + 1.818.600 (0)$$

$$\text{Nilai biaya total} = \text{Rp. } 11.401.152.000$$

Adapun hasil pengolahan yang dihitung akan dikumpulkan dalam tabel 20.

Tabel 6 Hasil pengolahan

Metode	Hasil		
	Biaya distribusi alternatif (Rp.)	Rute distribusi Alternatif (Rp.)	Biaya distribusi PT.GHI (Rp.)
Least Cost	11.019.960.000	524.784	11.459.952.000
VAM	10.973.760.000	522.560	11.401.152.000
Stepping Stone	10.975.629.000	522.560	11.401.152.000
Stepping Stone	10.973.760.000	522.560	11.401.152.000

Tabel 20 menunjukkan hasil dari pengolahan data yang dilakukan oleh peneliti. Dari data tabel dapat dilihat bahwa nilai yang paling kecil di dapatkan dengan menggunakan metode *Stepping Stone* dengan hasil minimal sebesar Rp. 10.973.760.000 dengan total rute yang digunakan ialah 522.560 KM dan biaya terbesar yang dihasilkan ialah sebesar Rp. 11.459.952.000. Penyajian tabel 20 menunjukkan bahwa solusi awal yang diberikan dengan menggunakan metode *Least Cost* dapat menjadi gap yang memperlihatkan nilai terbesar ataupun nilai maksimal dari biaya distribusi yang dikeluarkan oleh perusahaan. Tabel 20 juga dapat memberikan penyajian dengan memperlihatkan biaya optimal atau biaya paling minimal yang dihasilkan dengan menggunakan metode *Stepping Stone* dari solusi awal VAM.

Pada tahap analisis, fokus utama adalah mengidentifikasi pemborosan pada rute dan biaya transportasi yang terjadi di PT. GHI. Proses ini dimulai dengan penerapan metode *Least Cost*, yang dirancang untuk memberikan solusi awal dengan memprioritaskan alokasi barang ke rute yang memiliki biaya transportasi terendah. Metode ini dilakukan dengan mengamati matriks distribusi yang memuat data biaya antar titik pengiriman (warehouse) dan tujuan (customer). Dalam prosesnya, unit barang dialokasikan secara bertahap ke rute termurah hingga semua permintaan terpenuhi. Dari hasil ini, ditemukan pola distribusi yang menunjukkan adanya ketidakefisienan seperti pemanfaatan kendaraan yang kurang maksimal dan pilihan rute yang tidak optimal.

Metode *Vogel's Approximation Method* (VAM) digunakan untuk memperbaiki solusi awal yang diberikan oleh metode *Least Cost*. Dalam metode ini, penalti biaya dihitung untuk setiap baris dan kolom, yaitu selisih antara dua biaya terkecil. Penalti ini mencerminkan potensi pemborosan yang terjadi jika rute tertentu tidak dioptimalkan. Dengan memprioritaskan alokasi barang pada penalti tertinggi, solusi distribusi menjadi lebih efisien. Hasil dari metode ini menunjukkan pengurangan pemborosan, terutama dalam hal alokasi ke rute yang lebih mahal dibandingkan alternatifnya. Setelah mendapatkan solusi awal dari VAM, metode *Stepping Stone* digunakan untuk menemukan biaya minimal total distribusi. Metode *Stepping Stone* juga digunakan untuk memberikan evaluasi terhadap solusi awal dengan menentukan loop (jalur siklus) di matriks distribusi barang untuk mengurangi biaya distribusi.

Hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Least Cost* terhadap 3 data tabel yaitu, data rute distribusi, biaya distribusi dan biaya distribusi pada rute alternatif. Dari penerapan metode *Least Cost* pada penelitian yang dilakukan pada data biaya distribusi barang di PT.GHI, nilai total biaya transportasi alternatif yang diperoleh pada alokasi barang dari sumber ke tujuan sebesar Rp. 11.019.960.000, dengan total rute distribusi 524.784 KM, dan nilai biaya total distribusi yang biasa digunakan oleh PT.GHI ialah sebesar Rp. 11.459.952.000. Hasil ini menunjukkan bahwa metode *Least Cost* mampu memberikan solusi awal yang cukup efisien dalam memenuhi kebutuhan distribusi. Berdasarkan tabulasi yang digunakan dengan hasil pada tabel, solusi yang didapatkan memenuhi kriteria layak, dimana seluruh permintaan (Demand) distetapi tujuan terpenuhi, serta persediaan (Supply) dari setiap sumber dimuat secara optimal sesuai dengan kapasitas maksimal sebanyak 6640 dus.

Penggunaan metode *Least Cost* memang hanya untuk menemukan solusi minimal dengan memberikan hasil yang efisien pada distribusi barang. Jika dilihat dari hasil perhitungan pada *Least Cost* nilai yang dihasilkan jauh lebih besar dari pada VAM oleh sebab itu dilakukan pengoptimalan untuk meminimalkan biaya distribusi yaitu dengan menggunakan penyelesaian dengan metode *Stepping Stone* dari data hasil tabulasi *Least Cost*. Meskipun hasil yang diperoleh dari penggunaan metode ini besar namun untuk menemukan nilai untuk analisis awal relatif lebih sederhana dan cepat. Pada perhitungan dengan tabulasi matrix pada metode VAM dari data biaya distribusi alternatif PT.GHI mendapatkan total biaya sebesar Rp.10.973.760.000, lalu dari data rute alternatif yang digunakan, total rute yang dihasilkan ialah sebesar 522.560 KM, selanjutnya nilai pada rute yang biasa digunakan oleh PT. GHI menghasilkan nilai sebesar Rp.11.492.292.000. Hasil yang didapatkan tersebut menunjukkan nilai yang lebih kecil dari perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan metode *Least Cost*. Hasil

yang diperoleh juga bisa memberikan solusi awal yang cukup efektif dimana nilai ini memenuhi permintaan serta penawaran dari sumber ke tujuan distribusi.

## KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian menemukan berbagai pemborosan dalam sistem transportasi PT. GHI, seperti rute yang tidak efisien, frekuensi pengiriman yang tidak optimal, dan alokasi sumber daya yang kurang tepat, yang menyebabkan tingginya biaya operasional. Penelitian merancang opsi rute distribusi yang lebih efisien, menghasilkan potensi penghematan biaya dari Rp. 11.459.952.000 menjadi Rp. 10.973.760.000, sekaligus meningkatkan efisiensi operasional. Rekomendasi diberikan untuk mendukung implementasi opsi terbaik, mencakup analisis risiko dan keuntungan, dengan tujuan mengurangi biaya transportasi, meningkatkan efisiensi, serta memperkuat daya saing dan keberlanjutan operasional PT. GHI.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, R., & Syaichu, A. (2024). Optimasi Biaya Pengiriman Roti Dengan Metode Transportasi Stepping Stone Pada UMKM Niki Sari Bakery. *Jurnal Teknik Dan Manajemen Industri Pomasda (JTMIP)*, 02(02), 89–94.
- Arofah, I., & Gesthantiara, N. N. (2021). Optimasi Biaya Distribusi Barang dengan Menggunakan Model Transportasi. *JMT : Jurnal Matematika Dan Terapan*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.21009/jmt.3.1.1>
- Barokah, F., Sari, Z., & Chanifudin. (2024). Peluang dan Tantangan Pendidikan Karakter Di Era Era Digital. *AI Muaddib : Jurnal Kajian Ilmu Pendidikan*, 06(03), 721–737. [https://doi.org/10.46773/muaddib.v6i3.1209 Abstract](https://doi.org/10.46773/muaddib.v6i3.1209)
- Basriati, S., Andriati, R., & Safitri, E. (2018). Penyelesaian Model Transshipment dengan Metode Least Cost, North West Corner dan Vogel's Approximation Method (Studi Kasus PT Subur Bangun Transport). *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi Dan Industri*, 726–733.
- Basriati, S., Andriati, R., Safitri, E., Matematika, J., Sains dan Teknologi, F., Sultan Syarif Kasim Riau Jl Soebrantas No, U. H., & Baru, S. (2018). Penyelesaian Model Transshipment dengan Metode Least Cost, North West Corner dan vogel's Approximation Method (Studi Kasus: PT. Subur Bangun Transport). *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi Dan Industri (SNTIKI-10, November*, 2579–5406.
- Batubara, P., Rosmaini, E., & Nababan, E. (2018). Kajian Masalah Transshipment Tidak Seimbang Menggunakan Metode Least Cost - Stepping Stone Dan Metode Least Cost - Modi. *Talenta Conference Series: Science and Technology (ST)*, 1(1), 049–058. <https://doi.org/10.32734/st.v1i1.189>
- Dimasuharto, N., Subagyo, A. M., & Fitriani, R. (2021). Optimalisasi Biaya Pendistribusian Produk Kaca Menggunakan Model Transportasi dan Metode Stepping Stone. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 7(2), 81–88. <http://dx.doi.org/10.30656/intech.v7i2.3513>
- Fitri, Helmi, & Kiftiah, M. (2019). Perbandingan Metode ASM, Stepping Stone Dan Metode MODI Pada Biaya Angkut Transportasi (Kasus Studi: Data Pendistribusian Raskin Perum Bulog Divre Kalimantan Barat Tahun 2018 Pada Bulan Januari-September). *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika Dan Terapannya*, 8(3), 387–392. <https://doi.org/10.26418/bbimst.v8i3.33172>
- Hasanah, T. U., Utami, P., & Fauzi, M. (2020). Pengoptimalan Biaya Transportasi Dengan Metoda North West Corner (NWC) dan Stepping Stone (SS) Untuk Distribusi Produk Farmasi. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 6(1), 34. <https://doi.org/10.24014/jti.v6i1.9468>
- Huda, M. M. (2018). *Distribusi Menggunakan Metode Saving Matrix untuk Meminimalkan Biaya Transportasi di PT. LIMA*. Program Studi Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Kanthy, 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), 845–851. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020701625>
- Kempa, M. (2022). Implementasi Metode Vogel'S Approximation Method (VAM) Dan Stepping Stone Untuk Optimalisasi Biaya Distribusi Material Besi Beton Pada Daerah Kepulauan Di Provinsi Maluku. *Jurnal Simetrik*, 12(1), 504–511. <https://doi.org/10.31959/js.v12i1.962>

- Kertiasih, N. K. (2012). Penggunaan Metode Transportasi Dalam Program Linier Untuk Pendistribusian Barang. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 6(2), 27–35. <https://doi.org/10.23887/jptk.v6i2.24>
- Lestari, R. C., Aditya, M. M. R., & Fauzi, M. (2021). Pengoptimalan Biaya Transportasi Dengan Metode Least Cost Dan Lingo Untuk Distribusi Sabun Batang di PT. XYZ. *Jurnal Bayesian : Jurnal Ilmiah Statistika Dan Ekonometrika*, 1(2), 109–120. <https://doi.org/10.46306/bay.v1i2.13>
- Nugraha, A. T., Wahyudi, R., Fawzi, A. M., & Sunarti, S. (2022). Eco Design, Internal Environment Management, Just in Time and Organizational Performance: Examining Moderating Role of Trust. *Jurnal Manajemen Indonesia*, 22(3), 396–405. <https://doi.org/10.25124/jmi.v22i3.3673>
- Pranati, N. M. A., Jaya, A. I., & Sahari, A. (2018). Optimalisasi Biaya Transportasi Pendistribusian Keramik Menggunakan Model Transportasi Metode Stepping Stone (Studi Kasus: Pt. Indah Bangunan). *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*, 15(1), 48–57. <https://doi.org/10.22487/2540766x.2018.v15.i1.10198>
- Rachman, G. G., & Yuningsih, K. (2010). Pengaruh Biaya Distribusi Dan Saluran Distribusi Terhadap Volume Penjualan(Studi Pada Sari Intan Manunggal Knitting Bandung). *Jurnal Riset Akuntansi Dan Bisnis*, 10(2)(September 2010), 151–175.
- Saputri, Z. E., Nasution, Y. N., & Wasono. (2019). Perbandingan Hasil Revised Distribution Method dan Metode Stepping Stone dengan Penentuan Nilai Awal Menggunakan Metode North West Corner dalam Meminimumkan Biaya Pendistribusian Barang (Studi Kasus : Pendistribusian Tabung Gas LPG 3 Kg pada PT . Tri Prib). *Jurnal EKSPONENSIAL*, 10(1), 59–66.
- Sinaga, R. (2023). Penerapan Metode Stepping Stone Untuk Transportasi Pengiriman Barang. *Journal Global Technology Computer*, 2(2), 54–60. <https://doi.org/10.47065/jogtc.v2i2.3339>
- Sudradjat. (2008). Pendahuluan Penelitian Operasional (Model Transportasi). In *Modul II*. Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran.
- Tarigan, M. L., Tastrawati, N. K. T., & Utari, I. A. P. A. (2023). Optimisasi Biaya Transportasi Menggunakan Metode Stepping Stone Dengan Solusi Awal Tocm-Sum Approach Dan KSAM. *E-Jurnal Matematika*, 12(1), 77–86. <https://doi.org/10.24843/mtk.2023.v12.i01.p403>
- Wahyudi, R., Abdillah, Z., & Armadani, E. (2023). Usulan Perbaikan Lingkungan Kerja Di Area Produksi. *Jurnal INVASI*, 1(1), 12–22. <http://jurnal.utu.ac.id/invasi/issue/view/533>
- Winoto, E. S., & Arifin, M. (2024). Penentuan Lokasi Pusat Distribusi Alternatif Gudang Beras Di Kerisedenan Surakarta Melalui Pendekatan Metode Center of Gravity. *Jurnal TRINISTIK: Jurnal Teknik Industri, Bisnis Digital, Dan Teknik Logistik*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.20895/trinistik.v3i1.1321>