



## **Analisis Alokasi Distribusi Guna Mencapai Efisiensi Biaya Transportasi Distribusi Menggunakan Metode VAM dan Stepping Stone**

Virgo Limbrado<sup>1</sup>, Restu Persada, Rido Gustiawan<sup>2</sup>, Zakwan Hilmy<sup>3</sup>, Zaki Prawira<sup>4</sup>, Andrew Pradana<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Prodi Teknik Perkapalan, Fakultas Ilmu Sains dan Teknologi, Universitas Karimun, Indonesia

[zakwanhilmy013@gmail.com](mailto:zakwanhilmy013@gmail.com)\* [zakuprawira30@gmail.com](mailto:zakuprawira30@gmail.com)\* [andrewpradanap@gmail.com](mailto:andrewpradanap@gmail.com)\*

[restupersada28@gmail.com](mailto:restupersada28@gmail.com) [virgopurba55@gmail.com](mailto:virgopurba55@gmail.com) [Ridogstwn@gmail.com](mailto:Ridogstwn@gmail.com)

### **Abstract**

A transportation model is a way to solve a shipping problem by considering several factors. PT. Indo Maritim Pratama has three different branches and is experiencing product delivery issues. This study aims to find the lowest transportation costs, considering the warehouse capacity of each company. Transportation costs are a key component of the distribution system, significantly impacting a company's operational efficiency. Inefficient allocation of distribution from sources to destinations can lead to high transportation costs. This study aims to analyze distribution allocation to achieve greater cost efficiency by employing Vogel's Approximation Method (VAM) to generate an initial solution and the Stepping Stone method to test for optimality. The data utilized includes supply capacities at each source, demand at each destination, and transportation costs per unit. The research process begins with formulating the transportation model, determining an initial solution using VAM, and subsequently evaluating the solution via the Stepping Stone method to arrive at an optimal distribution plan. This study use a quantitative methodology to accomplish this purpose. We can get a preliminary solution to the transportation problem by applying Vogel's Approximation Method. The best option can then be found by applying the Stepping Stone Method. According to the computation results, PT. Indo Maritim Pratama must pay a minimum of Rp99,525 for transportation. Vogel's Approximation Method and the Stepping Stone Method were used to manually complete this computation. Additionally, POM-QM software was used to validate the human computations. The findings show that shipping goods to every store must cost at least Rp99,525.

**Keywords:** Distribution Allocation, Transportation Cost Efficiency, Distribution.

### **Abstrak**

Model transportasi adalah cara untuk menyelesaikan masalah pengiriman dengan mempertimbangkan beberapa faktor. PT. Indo Maritim Pratama memiliki tiga cabang berbeda dan mengalami masalah pengiriman produk. Studi ini bertujuan untuk menemukan biaya transportasi terendah, dengan mempertimbangkan kapasitas gudang masing-masing perusahaan. Biaya transportasi merupakan salah satu komponen utama dalam sistem distribusi yang berpengaruh terhadap efisiensi operasional perusahaan. Ketidaktepatan dalam pengalokasian distribusi dari sumber ke tujuan dapat menyebabkan tingginya biaya transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis alokasi distribusi guna memperoleh biaya transportasi yang lebih efisien dengan menggunakan metode Vogel's Approximation Method (VAM) sebagai solusi awal dan metode Stepping Stone sebagai uji optimalitas. Data yang digunakan meliputi kapasitas pasokan dari setiap sumber, permintaan pada setiap tujuan, serta biaya transportasi per unit. Tahapan penelitian dimulai dari penyusunan model transportasi, penentuan solusi awal menggunakan metode VAM, kemudian dilakukan evaluasi menggunakan metode Stepping Stone untuk memperoleh solusi distribusi yang optimal. Studi ini menggunakan metodologi kuantitatif untuk mencapai tujuan tersebut. Kita dapat memperoleh solusi awal untuk masalah transportasi dengan menerapkan Metode Aproksimasi Vogel. Opsi terbaik kemudian dapat ditemukan dengan menerapkan Metode Stepping Stone. Menurut hasil perhitungan, PT. Indo Maritim Pratama harus membayar minimal Rp99.525 untuk transportasi. Metode Aproksimasi Vogel dan Metode Stepping Stone digunakan untuk menyelesaikan perhitungan ini secara manual. Selain itu, perangkat lunak POM-QM digunakan untuk memvalidasi perhitungan manusia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengiriman barang ke setiap toko harus menelan biaya minimal Rp99.525

**Kata Kunci:** Alokasi Distribusi, Efisiensi Biaya Transportasi, Distribusi

### **1. Pendahuluan**

Banyak perusahaan berjuang untuk tetap kompetitif dan mengembangkan bisnis mereka di lingkungan yang sangat kompetitif, baik di sektor jasa, manufaktur, maupun distribusi, seiring berjalannya waktu dan kemajuan teknologi yang pesat. Sistem manajemen yang baik dan terstruktur sangat penting untuk tetap kompetitif dan bertahan dalam situasi saat ini. Di industri, beberapa perusahaan menghadapi masalah transportasi dengan biaya distribusi, yang sebagian besar dipengaruhi oleh fluktuasi rupiah Indonesia terhadap dolar AS. biaya distribusi barang adalah salah satu masalah utama. Untuk mengatasi masalah ini, mereka seringkali mencoba melakukan riset operasi terlebih

dahulu. Riset operasi membantu manajemen membuat keputusan yang tepat yaitu peraturan, kebijakan, dan tindakan berdasarkan metode ilmiah.

Pola pendistribusian produk yang baik dapat membantu perusahaan menghemat biaya transportasi dan meningkatkan keuntungan. Dengan menggunakan model transportasi yang tepat, perusahaan dapat Mengarahkan arah gerak dari satu tempat ke tempat lainnya. Seiring majunya teknologi, produksi menjadi lebih efisien dan menghemat biaya, waktu, serta tenaga.

PT. Indo Maritim Pratama adalah sebuah perusahaan yang didirikan di Tanjung Balai Karimun, Kepulauan Riau, Indonesia pada bulan Juni 2012. Perusahaan ini bergerak sebagai supplier dan stockist untuk berbagai jenis produk, seperti Produk Las, Pengencang, Tools, Blasting Painting, dan General Hardware. Mereka menawarkan layanan dengan harga yang kompetitif untuk memuaskan klien, seperti perusahaan galangan kapal dan perusahaan dagang. PT. Indo Maritim Pratama juga merupakan distributor resmi untuk beberapa produk brand terkenal, seperti OTC Daihen, Kiswel Electrode, American Torch Tip (ATTC), Hans Tool, Leader, Weldone, Truweld, DHF, Cebora, dan lain-lain. Dengan pengalaman dan keahlian yang luas, tim PT. Indo Maritim Pratama dapat menawarkan respon yang cepat untuk memenuhi kebutuhan konsumen.

## 2. Metode Penelitian

Karena riset merupakan pengembangan dan berhubungan terus dengan kerja lapangan, diharapkan PT Pratama Indo Maritim dapat mengimplementasikan hasilnya secara langsung. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya menggunakan data numerik, jenis data yang digunakan adalah data kuantitatif dalam bentuk angka statistik. Informasi dikumpulkan melalui observasi dan wawancara dengan pihak terkait. Penjelasan lengkap tentang prosedur penelitian dapat ditemukan di bawah ini.

Data primer dikumpulkan dari pihak terkait melalui wawancara dan observasi langsung. Data perkapalan, seperti informasi inventaris untuk setiap perusahaan (pasokan), informasi permintaan dari setiap perusahaan target (permintaan), dan biaya per unit per kapal, termasuk di antara data primer yang dikumpulkan.

Baik perangkat lunak POM-QM maupun tenaga kerja manual digunakan untuk memproses data. Pemrosesan data POM-QM memverifikasi bahwa perhitungan manual akurat. Metode Aproksimasi Vogel (VAM) dan Metode Stepping Stone, yang melibatkan langkah-langkah berikut, adalah metode transportasi yang digunakan.

Untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara perhitungan yang dilakukan secara manual dan yang dilakukan dengan perangkat lunak POM-QM, dilakukan analisis data. Sel

Berdasarkan temuan untuk PT, rekomendasi dan masukan akan dimasukkan dalam kesimpulan. Indo Maritim Pratama mengenai biaya minimal yang diperlukan untuk distribusi produk sambil memenuhi permintaan konsumen dan mempertimbangkan tingkat persediaan gudang.

PT. Indo Maritim Pratama, yang berbasis di Karimun, memiliki tiga cabang yang didirikan oleh pemiliknya untuk membantu kinerjanya lebih lancar.

Data pengiriman produk yang diambil dari ketiga cabang toko,

ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

| Perusahaan                            | Tujuan | Biaya Distribusi Per Unit | Demand ( Unit ) | Demand ( Unit ) |
|---------------------------------------|--------|---------------------------|-----------------|-----------------|
| PT. Indo Maritim Indonesia            | Meral  | Rp. 175                   | 200             | 63              |
|                                       | Tebing | Rp. 210                   |                 | 33              |
|                                       | Kundur | Rp. 375                   |                 | 107             |
| PT. Indo Maritim Indonesia Cab Balai  | Meral  | Rp. 190                   | 130             | 57              |
|                                       | Tebing | Rp. 235                   |                 | 45              |
|                                       | Kundur | Rp. 390                   |                 | 90              |
| PT. Indo Maritim Indonesia Cab Kundur | Meral  | Rp. 225                   | 75              | 50              |
|                                       | Tebing | Rp. 250                   |                 | 53              |
|                                       | Kundur | Rp. 400                   |                 | 108             |

Seperti yang dapat kita lihat lagi dari gambar Tabel 1 bahwa terdapat aktivitas pengiriman oleh ketiga perusahaan ini, dengan tujuan ke Kabupaten Meral, Kabupaten Tebing, dan Kabupaten Kundur. Pentingnya pengolahan data ini adalah agar dapat memahami optimasi yang dapat meminimalkan biaya dan pengeluaran yang digunakan dalam pengiriman produk dengan fokus pada pencarian biaya minimum yang harus dikeluarkan untuk mengantarkan barang dagangan mainan dari setiap toko ke tujuan yang berbeda di setiap lokasi tempat pasar, sekaligus menentukan jumlah barang (objek permintaan) yang ditawarkan/dikirim oleh masing-masing perusahaan.

Tabel 2 di bawah ini sebagai berikut

| Sumber                              | Tujuan |        |        | Supply |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                     | Meral  | Tebing | Kundur |        |
| PT. Indo Maritim Pratama            | 175    | 210    | 375    | 200    |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Balai  | 190    | 235    | 390    | 130    |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Kundur | 225    | 250    | 400    | 75     |
| Demand                              | 120    | 195    | 90     | 405    |

Tabel 2 di atas menunjukkan data awal tentang lokasi barang menggunakan model transportasi. Ini adalah tahap pertama proses data menggunakan metode persamaan Vogel (VAM). Tabel 2 membuktikan bahwa setiap perusahaan (penyuplai) dan lokasi tujuan memiliki permintaan dan kapasitas yang berbeda. Pasokan dan permintaan total mencapai 405 unit. Metode ini pada model transportasi memulai dengan menghitung nilai biaya penalti untuk setiap baris dan kolom. Ini dapat dilakukan dengan menghitung perbedaan antara dua angka dalam satu baris atau kolom. Peneliti melihat kasus sebagai kasus minimasi, sehingga perbedaan antara dua angka menunjukkan perbedaan nilai sub sel atau biaya pengiriman terendah.

#### 2.1 Penentuan *Penalty Cost* dan Pengisian Sel Tahap 1 VAM

Setiap kolom/baris yang akan diisi dengan jumlah barang dipilih berdasarkan nilai biaya penalti maksimum. Kolom dalam tabel diisi dengan memilih sebuah sel yang memiliki biaya pengiriman minimum. Berikut adalah tabel untuk distribusi barang sekaligus nilai biaya penalti untuk baris dan kolom yang bersangkutan, dalam bentuk tabel di bawah ini;

Tabel 3. Tabel *Penalty cost* tahap 1 VAM

| Sumber                              | Tujuan |        |        | Supply | Penalty Cost |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                     | Meral  | Tebing | Kundur |        |              |
| PT. Indo Maritim Pratama            | 175    | 210    | 375    | 200    | 35           |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Balai  | 190    | 235    | 390    | 130    | 45           |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Kundur | 225    | 250    | 400    | 75     | 25           |
| Demand                              | 120    | 195    | 90     |        |              |
| Penalty Cost                        | 15     | 15     | 10     |        |              |

Tabel 3, sel pertama yang terisi menunjukkan bahwa sumber barang pengiriman berasal dari PT. Indo Maritim Pratama cab. Balai dan tujuannya adalah Kecamatan Meral. Tabel ini akan mengandung angka terkecil dari kedua variabel tersebut, karena kapasitas barang yang tersedia adalah 130 unit dan jumlah permintaan adalah 120 unit. Karena permintaan barang di Kecamatan Majenang sudah terpenuhi, sel di kolom pertama tidak akan terisi. Tabel pengalokasian barang untuk tahap 1 VAM ditunjukkan di bawah ini.

Tabel 4. Tabel *Penalty cost* tahap 1 VAM

| Sumber                             | Tujuan |        |        | Supply | Penalty Cost |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                    | Meral  | Tebing | Kundur |        |              |
| PT. Indo Maritim Pratama           | 175    | 210    | 375    | 200    | 35           |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Balai | 190    | 235    | 390    | 130    | 45           |

|                                     |     |     |     |    |    |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|----|----|
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Kundur | 225 | 250 | 400 | 75 | 25 |
| Demand                              | 120 | 195 | 90  |    |    |
| Penalty Cost                        | 15  | 15  | 10  |    |    |

## 2.2 Penentuan Penalty Cost dan Pengisian Sel Tahap 2 VAM

Pengisian sel pada tahap berikutnya mengikuti prosedur yang serupa dengan prosedur yang dijelaskan pada tahap pertama. Biaya denda yang ditemukan di setiap kolom dan baris membedakan setiap tabel. Ini terjadi karena pada langkah sebelumnya, ada sel yang sudah terisi dan sel yang belum terisi karena permintaan atau kapasitas telah dipenuhi. Untuk tahap kedua, biaya denda yang paling besar harus dicari lagi. Seperti yang ditunjukkan pada kolom pertama, yang menunjukkan kecamatan Meral, PT. Indo Maritim Pratama cab. Balai mengirimkan 120 unit. Tabel di bawah menunjukkan pengalokasian barang dan nilai denda pada setiap baris dan kolom.

Tabel 5. Pengisian sel tahap

| Sumber                              | Tujuan |        |        | Supply | Penalty Cost |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                     | Meral  | Tebing | Kundur |        |              |
| PT. Indo Maritim Pratama            | 175    | 210    | 375    | 200    | 165          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Balai  | 190    | 235    | 390    | 130    | 155          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Kundur | 225    | 250    | 400    | 75     | 150          |
| Demand                              | 120    | 195    | 90     |        |              |
| Penalty Cost                        | -      | 15     | 10     |        |              |

Tabel 6 membuktikan pengisian sel tahap.

| Sumber                              | Tujuan |        |        | Supply | Penalty Cost |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                     | Meral  | Tebing | Kundur |        |              |
| PT. Indo Maritim Pratama            | 175    | 210    | 375    | 200    | 165          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Balai  | 190    | 235    | 390    | 130    | 155          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Kundur | 225    | 250    | 400    | 75     | 150          |
| Demand                              | 120    | 195    | 90     |        |              |
| Penalty Cost                        | -      | 15     | 10     |        |              |

Tabel 6 di atas menunjukkan bahwa toko telah memenuhi permintaan 195 unit barang untuk Kecamatan Tebing. Selain itu, PT. Indo Maritim Pratama masih memiliki 5 unit sisa kapasitas di toko, yang dimana PT. Indo Maritim Pratama masih dapat mengantarkan barang ke lokasi lain.

## 2.3 Penentuan Biaya Penalti dan Pengisian Sel Tahap 3 VAM

PT. Indo Maritim Pratama telah memenuhi permintaan barang 195 unit untuk Kecamatan Tebing pada tahap sebelumnya, sampai tujuan pengiriman berikutnya adalah Kecamatan Kundur. Ini karena Kecamatan Kundur sekarang mempunyai biaya penalti tertinggi, yaitu 400, setelah kolom untuk Kecamatan Tebing dihapus karena permintaan telah dipenuhi. Di bawah ini tabel yang membuktikan alokasi barang, serta nilai biaya penalti untuk setiap baris dan kolom

Tabel 7. Pengisian sel tahap 3 VAM

| Sumber                              | Tujuan |        |        | Supply | Penalty Cost |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                     | Meral  | Tebing | Kundur |        |              |
| PT. Indo Maritim Pratama            | 175    | 210    | 375    | 200    | 165          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Balai  | 190    | 235    | 390    | 130    | 155          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Kundur | 225    | 250    | 400    | 75     | 150          |
| Demand                              | 120    | 195    | 90     |        |              |
| Penalty Cost                        | -      | -      | 10     |        |              |

Tabel 8. Pengisian sel tahap 3 VAM

| Sumber                              | Tujuan |        |        | Supply | Penalty Cost |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                     | Meral  | Tebing | Kundur |        |              |
| PT. Indo Maritim Pratama            | 175    | 210    | 375    | 200    | 165          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Balai  | 190    | 235    | 390    | 130    | 155          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Kundur | 225    | 250    | 400    | 75     | 150          |
| Demand                              | 120    | 195    | 90     |        |              |
| Penalty Cost                        | -      | -      | 10     |        |              |

Pada Tabel 8 diatas

Dapat di lihat jumlah ekspidisi yang di lakukan PT. Indo Maritim Pratama kecamatan

Kundur sudah mencapai batas maksimal dari kapasitas perusahaan, yaitu sebanyak 75 unit. Namun, permintaan untuk barang di Kecamatan Kundur belum sepenuhnya terpenuhi dan masih memerlukan tambahan 15 unit mainan untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

#### 2.4 Penentuan Penalty Cost dan Pengisian Sel Tahap 4 VAM

Di tahap keempat, biaya penalti terbesar ditanggung oleh Kecamatan Kundur, yang pertama kali akan menerima pengiriman dari PT. Indo Maritim Pratama cabang Balai. Sebenarnya, PT. Indo Maritim Pratama cabang Balai dan PT. Indo Maritim Pratama dapat mengirimkan barang untuk Kecamatan Kundur karena masing-masing perusahaan masih memiliki kapasitas pengiriman barang yang tersisa. Namun, di tahap keempat ini, hanya PT. Indo Maritim Pratama cabang Balai yang akan melakukan pengiriman.

Tabel 9. Pengisian sel tahap 4 VAM

| Sumber                             | Tujuan |        |        | Supply | Penalty Cost |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                    | Meral  | Tebing | Kundur |        |              |
| PT. Indo Maritim Pratama           | 175    | 210    | 375    | 200    | 165          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Balai | 190    | 235    | 390    | 130    | 155          |
| PT. Indo Maritim                   | 225    | 250    | -      | 75     | 150          |

|                    |     |     |    |  |  |
|--------------------|-----|-----|----|--|--|
| Pratama Cab Kundur |     |     |    |  |  |
| Demand             | 120 | 195 | 90 |  |  |
| Penalty Cost       | -   | -   | 15 |  |  |

Tabel 10. Pengisian sel tahap 4 VAM

| Sumber                              | Tujuan |        |        | Supply | Penalty Cost |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                     | Meral  | Tebing | Kundur |        |              |
| PT. Indo Maritim Pratama            | 175    | 210    | 375    | 200    | 165          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Balai  | 190    | 235    | 390    | 130    | 155          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Kundur | 225    | 250    | -      | 75     | 150          |
| Demand                              | 120    | 195    | 90     |        |              |
| Penalty Cost                        | -      | -      | 15     |        |              |

Pengiriman barang dari PT. Indo Maritim Pratama ke Kundur telah mencapai kapasitas penuh, pada Tabel 10 di atas. Namun, permintaan untuk pengiriman ke Pangandaran belum terpenuhi, dan di butuhkan dari lima unit barang lagi. Oleh karena itu, PT. Indo Maritim Pratama akan mengirimkan sisa barang untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

#### 2.5 Penentuan Penalty Cost dan Pengisian Sel Tahap 5 VAM

Untuk memenuhi permintaan di Kundur, PT Indo Maritim Pratama mengirimkan sisa barang ke tahap kelima. Tabel di bawah ini membuktikan pengalokasian barang dan nilai biaya penalti dalam setiap baris dan kolom:

Tabel 11. Pengisian sel tahap 5 VAM

| Sumber                              | Tujuan |        |        | Supply | Penalty Cost |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                     | Meral  | Tebing | Kundur |        |              |
| PT. Indo Maritim Pratama            | 175    | 210    | 375    | 200    | 375          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Balai  | 190    | 235    | 390    | 130    | -            |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Kundur | 225    | 250    | -      | 75     | -            |
| Demand                              | 120    | 195    | 90     |        |              |
| Penalty Cost                        | -      | -      | 375    |        |              |

Tabel 12. Pengisian sel tahap 5 VAM

| Sumber                             | Tujuan |        |        | Supply | Penalty Cost |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|                                    | Meral  | Tebing | Kundur |        |              |
| PT. Indo Maritim Pratama           | 175    | 210    | 375    | 200    | 375          |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Balai | 190    | 235    | 390    | 130    | -            |

|                                     |     |     |     |    |   |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|----|---|
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Kundur | 225 | 250 | -   | 75 | - |
| Demand                              | 120 | 195 | 90  |    |   |
| Penalty Cost                        | -   | -   | 375 |    |   |

## 2. 6 Pola Pengalokasian Barang dengan Model Transportasi VAM

Setelah semua permintaan barang dari ketiga lokasi telah dipenuhi sesuai dengan kapasitas gudang masing-masing perusahaan, hasil akhir pengalokasian barang dengan metode persamaan Vogel (VAM) adalah sebagai berikut:

Tabel 2 di bawah ini sebagai berikut

| Sumber                              | Tujuan     |            |           | Supply |
|-------------------------------------|------------|------------|-----------|--------|
|                                     | Meral      | Tebing     | Kundur    |        |
| PT. Indo Maritim Pratama            | 175<br>-   | 210<br>195 | 375<br>5  | 200    |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Balai  | 190<br>120 | 235<br>-   | 390<br>10 | 130    |
| PT. Indo Maritim Pratama Cab Kundur | 225<br>-   | 250<br>-   | 400<br>75 | 75     |
| Demand                              | 120        | 195        | 90        | 405    |

Tabel 13 menunjukkan bahwa semua permintaan telah dipenuhi dengan baik. Oleh karena itu, solusi awal dapat dibentuk dengan menggunakan metode transfer aproksimasi Vogel:

$$Z = C12(X12) + C13(X13) + C21(X21) + C22(X23) + C33(X33)$$

$$Z = 210(195) + 375(5) + 190(120) + 390(10) + 400(75)$$

$$Z = 40.950 + 1.875 + 22.800 + 3.900 + 30.000$$

$$Z = \text{Rp}99.525$$

Kita menemukan nilai awal metode Vogel sebesar 99. 525 berdasarkan kalkulasi sebelumnya. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dimasuharto et al., yang mencoba mengoptimalkan biaya transportasi untuk produk kaca. Metode VAM menghasilkan biaya terendah. Namun, karena belum ideal, kita harus mencari solusi yang lebih baik dengan cara Stepping Stone.

Untuk memastikan apakah solusi awal ini sudah benar-benar optimal, kita perlu melakukan Stepping Stone Method. Caranya adalah dengan menguji setiap sel yang masih kosong, yaitu sel yang tidak mendapat alokasi barang.

Berikut adalah langkah-langkah dan perhitungan detail metode Stepping Stone:

### 1. Identifikasi Sel Kosong

Dari tabel akhir VAM, kita menemukan 4 sel kosong yang harus diuji indeks perubahannya:

1. Sel (1,1): PT. Indo Maritim Pratama → Meral, dengan biaya sebesar 175
2. Sel (2,2): PT. Indo Maritim Pratama cab. Balai → Tebing, dengan biaya sebesar 235
3. Sel (3,1): PT. Indo Maritim cab. Kundur → Meral, dengan biaya sebesar 225
4. Sel (3,2): PT. Indo Maritim cab. Kundur → Tebing, dengan biaya sebesar 250

Kita akan membuat jalur melompat secara vertikal-horizontal dari sel kosong, melewati sel yang terisi, dan kembali lagi ke sel kosong tersebut dengan tanda berselang-seling. Dengan demikian, kita dapat memastikan apakah solusi awal ini sudah benar-benar optimal atau tidak.

Evaluasi Sel Kosong (1,1) — Meral

- Jalur Tertutup (*Loop*): (1,1) → (1,3) → (2,3) → (2,1) → kembali ke (1,1)
- Perhitungan Indeks Perubahan Biaya ( $e_{11}$ ):

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10328>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

$$(e11) = C11 - C13 + C23 - C21$$

$$(e11) = 175 - 375 + 390 - 190 = 0$$

Evaluasi Sel Kosong (2,2) — Tebing

- Jalur Tertutup (*Loop*): (2,2) → (2,3) → (1,3) → (1,2) → kembali ke (2,2)
- Perhitungan Indeks Perubahan Biaya (e22):  
 $(e22) = C22 - C23 + C13 - C12$   
 $(e22) = 235 - 390 + 375 - 210 = +10$

Evaluasi Sel Kosong (3,1) — Meral

- Jalur Tertutup (*Loop*): (3,1) → (3,3) → (2,3) → (2,1) → kembali ke (3,1)
- Perhitungan Indeks Perubahan Biaya (e31):  
 $(e31) = C31 - C33 + C23 - C21$   
 $(e31) = 225 - 400 + 390 - 190 = +25$

Evaluasi Sel Kosong (3,2) — Tebing

- Jalur Tertutup (*Loop*): (3,2) → (3,3) → (1,3) → (1,2) → kembali ke (3,2)
- Perhitungan Indeks Perubahan Biaya (e32):  
 $(e32) = C32 - C33 + C13 - C12$   
 $(e32) = 250 - 400 + 375 - 210 = +15$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Mari kita rangkum hasil indeks perubahan biaya dari keempat sel kosong di atas:

| Sel Kosong | Lintasan Jalur                | Perhitungan Indeks Biaya | Hasil Akhir |
|------------|-------------------------------|--------------------------|-------------|
| (1,1)      | (1,1) → (1,3) → (2,3) → (2,1) | 175 - 375 + 390 - 190    | 0           |
| (2,2)      | (2,2) → (2,3) → (1,3) → (1,2) | 235 - 390 + 375 - 210    | +10         |
| (3,1)      | (3,1) → (3,3) → (2,3) → (2,1) | 225 - 400 + 390 - 190    | +25         |
| (3,2)      | (3,2) → (3,3) → (1,3) → (1,2) | 250 - 400 + 375 - 210    | +15         |

Kriteria Keoptimalan: > Suatu tabel model transportasi dinyatakan sudah optimal jika nilai indeks perubahan biaya pada seluruh sel kosong tidak ada yang bernilai negatif ( $\geq 0$ ).

Karena semua nilai indeks yang kita dapatkan adalah  $\geq 0$  (yaitu 0, +10, +25, dan +15), maka alokasi awal yang diperoleh menggunakan metode VAM sudah sepenuhnya optimal.

Nilai 0 pada sel (1,1) menandakan adanya *solusi alternatif*, artinya jika Anda memindahkan barang ke jalur tersebut, total biayanya akan tetap sama (tidak bertambah dan tidak berkurang).

Dengan demikian, uji keoptimalan menggunakan *Stepping Stone Method* membuktikan secara ilmiah bahwa biaya minimum distribusi PT. Indo Maritim Pratama adalah Rp99.525. Hasil ini juga valid dan konsisten dengan output *Software POM-QM*.

### Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan di PT. Indo Maritim Pratama, kita bisa lihat bahwa kombinasi Vogel's Approximation Method (VAM) dan Stepping Stone Method sangat efektif untuk menyelesaikan masalah transportasi dan mengurangi biaya pengiriman barang. Penelitian ini memberikan hasil yang menggembirakan. Ketika menggunakan VAM, biaya pengiriman awal yang diperoleh adalah Rp99.525. Setelah dicek lagi dengan Stepping Stone Method, hasilnya menunjukkan bahwa indeks perubahan biaya semuanya non-negatif, yaitu 0, +10, +25, dan +15. Ini berarti bahwa alokasi dari metode VAM sudah optimal dan memberikan biaya yang paling rendah. Hasil penghematan biaya pengiriman produk sebesar Rp99.525 ini juga sudah divalidasi dengan menggunakan *Software POM-QM*. Hasilnya menunjukkan nilai yang sama persis dengan perhitungan manual. Jadi, bisa dikatakan bahwa hasilnya sangat akurat. Penerapan kedua metode ini membantu manajemen perusahaan dalam mengoptimalkan logistik dan menentukan kebijakan pengiriman yang tepat ke Meral, Tebing, dan Kundur. Dengan begitu, perusahaan dapat mempertimbangkan kapasitas stok di gudang dan memenuhi permintaan pasar.

### Daftar Pustaka

Amaliah, B., Krisdanto, A., & Perwita, A. D. (2016). Metode max min Vogel's approximation method untuk menemukan biaya minimal pada permasalahan transportasi. In *Proceeding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXIV*.

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10328>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

- Aribowo, A. S. (2008). Visualisasi Teori Optimalisasi Biaya Transportasi Untuk Pembelajaran Riset Operasi. In Seminar Nasional Informatika 2008. "Veteran" University of National Development Yogyakarta.
- Arifin, I., Rahmansyah, S., Fauziyyah, S. N., & Fauzi, M. (2022). Minimasi biaya pengiriman tahu menggunakan metode transportasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 2(1), 37-45.
- Arofah, I., & Gesthantiara, N. N. (2021). Optimasi biaya distribusi barang dengan menggunakan model transportasi. *JMT (Jurnal Matematika dan Terapan)*, 3(1), 1-9.
- Dhawan, K., Tookey, J. E., Ghaffarianhoseini, A., dan Ghaffarianhoseini, A. (2022). Mengoptimalkan Transportasi Konstruksi sebagai Pendukung Keberlanjutan di Selandia Baru: Sebuah Kerangka Penelitian. 8(Mei), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.871958>
- 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.
- Firdani, S. R., Christasena, S. F., Samosir, Z., Amelia, R., Da Silva, A. Y., Sebastian, E., & Satiadharna, M. (2024). PERBANDINGAN EFEKTIVITAS METODE VOGEL'S APPROXIMATION DAN METODE STEPPING STONE DALAM OPTIMALISASI BIAYA TRANSPORTASI DISTRIBUSI PRODUK FROZEN FOOD. *EKONAM: Jurnal Ekonomi, Akuntansi dan Manajemen*, 6(1), 1-7.
- Gehring, M., dan Rüppel, U. (2023). Pendekatan penggabungan data untuk kembar logistik konstruksi digital. Maret, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1145250>
- K. Auliasari, M. Kertaningtyas, dan D. W. L. Basuki, "Optimalisasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Metode Masalah Penjual Keliling," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 16, no. 1, hlm. 15, 2018.
- Sudirga, R. S. (2017). Dua hasil optimal dalam penyelesaian persoalan transportasi dengan assignment method, vam and modi, northwest corner and stepping-stone. *Business Management Journal*, 8(1).
- K. Ganesan dan D. Dheebia, "Studi Masalah Transportasi Fuzzy Intuisiionis Menggunakan Metode Aproksimasi Vogel," *Int. J. Math. Trends Technol.*
- Kanthi, Y. A., Kristanto, B. K., Informatika, M., Informatika, T., Korespondensi, P., dan Corner, N. (2020). PENERAPAN METODE NORTH WEST CORNER DAN STEPPING STONE UNTUK PENGIRIMAN BARANG KE GALERI BIMASAKTI. 7(4), 845–852. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202071625>.
- Li, J., Huang, W., Wu, X., Dong, R., dan Lin, P. (2027). Metode Optimasi untuk Penempatan dan Rute Bahan Kamar Kapal Pesiar Mempertimbangkan Efek Hambatan.
- MANURUNG, A. ANALISIS PENERAPAN MODEL TRANSPORTASI DENGAN METODE VOGEL APPROXIMATION (VAM).
- Mulyani, E., Ismantohadi, E., Puspaningrum, A., dan Rizaldy, D. (2023). Desain Sistem Manajemen Surat Terpadu Berbasis Website. 16(1), 51–60.
- Musdalifa, M. (2021). PERBANDINGAN METODE STEPPING STONE, MODIFIED DISTRIBUTION DAN REVISED DISTRIBUTION UNTUK MEMINIMUMKAN BIAYA PENDISTRIBUSIAN (Studi Kasus: Distribusi Beras CV HBR) (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Panjaitan, M. I., & Prayogi, S. Y. (2022). PENERAPAN METODE VOGEL'S APPROXIMATION METHOD (VAM) DALAM OPTIMALISASI BIAYA TRANSPORTASI PENGIRIMAN BARANG BERBASIS SISTEM INFORMASI (STUDI KASUS: PT. COCACOLA AMATIL INDONESIA (CCAI) MEDAN). *JITA (Journal of Information Technology and Accounting)*, 5(1), 69-75.
- Riandari, F., dan Sihotang, H. T. (2025). Pengoptimalan Biaya Distribusi: Perbandingan Metode NWC, MODI, dan Stepping Stone dalam Masalah Transportasi. 14(2), 85–96.
- SARTIKA, D. (2020). PENGOPTIMALAN BIAYA DISTRIBUSI MENGGUNAKAN VOGEL'S APPROXIMATION METHOD DAN TIGA METODE MODIFIKASI DARI VOGEL'S APPROXIMATION METHOD (Studi Kasus: Mata Air Sikumbang Kampar) (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU).
- Sinaga, R. (2023). Penerapan Metode Stepping Stone Untuk Transportasi Pengiriman Barang. *Journal Global Tecnology Computer*, 2(2), 54-60.
- Strandhagen, J. W., Jeong, Y., Woo, J. H., Semini, M., dan Wiktorsson, M. (2020). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Operasi dan Logistik Galangan Kapal: Sebuah Kerangka dan Perbandingan Pendekatan Pembuatan Kapal (Vol. 1). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-57997-5>
- Tarigan, M. L., Tastrawati, N. K. T., & Utari, I. A. P. A. (2023). Optimisasi Biaya Transportasi Menggunakan Metode Stepping Stone Dengan Solusi Awal Tocom-Sum Approach Dan KSAM. *Sumber*, 1, 2.
- Teknik, J., Medicom, I. C. I. T., Riandari, F., dan Panjaitan, F. S. (2025). Sebuah Kerangka Matematis Terpadu untuk NWC, MODI, dan Stepping Stone sebagai Model Dasar dalam Teori Transportasi Optimal. 17(4), 183–195.
- Turbaningsih, O. (2022). Kajian Operasi Logistik Kargo Proyek: Tinjauan Umum. *Journal of Shipping and Trade*, 6. <https://doi.org/10.1186/s41072-022-00125-6>
- Wahyudi, R., Nugraha, A. T., & Tobing, C. J. L. (2026). Meminimalkan Biaya Transportasi Dalam Pengiriman Barang Dengan Menggunakan Metode Least Cost, Vogel's Approximation Method, dan Stepping Stone (Studi Kasus: PT. GHI). *Jurnal Industri dan Inovasi (INVASI)*, 3(1), 21-34.