

## Optimasi Biaya Transportasi Pengiriman Produk Mainan Menggunakan *Vogel's Approximation Method* Dan *Stepping Stone Method* (Studi Kasus: Toko Sumber Mainan)

Wisnu Arimurti<sup>1</sup>, Rianita Puspa Sari<sup>2</sup>, Dene Herwanto<sup>3</sup>, Chairul Falah<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang  
Jl. H.S. Ronggowaluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361

Email: wisnu.arimurti2000@gmail.com, rianita.puspasari@ft.unsika.ac.id, dene.herwanto@staff.unsika.ac.id, chairulfalah00@gmail.com

### ABSTRAK

Model transportasi merupakan salah satu metode dalam riset operasi untuk memecahkan suatu permasalahan transportasi dengan mempertimbangkan beberapa variabel dan pembatas. Toko Sumber Mainan yang memiliki 3 cabang toko berbeda ini memiliki permasalahan transportasi pada proses pengiriman mainan. Jenis penelitian ini yaitu penelitian terapan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui biaya transportasi minimal yang perlu dikeluarkan dengan mempertimbangkan kapasitas barang di dalam gudang pada setiap toko. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah transportasi ini adalah *Vogel's Approxiamtion Method* (VAM) untuk menentukan solusi awal dan *Stepping Stone Method* untuk menentukan solusi optimumnya. Hasil pengolahan data secara manual menggunakan *Vogel's Approxiamtion Method* serta dilanjutkan dengan uji keoptimalan menggunakan *Stepping Stone Method* sebesar Rp.99.525. Perhitungan menggunakan bantuan *Software POM-QM* guna memvalidasi akurat atau tidaknya perhitungan secara manual juga dilakukan dan menunjukkan hasil yang sama yaitu biaya minimal yang dikeluarkan Toko Sumber Mainan untuk melakukan pengiriman mainan ke setiap toko sebesar Rp.99.525.

**Kata Kunci:** Transportasi, Biaya, Riset Operasi, *Vogel's Approxiamtion Method*, *Stepping Stone Method*

### ABSTRACT

*This Transportation Model is one of the methods in operations research to solve a transportation problem by considering several variables and constraints. Toko Sumber Mainan which has 3 different store branches has transportation problems in the process of sending toys. This type of research is applied research using a quantitative approach. The purpose of this study to determine the minimum transportation costs that need to be incurred by considering the capacity of goods in the warehouse at each store. The method used to solve this transport problem is Vogel's approximation Method (VAM) to determine the initial solution and Stepping Stone Method to determine the optimal solution. The results of data processing manually using Vogel's approximation Method and followed by optimization test using Stepping Stone Method of Rp.99.525. Calculations using the help of POM-QM software to validate accurate or not the calculation is also done manually showed the same results that the minimum cost incurred Toko Sumber Mainan to make the delivery of toys to each store of Rp.99.525.*

**Keywords:** *Transportation, Cost, Operations Research, Vogel's Approxiamtion Method, Stepping Stone Method*

### Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan zaman dan pesatnya kemajuan teknologi, tidak sedikit perusahaan atau pelaku Usaha, Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) yang berjuang agar tetap berdiri tegak dan memajukan usahanya di tengah-tengah persaingan yang sangat kompetitif baik di bidang jasa, manufaktur, maupun distributor. Untuk tetap dapat bersaing dan bertahan dalam kondisi saat

ini, perlu sistem pengelolaan yang baik dan terstruktur. Salah satunya yaitu terkait problematika biaya pendistribusian suatu barang kepada *customer* yang mengalami lonjakan dikarenakan kurs rupiah terhadap dollar [1]. Pada dunia industri, beberapa perusahaan dalam mengatasi permasalahan transportasi terkait biaya pendistribusian produk perlu dilakukannya riset operasi (*operations research*) terlebih dahulu guna mempermudah pihak manajemen untuk menentukan peraturan atau

kebijakan dan tindakan yang perlu dilakukan secara ilmiah.

Salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam melakukan operasi yang mempengaruhi kelancaran sistem pengiriman barang yaitu model transportasi dan pendistribusian barang yang diimplementasikan pada perusahaan atau industri terkait [2]. Distribusi adalah aktivitas penyaluran suatu produk dari pihak *supplier* kepada konsumen dalam bentuk rantai pasok. Alur pengiriman produk dilakukan mulai dari tempat penyimpanan seperti: *production center*, *distribution center*, lokasi partai besar dan penjual eceran [3]. Didukung dengan tinggi dan luasnya permintaan konsumen atas produk yang dihasilkan yang nantinya akan dikirimkan ke beberapa daerah yang berbeda, hal itu menjadikan problematika transportasi dan distribusi bagi beberapa perusahaan [1].

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah pengiriman produk dalam meminimumkan biaya pengiriman produk ialah dengan menggunakan metode transportasi. Metode transportasi adalah suatu alat untuk menyelesaikan persoalan pengiriman produk dari berbagai *supplier* yang mempunyai stok produknya untuk dikirim ke beberapa lokasi tujuan secara optimum [4].

Metode Transportasi memegang peranan penting dalam mengatur pengoperasian distribusi produk dan dapat dengan mudah juga praktis diimplementasikan, khususnya pada industri manufaktur [5]. Biaya operasional adalah biaya mutlak yang perlu diperhitungkan dalam transportasi dan distribusi produk, supaya produk yang dikirimkan ke *customer* tepat waktu serta tetap dalam keadaan baik dan sesuai pesanan. Pola pendistribusian produk yang efisien dapat mengurangi biaya transportasi sehingga perusahaan mendapatkan keuntungan lebih maksimal [6]. Hadirnya model transportasi berguna untuk mengoptimalkan arah gerak dari lokasi satu ke lokasi lainnya. Berkembangnya pasar dan nilai serta model transportasi yang baik mengikuti perkembangan teknologi saat ini yang menjadikan produksi lebih menghemat biaya dan waktu serta tenaga. Problematika terpenting perihal transportasi yaitu optimalisasi pengiriman produk dari pihak pemasok ke pihak penerima, sehingga biaya dan waktu pengiriman dapat diminimumkan [7].

Dalam masalah pendistribusian produk terkait transportasi, pada umumnya pemecahan masalah melalui dua langkah, yaitu: langkah pertama menentukan solusi awal yang dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti *North West Corner*, *Least Cost*, *Vogel's Approximation Method*. Dilanjut dengan langkah kedua yaitu solusi optimum (penyelesaian terakhir) menggunakan *Stepping Stone method* dan *Modified Distribution* [8].

UMKM toko sumber mainan merupakan sebuah toko yang berfokus pada penjualan mainan yang menjual berbagai jenis mainan seperti mobil mainan, boneka, bola, celengan dan sebagainya.

UMKM Toko Sumber Mainan memiliki 3 cabang toko di lokasi yang berbeda-beda. Toko pertama yaitu Toko Sumber Mainan yang beralamat di Jalan Pataruman no 58, Kecamatan Pataruman, Kota Banjar. Toko kedua yaitu Toko Sumber Mainan Putra yang beralamat di Jalan BKR No. 48 Kecamatan Pataruman, Kota Banjar. Dan toko ketiga yaitu Toko Sumber Mainan Toys yang beralamat di Jalan Pataruman No. 104, Kecamatan Pataruman, Kota Banjar.

UMKM Toko Sumber Mainan merupakan distributor mainan yang cukup dikenal oleh beberapa pengecer mainan di kota Banjar, hal itu dikarenakan kualitas mainan yang dimiliki Toko Sumber Mainan memiliki nilai plus tersendiri bagi pandangan beberapa pengecer serta memiliki varian jenis mainan yang cukup banyak sehingga membuat pada pengecer tertarik dan tetap terus melakukan pembelian secara partai besar kepada Toko Sumber Mainan. Didukung permintaan konsumen yang cukup tinggi, Toko Sumber Mainan didapati permasalahan perihal pengiriman produk mainannya ke beberapa tempat tujuan yang dilakukan oleh ketiga cabang toko tersebut. Dimana tujuan pengirimannya yaitu Kecamatan Majenang, Kecamatan Banjarsari dan Kabupaten Pangandaran. Pada proses pengiriman barang tersebut pemilik dihadapi dengan permasalahan dimana toko harus dapat memenuhi permintaan pasar dengan tetap mempertimbangkan kapasitas barang di dalam gudang pada tiap toko serta tetap dapat mengoptimalkan biaya transportasi dalam pendistribusian produknya yang dilakukan oleh ketiga cabang toko tersebut.

Penelitian-penelitian sebelumnya mengenai permasalahan *transportation* telah dilakukan, seperti penelitian Afiani, dkk di tahun 2019 yang menunjukkan bahwa penerapan *Modified Vogel's Approximation Method* (MVAM) di Pabrik Tahu Taufik mendapatkan solusi optimum yang telah teruji keoptimalannya dengan *Modified Distribution* sehingga menghasilkan biaya yang lebih kecil dari perhitungan biaya yang dilakukan oleh pabrik. [9]. Ratnasari dkk di tahun 2019 melakukan penelitian mengenai pendistribusian tabung gas LPG 3 Kg pada PT TriBumi Sejati dengan *Vogel's Approximation Method* dan dapat menghemat biaya transportasi sebanyak 45,9 % untuk solusi awal sedangkan untuk solusi optimum menggunakan *Stepping Stone Method* berhasil menghemat biaya transportasi sebanyak 46,6 % [2]. Penelitian hampir serupa dilakukan oleh Ayulinansyah, dkk di tahun 2018 mengenai pengiriman keramik pada PT Indah Bangunan Palu dapat menhemat biaya pengiriman sebesar 13% atau Rp. 8.370.000 perbulan menggunakan *Vogel's Approxiamtion Method* untuk menentukan penyelesaian awal dan *Stepping Stone Method* untuk menentukan penyelesaian optimum [10]. Marwan di tahun 2021 melakukan penelitian mengenai perbandingan *North West Corner* dan *Vogel Approximation Method* sebagai metode

transportasi pada PT XYZ menunjukkan bahwa *Vogel's Approximation Method* menghasilkan biaya transportasi yang paling terkecil yaitu Rp. 319.400.000 dibandingkan dengan metode *North West Corner* yang menghasilkan biaya transportasi sebesar Rp. 348.000.000 [11]. Adapun Hasibuan di tahun 2017 melakukan penelitian mengenai perbandingan *Russel Approximation Method* dan *Vogel's Approximation Method* untuk mengatasi persoalan transportasi, hasilnya menunjukkan bahwa *Vogel's Approximation Method* menghasilkan biaya transportasi lebih kecil dan dinilai lebih efektif dibandingkan dengan *Russel Approximation Method* [12].

Berdasarkan permasalahan transportasi di atas, penelitian ini bertujuan melakukan riset operasi untuk mengatasi permasalahan transportasi terkait biaya minimal pendistribusian produk yang harus dikeluarkan oleh UMKM Toko Sumber Mainan menggunakan model transportasi dengan *Vogel's Approximation Method* (VAM) sebagai solusi awal dan *Stepping Stone Method* untuk menentukan solusi optimum serta dilakukannya perhitungan menggunakan bantuan *software POM-QM* untuk memvalidasi perhitungan manual yang telah dilakukan. Besar harapan dengan dilakukannya penelitian ini dapat membantu UMKM Toko Sumber Mainan dalam memenuhi permintaan pasar dengan tetap mempertimbangkan kapasitas barang di dalam gudang dan biaya transportasi yang minimum.

### Riset Operasi (*Operations Research*)

Riset operasi muncul pertama kali pada saat Perang Dunia ke-2 di Inggris, selama peperangan dimulai itulah menggunakan metode kuantitatif untuk dilakukannya riset (meneliti) dengan berbagai ilmu (*scientist*) [13]. Riset operasi (*Operations Research*) merupakan suatu cara ilmiah untuk menyelesaikan persoalan yang luas juga untuk mengendalikan sistem yang kompleks perihal aktivitas *machine, materials, man* dan *money* dalam suatu industri atau perusahaan. Tujuan dilakukannya riset operasi ialah membantu tim manajemen untuk menentukan arah gerak yang semestinya terkait peraturan dan tindakannya secara ilmiah [14].

### *Linear Programming*

*Linear programming* atau biasa disebut program linier ialah suatu program tematik yang termasuk ke dalam bagian kategori teknikal-teknikal yang merupakan salah satu metode analitik dalam ilmu matematis. Kata "linier" yang artinya hubungan atau keterkaitan terhadap faktor atau penyebab tertentu yang bersifat tetap (*linear*). Dimana yang dimaksud hubungan atau keterkaitan *linear* tersebut ialah apabila terdapat faktor yang berubah maka faktor lain ikut berubah dengan jumlah yang sama. [15]. Program linier termasuk ke dalam bagian riset operasi, dimana tujuan program linier ini sendiri untuk memecahkan permasalahan *linear* dengan harapan mendapatkan hasil yang optimum [16]. Dan

hasil atau nilai yang didapat dalam suatu penyelesaian permasalahan *linear* hanya hasil yang berupa maksimum atau minimum [17]

### Model Transportasi

Model Transportasi adalah salah satu jenis *linear programming* yang memiliki ciri-ciri khusus, yaitu: produk dikirimkan dari beberapa pihak penyuplai ke berbagai pihak penerima dengan *cost* serendah mungkin, dan setiap pihak penyuplai dapat mengirimkan dengan jumlah produk tertentu, serta setiap pihak penerima (tujuan pengiriman) memiliki *demand* tertentu juga [18]. Model transportasi berfungsi untuk mencari solusi yang paling optimum, di mana fungsi-fungsinya terdiri dari satu atau lebih variabel berdasarkan kendala-kendala yang dihadapinya [19]. Dalam model transportasi untuk mencari penyelesaian layak dapat menggunakan beberapa metode seperti: *Least Cost*, *North West Corner*, dan *Vogel's Approximation Method* (VAM). Solui awal yang telah diperoleh dari salah satu metode transportasi yang digunakan, belum tentu merupakan solusi yang optimum. Maka dari itu harus dilakukan uji keoptimalan menggunakan *Stepping Stone Method* atau dapat menggunakan *Modified Distribution* (MODI) untuk mendapatkan solusi optimal dengan biaya yang minimal mungkin. Adapun rumus transportasi menurut [20] sebagai berikut:

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

Atau adapun rumus atau formula *linear programming* dalam membahas transportasi menurut [21] sebagai berikut:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (2)$$

Dimana Z yaitu nilai total biaya pengiriman dan  $X_{ij}$  ialah jumlah barang yang dikirimkan dari *suplai i* ke tujuan *j*, serta  $C_{ij}$  merupakan biaya *transport* per barang dari *suplai i* ke tujuan *j*.

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

*Vogel's Approximation Method* (VAM) adalah salah satu metode transportasi untuk mencari solusi awal dengan mencari biaya minimum dalam menyelesaikan masalahnya. Alokasi dimulai dengan menentukan nilai selisih antara sel dengan biaya terkecil dan sel dengan biaya terkecil berikutnya untuk setiap baris dan kolom (nilai selisih dilambangkan sebagai S). Kolom/baris dengan nilai S terbesar kemudian dipilih dan ditempatkan pada sel dengan biaya terkecil di kolom/baris yang dipilih. Menurut [22] metode VAM memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

1. Buat model masalah dan alokasikan seluruh data yang didapat ke dalam *transportation matrix*.
2. Hitunglah *opportunity cost* berdasarkan dua biaya terendah di setiap baris dan kolom,

- kemudian kurangi kedua biaya tersebut, hasil perhitungannya disebut dengan *penalty cost*.
3. Pilih nilai *penalty cost* terbesar di antara kolom dan baris.
  4. Pilih biaya terendah dari nilai *penalty cost* tertinggi dan distribusikanlah sejumlah nilai. Kolom atau baris *penalty* yang sudah dipilih diidamkan untuk tahap berikutnya.
  5. Sesuaikan jumlah *demand* dan penawaran untuk mengetahui alokasi mana yang telah dikerjakan serta hilangkan seluruh kolom dan baris di mana *demand* dan penawaran telah terpenuhi.
  6. Jika jumlah *demand* dan penawaran belum sesuai, ulangi tahap kedua sampai semua terisi dan diperoleh hasil penyelesaian awal.

### Stepping Stone Method

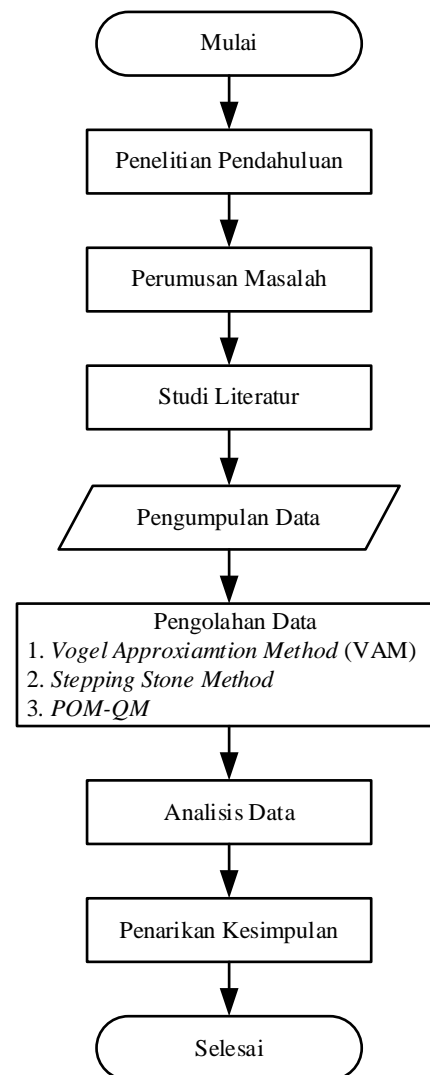
Metode batu loncatan atau biasa dikenal dengan *Stepping Stone Method* adalah salah satu metode untuk menguji optimal atau tidaknya suatu permasalahan transportasi. Metode ini dapat menyelesaikan permasalahan yang layak yang berhubungan dengan biaya-biaya operasi dalam transportasi [23]. Untuk mendefinisikan variabel *input* dan variabel *output*, sebuah *loop* dibuat terlebih dahulu sebagai langkah awal. *Loop* digunakan untuk mengecek kemungkinan pengurangan biaya jika variabel kosong atau biasa disebut variabel non-basis dimasukkan sebagai basis. Adapun Evaluasi variabel kosong (non-basis) dilakukan hanya untuk yang mempunyai kemungkinan adanya perbaikan dari solusi yang sudah didapatkan sebelumnya, untuk kemudian dilakukan pengalokasian kembali dengan cara yang sama [24]. Secara *general* tahapan pengujian *stepping stone method* [25], sebagai berikut:

1. Memilih satu kotak kosong pertama untuk dilakukan pengujian.
2. Memulai dengan kotak kosong yang sudah dipilih sebelumnya, kemudian menarik garis secara horizontal atau vertikal hingga akhirnya kembali pada kotak kosong yang sebelumnya sudah dipilih.
3. Kotak kosong selalu dimulai dengan tanda positif (+), dan berselingan sampai kembali ke kotak awal, sehingga bentuk formasinya seperti: positif (+), negatif (-), positif (+), negatif (-). Dengan catatan kotak-kotak yang diloncati (lewati) tidak boleh kotak kosong (kecuali kotak awal) atau harus kotak yang ada isinya yaitu jumlah barang yang dikirim.
4. Menghitung nilai-nilai biaya transportasi sebagai bentuk perbaikan dengan cara menambahkan biaya pengiriman per barang di setiap kotak yang dilewati jika tandanya positif (+) dan mengurangi biaya dilakukan jika bentanda negatif (-).
5. Mengulangi tahap 1-4 hingga semua kotak kosong telah dilakukan perbaikan. Jika semuanya hasil perhitungan perbaikan mendapatkan hasil 0 atau bertanda positif (lebih dari 0), maka solusi

perbaikan dapat dikatakan telah mencapai optimum.

### Metode Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk penelitian terapan yang langsung berhubungan dengan studi lapangan sehingga *output* dari penelitian ini, besar harapan dapat diterapkan langsung oleh UMKM Toko Sumber Mainan. Jenis data yang digunakan ialah data kuantitatif berupa angka-angka statistik yang sebelumnya dijelaskan menggunakan data-data *numerik*, dimana data yang didapatkan berasal dari hasil wawancara dan observasi kepada pihak terkait. Berikut merupakan alur penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

Deskripsi dari *flowchart* alur atau langkah langkah penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian Pendahuluan  
 Penelitian pendahuluan dilakukan dengan cara melakukan observasi langsung ke UMKM Toko Sumber Mainan sekaligus melakukan wawancara

- guna mengetahui kondisi dan masalah yang sebenarnya terjadi.
2. Perumusan Masalah  
 Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana cara mengoptimalkan biaya pengiriman produk mainan pada UMKM Toko Sumber Mainan menggunakan model Transportasi dengan *Vogel's Approximation Method* (VAM) dan *Stepping Stone Method* dengan tetap mempertimbangkan stok barang di gudang masing-masing toko.
  3. Studi Literatur  
 Studi literatur dilakukan guna mengetahui dari mana informasi dan data tersebut dapatkan sebagai suatu landasan untuk berfikir, pada penelitian ini mengacu pada beberapa jurnal nasional dan jurnal internasional serta beberapa buku yang relevan dengan masalah transportasi guna dijadikan referensi landasan berfikir.
  4. Pengumpulan data  
 Data yang dikumpulkan merupakan data primer yang didapat dari wawancara dan observasi secara langsung kepada pihak terkait. Data primer yang didapat yaitu data pengiriman barang meliputi: data stok barang masing-masing toko (*supply*) dan data permintaan dari setiap toko yang dituju (*demand*), serta data biaya pengiriman per *unit*.
  5. Pengolahan Data  
 Pengolahan data dilakukan secara manual dan bantuan software POM-QM. Pengolahan data menggunakan POM-QM guna memvalidasi benar atau tidaknya perhitungan manual yang sudah dilakukan. Metode transportasi yang digunakan yaitu *Vogel's Approxiamtion Method* (VAM) dan *Stepping Stone Method* dengan langkah-langkah sebagai berikut:
    - a. Membuat tabel transportasi awal
    - b. Menentukan *penalty cost* dan mengisi sel menggunakan metode VAM
    - c. Bentuk akhir pengalokasian barang
    - d. Melakukan uji keoptimalan menggunakan *Stepping Stone Method* dengan menguji sel kosong dengan cara melakukan batu loncatan secara *vertical-horizontal*.
    - e. Melakukan uji validasi perhitungan manual menggunakan *software* POM-QM dengan metode transportasi yang serupa.
  6. Analisis Data  
 Analisis data dilakukan guna mengetahui apakah terdapat perbedaan perhitungan secara manual atau tidak dengan perhitungan dengan bantuan *software* POM-QM. Analisis data juga bertujuan untuk mendapatkan kesimpulan dari pengolahan atau perhitungan data yang telah dilakukan.
  7. Penarikan Kesimpulan  
 Penarikan kesimpulan akan berupa saran dan masukan dari hasil yang telah diperoleh terhadap

UMKM Toko Sumber Mainan perihal biaya minimal yang perlu dikeluarkan untuk pendistribusian produk mainan dengan tetap memenuhi permintaan pasar serta mempertimbangkan stok barang di gudang.

## Hasil dan Pembahasan

Toko Sumber Mainan yang merupakan salah satu UMKM yang ada di Kota Banjar serta memiliki tiga cabang toko mainan yang didirikan oleh pemilik untuk melancarkan usahanya. Pendistribusian produk mainan menjadi masalah yang dihadapi oleh pemilik Toko Sumber Mainan dan perlu diselesaikan menggunakan metode transportasi untuk mendapatkan biaya pendistribusian yang minimum. Data yang diambil dari ketiga cabang toko yaitu data pengiriman produk mainan yang ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini sebagai berikut:

Tabel 1. Data pengiriman produk mainan

Toko	Tujuan	Biaya distribusi per <i>unit</i>	<i>Supply</i> ( <i>unit</i> )	<i>Demand</i> ( <i>unit</i> )
Sumber mainan	Majenang	Rp175	200	63
	Banjarsari	Rp210		33
	Pangandaran	Rp375		107
Sumber mainan putra	Majenang	Rp190	130	57
	Banjarsari	Rp235		45
	Pangandaran	Rp390		90
Sumber mainan toys	Majenang	Rp225	75	50
	Banjarsari	Rp250		53
	Pangandaran	Rp400		108

Pada Tabel 1 di atas diketahui bahwa terdapat kegiatan pengiriman barang yang dilakukan oleh ketiga toko tersebut, dimana tujuan pengirimannya yaitu Kecamatan Majenang, Kecamatan Banjarsari dan Kabupaten Pangandaran. Melihat data yang tersaji serta dengan memperhatikan rumusan masalah penelitian, maka tujuan dari pengolahan data ini adalah untuk mengetahui optimasi biaya pengiriman produk yang berfokus mencari biaya minimal yang harus dikeluarkan dalam aktivitas transportasi pengiriman produk mainan dari toko ke tujuan tiap pasar serta mengetahui alokasi yang tepat dari jumlah barang yang dikirim pada setiap toko.

Tabel 2. Tabel Awal Model Transportasi

Sumber	Tujuan			<i>Supply</i>
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran	
Sumber mainan	175	210	375	200
Sumber mainan putra	190	235	390	130
Sumber mainan toys	225	250	400	75
<i>Demand</i>	120	195	90	405

Tabel 2 di atas adalah tabel awal data pengalokasian barang dengan model transportasi

yang merupakan langkah awal untuk dimulainya pengolahan data dengan model transportasi menggunakan *Vogel's Approximation Method* (VAM). Terlihat pada Tabel 2 di atas, toko masing-masing toko (penyuplai) dan sumber tujuan memiliki kapasitas dan permintaan yang berbeda-beda dengan total *demand* dan *supply* sebesar 405 *unit*.

Tahap pertama metode ini dalam model transportasi yaitu mengetahui nilai *penalty cost* dari tiap kolom dan barisnya. *Penalty cost* dapat diketahui dengan mencari selisih dari dua bilangan dalam satu baris dan kolomnya. Jenis kasus yang peneliti analisis merupakan kasus minimasi, oleh karena itu selisih dari dua bilangan tersebut merupakan selisih dari nilai sub sel atau biaya pengiriman yang paling minimal.

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

Pemilihan kolom atau baris yang akan diisi oleh jumlah barang dilihat berdasarkan nilai *penalty cost* terbesar pada tiap kolom dan barisnya. Adapun pengisian kolom pada tabel diisi dengan memilih sel dengan biaya pengiriman paling minimal. Berikut merupakan tabel pengalokasian barang beserta nilai *penalty cost* tiap baris dan kolom dapat diketahui dengan melihat tabel di bawah ini:

Tabel 3. Tabel *penalty cost* tahap 1 VAM

Sumber	Tujuan			Supply	Penalty cost
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran		
Sumber mainan	175	210	375	200	35
Sumber mainan putra	190	235	390	130	45
Sumber mainan toys	225	250	400	75	25
<i>Demand</i>	120	195	90		
<i>Penalty cost</i>	15	15	10		

Melihat Tabel 3, sel pertama yang diisi adalah sel dengan sumber pengiriman barang berasal dari Toko Sumber Mainan Putra serta tujuan pengiriman barang adalah Kecamatan Majenang. Dikarenakan kapasitas barang sebanyak 130 *unit* dan jumlah permintaan sebanyak 120 *unit*, maka isi tabel dengan angka terkecil dari data kedua variabel tersebut. Hal tersebut akan mengakibatkan sel sisa pada kolom pertama tidak diisi dikarenakan permintaan barang dengan tujuan Kecamatan Majenang sudah terpenuhi dengan maksimal. Berikut tabel pengalokasian barang tahap 1 VAM:

Tabel 4. Pengisian sel tahap 1 VAM

Sumber	Tujuan			Supply	Penalty cost
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran		
Sumber mainan	175	210	375	200	35
Sumber mainan putra	190	235	390	130	45
Sumber mainan toys	225	250	400	75	25
<i>Demand</i>	120	195	90		
<i>Penalty cost</i>	15	15	10		

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

Berdasarkan langkah pengisian sel yang dijelaskan pada tahap pertama, pengisian sel pada tahap selanjutnya menggunakan langkah yang sama seperti pengisian sel pada tahap pertama. Adapun yang membedakan dari setiap tabel yaitu nilai *penalty cost* pada tiap kolom dan barisnya. Hal ini dikarenakan pada langkah sebelumnya terdapat sel yang telah diisi dan sel yang tidak diisi dikarenakan kapasitas atau permintaan sudah terpenuhi. Untuk tahap dua ini, langkah yang harus dilakukan yaitu mencari *penalty cost* terbesar kembali, setelah sebelumnya pada kolom pertama yaitu kecamatan majenang, permintaannya telah terpenuhi yaitu sebanyak 120 *unit* yang dikirimkan oleh toko Sumber Mainan Putra. Maka, tabel pengalokasian barang beserta nilai *penalty cost* tiap baris dan kolom dapat diketahui dengan melihat tabel di bawah:

Tabel 5. Tabel *penalty cost* tahap 2 VAM

Sumber	Tujuan			Supply	Penalty cost
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran		
Sumber mainan	175	210	375	200	165
Sumber mainan putra	190	235	390	130	155
Sumber mainan toys	225	250	400	75	150
<i>Demand</i>	120	195	90		
<i>Penalty cost</i>	-	15	10		

Tabel 6. Pengisian sel tahap 2 VAM

Sumber	Tujuan			Supply	Penalty cost
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran		
Sumber mainan	175	210	375	200	165
Sumber mainan putra	190	235	390	130	155
Sumber mainan toys	225	250	400	75	150
<i>Demand</i>	120	195	90		
<i>Penalty cost</i>	-	15	10		

Pada Tabel 6 di atas, permintaan barang sebanyak 195 *unit* untuk Kecamatan Banjarsari telah dipenuhi oleh Toko Sumber Mainan. Disamping itu, Toko Sumber Mainan masih memiliki kapasitas sebanyak 5 *unit* di dalam toko tersebut. Hal tersebut dapat diartikan bahwa Toko Sumber Mainan masih dapat melakukan pengiriman barang untuk tujuan berikutnya.

### Penentuan *Penalty Cost* dan Pengisian Sel Tahap 3 VAM

Pada tahap sebelumnya, permintaan barang untuk Kecamatan Banjarsari telah terpenuhi oleh Toko Sumber Mainan yaitu permintaan sebanyak 195 *unit*. Oleh karena itu, tujuan pengiriman selanjutnya pada tahap ini adalah Kabupaten Pangandaran. Hal itu disebabkan, Kabupaten Pangandaran kini menjadi *penalty cost* terbesar yaitu 400, setelah sebelumnya kolom pada Kota Banjarsari

telah dieliminasi dikarenakan permintaan sudah terpenuhi. Maka, tabel pengalokasian barang beserta nilai *penalty cost* tiap baris dan kolom dapat diketahui dengan melihat tabel di bawah:

Tabel 7. Tabel *penalty cost* tahap 3 VAM

Sumber	Tujuan			Supply	Penalty cost
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran		
Sumber mainan	175	210	375	200	375
	-	195			
Sumber mainan putra	190	235	390	130	390
	120	-			
Sumber mainan toys	225	250	400	75	400
	-	-			
Demand	120	195	90		
Penalty cost	-	-	10		

Tabel 8. Pengisian sel tahap 3 VAM

Sumber	Tujuan			Supply	Penalty cost
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran		
Sumber mainan	175	210	375	200	375
	-	195			
Sumber mainan putra	190	235	390	130	390
	120	-			
Sumber mainan toys	225	250	400	75	400
	-	-	75		
Demand	120	195	90		
Penalty cost	-	-	10		

Pada Tabel 8 di atas menunjukkan bahwa pengiriman barang yang dikirim oleh Toko Sumber Mainan toys untuk tujuan Kabupaten Pangandaran telah mencapai maksimal dari kapasitas barang dalam Toko tersebut yaitu sebanyak 75 unit, namun permintaan barang untuk tujuan Kabupaten Pangandaran belum tercukupi dan masih membutuhkan 15 unit mainan untuk memenuhi permintaan tersebut.

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

Pada tahap keempat ini, *penalty cost* terbesar jatuh kepada tujuan Pangandaran yang nantinya akan dilakukan pengiriman oleh toko Sumber Mainan Putra terlebih dahulu. Pengiriman barang untuk Kabupaten Pangandaran sebenarnya dapat ditutupi oleh Toko Sumber Mainan dan Toko Sumber Mainan Putra yang dimana pada masing-masing toko masih terdapat kapasitas barang yang belum terkirim. Namun pada tahap keempat ini pengirim hanya dilakukan oleh toko Sumber Mainan Putra terlebih dahulu sebanyak 10 unit guna menghabiskan sisa stok barang di gudang. Tabel pengalokasian barang beserta nilai *penalty cost* tiap baris dan kolom dapat diketahui dengan melihat tabel di bawah:

Tabel 9. Tabel *penalty cost* tahap 4 VAM

Sumber	Tujuan			Supply	Penalty cost
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran		
Sumber mainan	175	210	375	200	375
	-	195			
Sumber mainan putra	190	235	390	130	390
	120	-			
Sumber mainan toys	225	250	400	75	-
	-	-	75		
Demand	120	195	90		
Penalty cost	-	-	15		

Tabel 10. Pengisian sel tahap 4 VAM

Sumber	Tujuan			Supply	Penalty cost
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran		
Sumber mainan	175	210	375	200	375
	-	195			
Sumber mainan putra	190	235	390	130	390
	120	-	10		
Sumber mainan toys	225	250	400	75	-
	-	-	75		
Demand	120	195	90		
Penalty cost	-	-	15		

Pada Tabel 10 di atas menunjukkan bahwa pengiriman barang yang dikirimkan oleh Toko Sumber Mainan Putra untuk tujuan ke Pangandaran telah mencapai batas maksimal, namun permintaan barang untuk tujuan Pangandaran belum tercukupi dan masih membutuhkan 5 unit barang, maka sisa barang akan dikirimkan oleh Toko Sumber Mainan untuk memenuhi permintaan tersebut.

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

Pada tahap kelima ini melanjutkan tahap keempat sebelumnya yaitu mengirimkan sisa barang dari Toko Sumber Mainan untuk memenuhi permintaan di Pangandaran, maka tabel pengalokasian barang beserta nilai *penalty cost* tiap baris dan kolom dapat diketahui dengan melihat tabel di bawah:

Tabel 11. Tabel *penalty cost* tahap 5 VAM

Sumber	Tujuan			Supply	Penalty cost
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran		
Sumber mainan	175	210	375	200	375
	-	195			
Sumber mainan putra	190	235	390	130	-
	120	-	10		
Sumber mainan toys	225	250	400	75	-
	-	-	75		
Demand	120	195	90		
Penalty cost	-	-	375		

Tabel 12. Pengisian sel tahap 5 VAM

Sumber	Tujuan			Supply	Penalty cost
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran		
Sumber mainan	175	210	375	200	375
	-	195	5		
Sumber mainan putra	190	235	390	130	-
	120	-	10		
Sumber mainan toys	225	250	400	75	-
	-	-	75		
Demand	120	195	90		
Penalty cost	-	-	375		

Berdasarkan Tabel 12 di atas yang merupakan pengisian sel tahap kelima menggunakan metode transportasi *Vogel's Approximation Method* menunjukkan bahwa pengalokasian barang ke tiga tujuan telah terpenuhi semua sesuai dengan kapasitas barang di gudang dari setiap masing-masing toko.

#### Bentuk Pengalokasian Barang dengan Model Transportasi VAM

Setelah semua permintaan barang dari ketiga tujuan telah terpenuhi semua dengan kapasitas barang di gudang dari setiap toko, maka bentuk akhir

pengalokasian barang dengan menggunakan *Vogel's Approxiamation Method* (VAM) sebagai berikut:

Tabel 13. Bentuk akhir pengalokasian barang dengan VAM

Sumber	Tujuan			Supply
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran	
Sumber mainan	175	210	375	200
	-	195	5	
Sumber mainan putra	190	235	390	130
	120	-	10	
Sumber mainan toys	225	250	400	75
	-	-	75	
<i>Demand</i>	120	195	90	405

Berdasarkan Tabel 13 di atas, terlihat bahwa semua permintaan telah terpenuhi semua dengan baik, maka dapat dibentuk solusi awal berdasarkan metode transportasi *Vogel's Approxiamation Method* sebagai berikut:

$$Z = C_{12}(X_{12}) + C_{13}(X_{13}) + C_{21}(X_{21}) + C_{22}(X_{23}) + C_{33}(X_{33})$$

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

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

$$Z = Rp99.525$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapat solusi awal dari metode transportasi *Vogel's Approxiamation Method* (VAM) yaitu sebesar 99.525. Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Dimasuharto dkk [6], yaitu malakukan pengoptimalan biaya pengiriman produk kaca menggunakan beberapa metode transportasi untuk menentukan solusi awal, dimana metode VAM menjadi metode yang menghasilkan biaya paling minimum. Namun belum dapat dikatakan optimal, maka dari itu perlu dilakukan pencarian untuk solusi optimal menggunakan *Stepping Stone Method* untuk memastikan optimum atau tidaknya hasil yang telah diperoleh dari solusi awal yang telah didapatkan menggunakan metode VAM tersebut.

### Uji Keoptimalan menggunakan *Stepping Stone Method*

Menurut [26], optimalisasi menggunakan *Stepping Stone Method* dengan cara mengalokasi jumlah rute pendistribusian yang menempati kotak dan memiliki *value* yang sama dengan menjumlahkan total baris dan total kolom, kemudian dikurangi dengan satu. Dan [27] mengatakan bahwa uji keoptimalan harus dilakukan untuk mengetahui sudah optimal atau tidaknya alokasi setiap kotak yaitu dengan cara menguji kotak-kotak non-basis dengan melakukan pengiriman barang ke dalam kotak-kotak non-basis guna mengetahui bertambah atau berkurang pada kotak tersebut. Berikut merupakan Tabel pengujian *stepping stone method* berdasarkan bentuk akhir pengalokasian barang dari solusi awal sebelumnya:

Tabel 14. Pengujian *Stepping Stone Method*

Sumber	Tujuan			Supply
	Majenang	Banjarsari	Pangandaran	
Sumber mainan	175	210	375	200
	-	195	5	
Sumber mainan putra	190	235	390	130
	120	-	10	
Sumber mainan toys	225	250	400	75
	-	-	75	
<i>Demand</i>	120	195	90	405

Tabel 14 di atas menerangkan bahwa terdapat 4 sel non basis atau sel kosong yaitu  $C_{11}$ ,  $C_{22}$ ,  $C_{31}$ , dan  $C_{32}$ . Titik awal pengujian terletak pada sel kosong yang dimana dalam pengujiannya, diharuskan untuk melompat pada sel yang sudah terisi dengan urutan lompatan yaitu secara *vertical-horizontal* ataupun sebaliknya secara berkelanjutan sampai lompatan terakhir berada pada titik awal kembali. Adapun nilai dari sub sel tersebut selalu diawali dengan tanda (+) pada pijakan awal atau sel kosong dan selanjutnya bergantian antara (-) dan (+) sampai pijakan berada pada posisi satu langkah sebelum kembali ke sel awal [28]. Berikut merupakan tahap penyelesaian *Stepping Stone Method* tahap 1 yang diterangkan pada Tabel 15 di bawah ini:

Tabel 15. Analisis perhitungan *stepping stone method* tahap 1

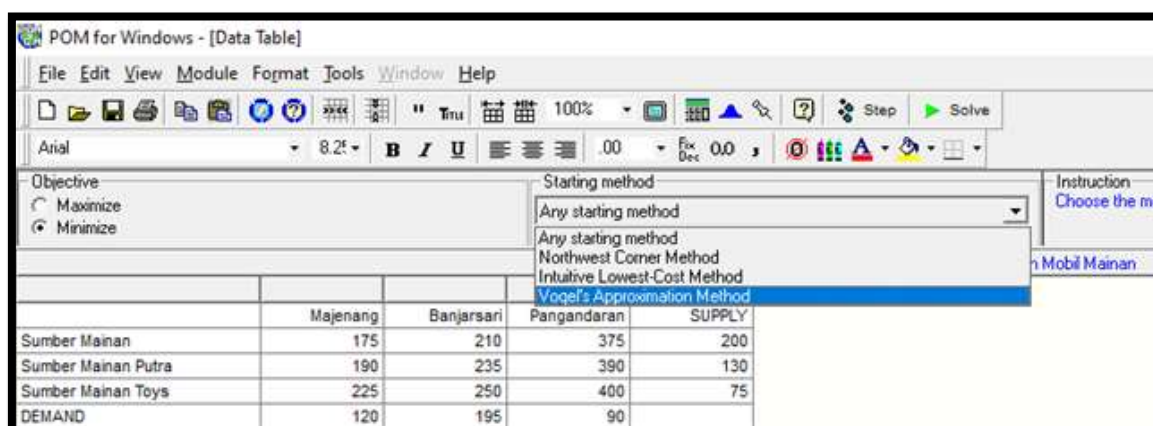
Sel non-basis	Loop	Opportunity cost
$C_{11}$	$C_{11} - C_{13} + C_{23} - C_{21}$	$175 - 375 + 390 - 120 = 70$
$C_{22}$	$C_{22} - C_{12} + C_{13} - C_{23}$	$235 - 210 + 375 - 390 = 10$
$C_{31}$	$C_{31} - C_{21} + C_{23} - C_{33}$	$225 - 190 + 390 - 400 = 25$
$C_{32}$	$C_{32} - C_{12} + C_{13} - C_{33}$	$250 - 210 + 375 - 400 = 15$

Berdasarkan Tabel 15 di atas, semua nilai *opportunity cost* sudah bertanda positif (+) yaitu untuk sel non-basis  $C_{11} = 70$ ,  $C_{22} = 10$ ,  $C_{31} = 25$ ,  $C_{32} = 15$ . Oleh karena itu perhitungan solusi awal yang telah dilakukan menggunakan *Vogel's Approxiamation Method* dapat dikatakan sudah optimal. Dan total biaya minimal yang harus dikeluarkan untuk melakukan pengiriman barang ke 3 tujuan sebesar Rp99.255.

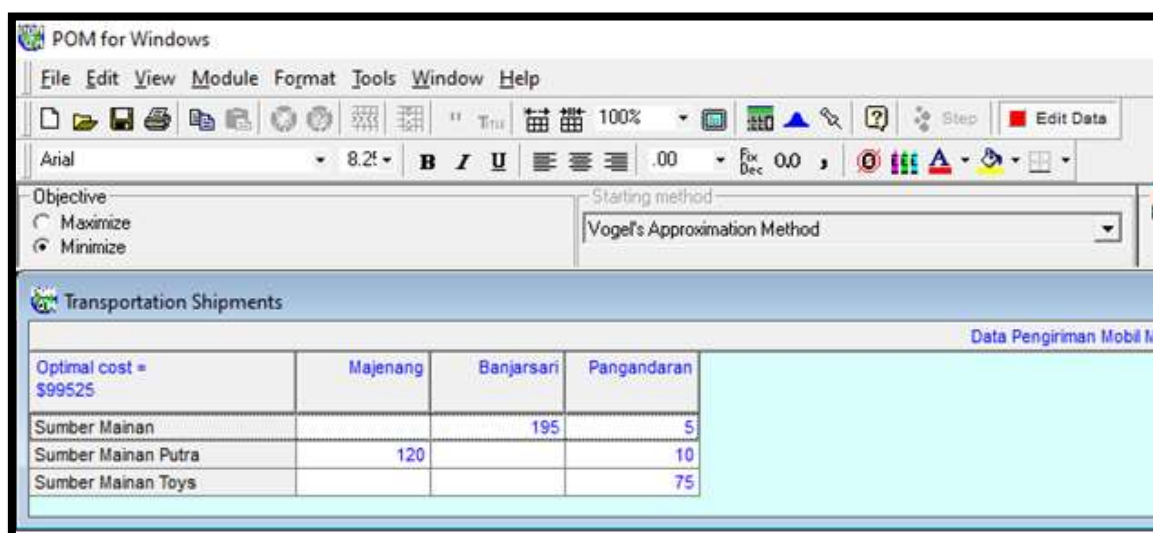
### Uji Validasi Model Transportasi *Vogel's Approxiamation Method* menggunakan Software POM-QM

POM-QM merupakan salah satu program komputer yang dapat memecahkan permasalahan kuantitatif, manajemen sains, dan *operations research* [29]. Perhitungan dengan Software POM-QM bertujuan untuk memvalidasi sudah optimal atau tidaknya dengan perhitungan manual yang sudah dilakukan. Berikut Tahapan perhitungan model transportasi dengan VAM pada POM-QM dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 di bawah ini:





Gambar 2. Tampilan hasil *input* data ke dalam matriks transportasi dan pemilihan metode pada *software* POM-QM



Gambar 3. Tampilan hasil perhitungan model transportasi menggunakan *vogel's approximation method* pada *software* POM-QM

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3 di atas, perhitungan model transportasi menggunakan *Vogel's Approximation Method* pada *Software POM-QM* memperoleh hasil yang serupa seperti dengan perhitungan secara manual yaitu diperoleh biaya minimal pengiriman barang sebesar Rp99.525, itu artinya perhitungan manual yang diikuti dengan uji keoptimalan menggunakan *Stepping Stone Method* telah akurat dan dapat dipastikan telah mencapai hasil yang optimal. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Suparjo [30] yang melakukan optimasi biaya distribusi pada PT Gotrans Logistic International, menyatakan bahwa penggunaan metode VAM menggunakan *software* POM-QM dapat mengoptimalkan biaya distribusi sebesar Rp52.100.000 dari yang sebelumnya Rp53.500.000. Serta Setiawati dan Tenriajeng [29] dapat mengoptimalkan biaya operasional MRT Jakarta Fase 1 menjadi Rp1.267.110.000.000 yang sebelumnya Rp1.658.026.479.526 menggunakan metode VAM dengan bantuan *software* POM-QM.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan terkait permasalahan pendistribusian produk mainan yang dialami UMKM Toko Sumber Mainan, maka dapat disimpulkan bahwa biaya minimum yang dikeluarkan terhadap aktivitas pengiriman produk mainan dari toko ke tempat tujuan menggunakan model transportasi dengan *Vogel's Approximation Method* (VAM) baik secara perhitungan manual maupun dengan bantuan *Software POM-QM* serta dilanjut menggunakan *Stepping Stone Method* sebesar Rp99.525.

## Daftar Pustaka

- [1] P. Kotler, *Manajemen Pemasaran Analisis Perencanaan, Implementasi dan Pengendalian (Terjemahan Jaka Wasana)*.

- Jakarta: Salemba Empat, 1997.
- [2] Y. Ratnasari, D. Yuniarti, and I. Purnamasari, "Optimasi Pendistribusian Barang Dengan Menggunakan Vogel's Approximation Method dan Stepping Stone Method ( Studi Kasus : Pendistribusian Tabung Gas LPG 3 Kg Pada PT . Tri Pribumi Sejati )," *J. EKSPONENSIAL*, vol. 10, no. 2, pp. 165–174, 2019.
- [3] K. Auliasari, M. Kertaningtyas, and D. W. L. Basuki, "Optimalisasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Metode Traveling Salesman Problem," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 16, no. 1, p. 15, 2018.
- [4] S. R. Wahyu, A. Rohima, K. F. Handayani, and M. Fauzi, "Optimalisasi Biaya Distribusi Kain Mentah Di Pt Pqr Menggunakan Metode Vam (Vogel's Approximation Method) Dan Lingo," *J. Ilm. Stat. dan Ekon.*, vol. 1, no. 2, pp. 91–99, 2021.
- [5] K. Ganesan and D. Dheebia, "A Study of Intuitionistic Fuzzy Transportation Problem Using Vogel's Approximation Method," *Int. J. Math. Trends Technol.*, vol. 68, no. 6, pp. 224–232, 2020.
- [6] N. Dimasuharto, A. M. Subagyo, and R. Fitriani, "Optimalisasi Biaya Pendistribusian Produk Kaca Menggunakan Model Transportasi Dan Metode Stepping Stone," *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 7, no. 2, pp. 81–88, 2021.
- [7] L. M. Safari, M. S. Ceffi, and M. Suprpto, "Optimasi Biaya Pengiriman Beras Menggunakan Model Transportasi Metode North West Corner (Nwc) Dan Software Lingo," *J. Ilm. Teknol. Infomasi Terap.*, vol. 6, no. 3, pp. 184–189, 2020.
- [8] F. Zulfikarizah, *Operation Research*. Malang: Bayumedia Publisihing, 2004.
- [9] M. Afiani, S. Setiawani, and T. B. Setiawan, "Penerapan Modified Vogel'S Approximation Method (Mvam) Untuk Meminimumkan Biaya Transportasi (Studi Kasus: Pabrik Tahu Taufik)," *J. Mat. Stat. dan Komputasi*, vol. 16, no. 2, p. 143, 2019.
- [10] S. Ayulinansyah, A. I. Jaya, and A. Sahari, "Optimalisasi Biaya Transportasi Pendistribusian Keramik Menggunakan Model Transportasi Metode Modified Distribution (Studi Kasus : Pt. Indah Bangunan)," *J. Ilm. Mat. Dan Terap.*, vol. 15, no. 2, pp. 188–196, 2018.
- [11] Marwan, "Optimasi Biaya Distribusi Material Dengan Metode Nwc ( North West Corner ) Dan Metode Vam ( Vogel Approximation Method ) Pada Pt . Xyz," *IESM J.*, vol. 02, no. 01, pp. 137–146, 2021.
- [12] N. A. Hasibuan, "Russel Approximation Method And Vogel's Approximation Method In Solving Transport Problem," *Int. J. Informatics Comput. Sci. (The IJICS)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [13] J. J. Siang, *Riset Operasi Dalam Pendekatan Algoritmis*. Yogyakarta: CV Andi Offset, 2011.
- [14] Supranto, *Riset Operasi*. Jakarta: Universitas Indonesia, 2005.
- [15] T. H. Handoko, *Manajemen Personalia dan Sumberdaya Manusia*, Edisi II. Yogyakarta: BPF, 2000.
- [16] M. S. Rumatna, T. N. Lina, T. P. Sari, P. Mugu, A. Assem, and R. Sianturi, "Optimasi Jumlah Produksi Roti Menggunakan Program Linear Dan Software Pom-Qm," *Comput. Based Inf. Syst. J.*, vol. 9, no. 1, pp. 42–49, 2021.
- [17] Rico Ong; Alfionita N. R. Maran; Ardianto R. Lapik; Dimas M. B. Andita; Muhammad Fitra Kadir; Ricky V. Kindangen; Velly B. Latul; Matheus Supriyanto Rumatna; Tirsia Ninia Lina., "Maksimalisasi Keuntungan Pada Usaha Dagang Martabak Sucipto Menggunakan Metode Simpleks Dan POM-QM," *J. Ris. Komput.*, vol. 6, no. 4, pp. 434–441, 2019.
- [18] M. Teguh, *Matematika ekonomi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2014.
- [19] I. Atman and D. Taylor, *Social penetration: The development or international relationship*. New York: Holt, Rinehart & Winston, 2006.
- [20] Aminudin, *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga, 2005.
- [21] H. A. Taha, *Riset Operasi Jilid I*. Jakarta: Bina Rupa Aksara, 1996.
- [22] A. Dimiyati, *Operation Research: Model Model Pengambilan Keputusan*. Bandung: PT. Sinar Baru Algesindo Offset, 1999.
- [23] Y. A. Kanthi and B. K. Kristanto, "Implementasi Metode North-West Corner dan Stepping Stone Pengiriman Barang Galeri Bimasakti," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 4, p. 845, 2020.
- [24] M. Asri, P. Subagyo, and H. T. Handoko, *Dasar-Dasar Operations Research*. Yogyakarta: BPF, 2013.
- [25] B. Render, R. M. Stair, M. E. Hanna, and T. S. Hale, *Quantitative Analisis for Management*, 12 th Edit. New Jersey: Pearson, 2014.
- [26] N. P. H. Ali, H. Tarore, D. R. O. Walangitan, and M. Sibi, "Aplikasi Metode Stepping-Stone Untuk Optimasi Perancangan Biaya Pada Suatu Proyek Kontruksi," *J. Sipil Stat.*, vol. 1, no. 8, pp. 571–578, 2013.