

Optimasi Biaya Transportasi Rantai Roda Tipe-428 dengan Metode *Stepping Stone* dan *Modified Distribution*

Rifda Ilahy Rosihan^{1*}, Muhammad Ferdiansyah Dwi Rizki², Paduloh Paduloh³, Yayan Saputra⁴, Ratih Kumalasari⁵, Widya Spalanzani⁶, Helena Sitorus⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.
Jl. Perjuangan No.81, RT.003/RW.002, Marga Mulya, Kec. Bekasi Utara, Kota Bks, Jawa Barat 17143
*Email: rifda.ilahy@dsn.uharajaya.ac.id

Abstract

Ketidapastikan alokasi pendistribusian produk rantai roda tipe-428 mengakibatkan tinggi nya biaya transportasi sehingga perlu dilakukan pengoptimalan biaya transportasi untuk mengurangi pemborosan. Pendistribusian produk rantai roda tipe-428 ke beberapa customer. Pendistribusian produk rantai roda tipe-428 ke beberapa customer dengan permintaan masing-masing customer yang berbeda dan jumlah yang besar dengan rata-rata permintaan terbesar customer adalah 234.609. Penelitian ini dilakukan guna menemukan solusi optimal untuk menemukan biaya transportasi yang optimal. Metode yang digunakan pada penelitian ini metode North West Corner (NWC), Least Cost, dan Vogel Approximation (VAM), dengan metode yang terpilih adalah Least Cost dan VAM karena biaya yang dihasilkan oleh kedua metode tersebut yang paling optimum dan menghasilkan total biaya yang sama. Kemudian, mencari solusi optimum dengan membandingkan biaya yang optimum menggunakan metode *Stepping Stone* dan metode MODI (*Modified Distribution*). Hasil dari pencarian solusi optimum dengan kedua metode ini didapatkan hasil yang sama sehingga dipilih metode *stepping stone* untuk mencari solusi optimum. Kemudian dilakukan pengecekan dengan menggunakan software LINGO untuk mengetahui hasil yang didapatkan dari perhitungan manual sudah sesuai. Dari hasil perhitungan yang dilakukan didapatkan penurunan biaya sebesar 33,17%.

Keywords: *North West Corner (NWC), Modified Distribution, Least Cost, Vogel Approximation (VAM), Stepping Stone.*

1. Pendahuluan

Dalam kehidupan modern ini, banyak perusahaan menjadi peka terhadap perkembangan zaman dan persaingan. Supaya mampu bertahan dalam persaingan yang ketat ini, perusahaan harus memberikan perhatian khusus pada kepuasan pelanggan. Biaya rendah, respon cepat terhadap permintaan pasar. Apakah produk dapat dikirim ke pelanggan dalam jumlah yang sama dan dalam kondisi baik pada waktu yang tepat merupakan faktor penentu dalam menentukan daya saing produk ini di pasar. Oleh sebab itu, kemampuan mengorganisir jaringan transportasi dan distribusi merupakan faktor penting dalam dunia perindustrian. Maka dari itu, setiap perusahaan mencoba meminimumkan biaya transportasi dalam hal pendistribusian produknya ke konsumen seminimum mungkin tetapi produk yang dikirim sama seperti yang dipesan oleh customer (Fatma & Manurung, 2020).

PT. XYZ anak perusahaan dari PT. ASTRA Otoparts Tbk. PT. XYZ bergerak di industri otomotif, memproduksi rantai sepeda motor, oli, air, bahan bakar, filter kabin dan rantai industri atau conveyor. PT. XYZ juga bergerak dalam penjualan *Replacement Equipment Market (REM)* atau spareparts.

Saat ini PT. XYZ memiliki permasalahan dalam hal pengalokasian rantai roda tipe-428 yang masih belum ada kepastian harus dari gudang manakah perusahaan mendistribusikannya dalam pemenuhan permintaan ke setiap customer. Pola alokasi yang tidak pasti ini menyebabkan terjadinya fluktuasi biaya transportasi. Tabel 1 merupakan data pola alokasi dari PT. XYZ. Rata-rata biaya transportasi yang dikeluarkan PT. XYZ dalam mendistribusikan rantai roda tipe-428 selama tahun 2019 adalah Rp.60.049.917/bulan. Biaya transportasi ini cukup besar untuk dikeluarkan oleh PT. XYZ, sehingga pemilik perusahaan menginginkan pengoptimalan biaya transportasi

dalam distribusi rantai roda tipe-428. Sehingga diperlukan adanya teknik perhitungan sebagai bahan pertimbangan yang baik dalam mengambil keputusan agar biaya distribusi tidak terlalu besar. Salah satu teknik perhitungan untuk mengatasi masalah biaya distribusi yang besar adalah metode transportasi.

Tabel 1 Biaya Transportasi dalam Distribusi Rantai Roda Tipe-428 di PT. XYZ pada Tahun 2019

Gudang	Customer				
	AOP	KGP	HGP	SGP	YGP
Cileungsi					
Total	1200	1440	1560	1560	1200
Rata-rata	100	120	130	130	100
Pulogadung					
Total	1440	1320	1200	1440	1440
Rata-rata	120	110	100	120	120

Metode transportasi merupakan salah satu program yang lazim digunakan untuk memecahkan kasus pendistribusian produk, dari beberapa lokasi pabrik atau gudang wilayah ke beberapa lokasi pemasaran atau gudang distribusi (Haming et al., 2017). Tujuan dari model transportasi adalah mencari solusi yang optimal untuk memenuhi persyaratan tujuan dalam kapasitas produksi dengan biaya serendah mungkin. (Yadav et al., 2020). Metode transportasi digunakan untuk mencari biaya transportasi yang minimum karena metode ini dimodelkan untuk mengoptimalkan variable-variable yang terdapat pada permasalahan transportasi (Chandra, 2016). *North West Corner (NWC)*, *Least Cost*, dan *Vogel Approximation Method (VAM)* merupakan metode yang sudah sangat dikenal dalam mencari *Initial Basic Feasible Solution* (Taha, 2007).

Terdapat dua langkah dalam pencapaian solusi optimum dari metode transportasi, pertama mencari solusi awal selanjutnya mencari solusi optimum. Metode yang digunakan dalam pencarian *basic feasible solution* adalah *North West Corner (NWC)*, *Least Cost*, dan *Vogel Approximation Method (VAM)*. Lalu ketika sudah mendapatkan solusi awal, langkah selanjutnya yaitu mengoptimalkan solusi awal menjadi solusi optimal (Feriza & Murni, 2020). Metode *North West Corner (NWC)* dapat digunakan dalam menghasilkan biaya transportasi yang minimum sebagai solusi awal (Murgani, 2019), (Santoso et al., 2022). Untuk mendapatkan solusi optimal penggunaan metode *stepping stone* dalam pencarian biaya transportasi yang minimum (Putra et al., 2020). Disamping itu,

penggunaan metode *Modified Distributon (MODI)* dapat digunakan sebagai pencarian solusi akhir dari permasalahan transportasi (Aisyah et al., 2018). Tujuan dari penelitian ini adalah mencari biaya transportasi yang optimum Rantai Roda Tipe-428 pada PT. XYZ dengan solusi akhir yang digunakan adalah metode *Stepping stone* dan *Modified Distribution*.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan PT. XYZ yang bergerak di bidang industri otomotif yang terletak di Cileungsi, Kabupaten Bogor dan merupakan penelitian deskriptif.

Program Linier Metode Transportasi

Rumus umum metode transportasi adalah sebagai berikut.

Meminimumkan Biaya Transportasi

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

Dengan Syarat =

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = S_i \text{ (Penawaran, } i=1, 2, \dots, m)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = D_i \text{ (Permintaan, } i=1, 2, \dots, m)$$

$$X_i > 0$$

Menghitung Solusi Awal

Solusi awal ini merupakan tahap pertama dalam penelitian ini. Tujuan dari perhitungan ini adalah mendapatkan solusi awal dalam biaya transportasi yang optimal. Langkah-langkah perhitungan solusi awal adalah sebagai berikut:

1. *North West Corner* atau biasa dikenal *NWC* adalah *tools* yang melakukan pengisian mulai dari pojok kiri atas dengan jumlah alokasi yang maksimum, kemudian bergerak ke kotak sebelah kanan apabila kotak sebelah kiri sudah memenuhi permintaan atau stok dari gudang sudah tidak mencukupi permintaan.
2. Metode *Least Cost* merupakan metode yang melakukan pengisian kotak yang memiliki biaya transportasi terkecil. Jika terdapat lebih dari satu kotak yang memiliki biaya transportasi terkecil, maka dipilih kotak yang memiliki alokasi paling besar terlebih dahulu.
3. Metode *Vogel Approximation (VAM)*, metode ini adalah metode yang melakukan pengisian kotak yang memiliki nilai pinalti pada baris/kolom yang terbesar dan lakukan

alokasi distribusi dengan maksimum. Jika memiliki lebih dari satu nilai pinalti pada baris/kolom yang terbesar, maka pilih yang memiliki nilai transportasi terkecil dan mengalokasikannya sebanyak mungkin (Akpan et al., 2015).

Menghitung Solusi Optimum dengan Stepping Stone

Stepping stone membantu mencari *optimum solution* dari *basic feasible soluti* yang terpilih. *Tools* ini memiliki fungsi untuk mengevaluasi biaya berdasarkan pengangkutan barang melalui jalur transportasi yang tidak termasuk dalam solusi (Septiana et al., 2020).

Metode ini adalah metode yang menghitung kotak kosong dengan cara menentukan lintasan loopnya dan menghitung nilai dari biaya transportasinya. Alokasikan sebanyak mungkin ke kotak yang memiliki nilai loopnya negatif untuk menurunkan biaya transportasi. Jika tidak ada nilai negatif, maka tabel tersebut telah optimum. Hasil dari perhitungan Solusi Awal yang terpilih kemudian dilakukan pengolahan data menggunakan *stepping stone*.

Menghitung Solusi Optimum dengan Modified Distribution (MODI)

MODI adalah batu loncatan dualitas mengambang yang mencocokkan produk dengan indeks canggih berdasarkan nilai di setiap baris dan kolom untuk pencocokan optimal. (Alfianti et al., 2021).

Solusi Optimum dengan Software Lingo

Perangkat lunak Lingo dirancang untuk menyelesaikan masalah riset operasi dengan cepat, mudah dan efisien, seperti kendala linier dan nonlinier, kuadrat, kuadrat, optimasi acak dan bilangan bulat. Perangkat lunak Lingo menyediakan paket integrasi lengkap, yang mencakup bahasa untuk pengoptimalan model yang mudah dimengerti (Safari et al., 2020). Cara menggunakannya yaitu dengan memasukkan model matematis ke dalam *software* Lingo yang berbentuk *coding*, lalu tekan tombol *solve* untuk melihat hasil optimum yang dilakukan *software* Lingo. Untuk hasil total biaya terdapat pada baris *Objective Value* dan untuk hasil alokasi produk terdapat pada baris alokasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang dikumpulkan untuk penelitian ini adalah data jumlah permintaan masing-masing lokasi distributor pada tabel 2.

Tabel 2. Permintaan Customer

Customer	Total Permintaan di Tahun 2019	Rata-rata Permintaan Perbulan di Tahun 2019
Astra Otoparts (AOP)	785.500	65.459
Honda Genuine Parts (HGP)	2.815.300	234.609
Kawasaki Genuine Parts (KGP)	3.600	300
Suzuki Genuine Parts (SGP)	139.900	11.659
Yamaha Genuine Parts (YGP)	717.100	59.759

Data persediaan rantai roda tipe – 428 di setiap gudang *plant* dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Data persediaan

Gudang Plant	Total Stok di Tahun 2019	Rata-rata Stok Perbulan di Tahun 2019
Cileungsi	2.683.416	223.618
Pulogadung	1.778.016	148.168

Model Transportasi

- $i =$ Sumber, $i = 1,2,\dots,M$
 - $j =$ Tujuan, $j = 1,2,\dots,N$.
 - $X_{ij} =$ Unit dikirim dari sumber i ke tujuan j
 - $C_{ij} =$ Biaya dari i ke j
 - $a_{ij} =$ Supply dari i
 - $b_{ij} =$ Demand j
 - $Z_{ij} =$ Banyaknya unit yang dialokasikan dari sumber i ke tujuan j
- Fungsi Tujuan
- $$\text{Min } Z = 100 X_{11} + 120 X_{12} + 130 X_{13} + 130 X_{14} + 100 X_{15} + 120 X_{21} + 110 X_{22} + 100 X_{23} + 120 X_{24} + 120 X_{25}$$
- Fungsi Kendala
1. Kendala Jumlah Permintaan Rantai Roda Tipe-428

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{21} &= 65.459 \\ X_{12} + X_{22} &= 300 \\ X_{13} + X_{23} &= 234.609 \\ X_{14} + X_{24} &= 11.659 \\ X_{15} + X_{25} &= 59.759 \end{aligned}$$

2. Kendala Jumlah Kapasitas Rantai Roda Tipe-428
- $$\begin{aligned} X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} &= 223.618 \\ X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} &= 148.168 \end{aligned}$$

Gambar 2 merupakan Matriks awal metode transportasi rantai roda tipe-428

Tujuan Gudang	Customer					Kapasitas
	AOP	KGP	HGP	SGP	YGP	
Cileungsi	100	120	130	130	100	223.618
Pulogadung	120	110	100	120	120	148.168
Permintaan	65.459	300	234.609	11.659	59.759	371.786

Gambar 2 Matriks awal metode transportasi

Menggunakan tiga metode yaitu *Northwest corner*, VAM, dan *least cost*. *Northwest corner* menghasilkan total biaya transportasi Rp 43.348.730, 00 dengan enam kali iterasi. Metode *least cost* dengan enam iterasi menghasilkan total biaya Rp 40.127.600,00. Metode *Vogel Approximation* (VAM) dengan enam kali iterasi menghasilkan total biaya sama dengan *least cost* yaitu Rp 40.127.600,00. Sehingga metode transportasi yang terpilih adalah *Vogel Approximation* dengan total biaya transportasi Rp 40.127.600,00. Biaya ini lebih rendah dibandingkan dengan metode *northwest corner*.

Solusi Optimum Metode Stepping Stone

Matriks solusi awal *vogel approximation* untuk perhitungan *stepping stone* dapat dilihat gambar 3

Tujuan Gudang	Customer					Kapasitas
	AOP	KGP	HGP	SGP	YGP	
Cileungsi	100	120	130	130	100	223.618
Pulogadung	120	110	100	120	120	148.168
Permintaan	65.459	300	234.609	11.659	59.759	371.786

Gambar 3 Solusi awal *Vogel Approximation*

Matriks pada gambar 3 telah memenuhi syarat $(m+n-1)$, m adalah banyaknya sumber/gudang dan n adalah banyaknya customer/tujuan. Dalam matriks tersebut, sel/kotak yang terisi adalah

$(2+5-1)$ 6 kotak/sel, maka dari itu syarat telah terpenuhi untuk melakukan pencarian solusi optimum tanpa perlu melakukan degenerasi/redundansi.

Iterasi awal *stepping stone* X_{21} dari gambar 3, maka jalur pergerakan *Stepping Stone* pada kotak/sel dari gudang Pulogadung menuju customer AOP adalah:

$$\begin{aligned} X_{21} &= C_{21} - C_{23} + C_{13} - C_{11} \\ &= 120 - 100 + 130 - 100 \\ &= 50 \end{aligned}$$

Jalur *stepping stone* X_{22} maka jalur pergerakannya pada kotak/sel dari gudang Pulogadung menuju customer KGP, sehingga perhitungannya menjadi:

$$\begin{aligned} X_{22} &= C_{22} - C_{23} + C_{13} - C_{12} \\ &= 110 - 100 + 130 - 120 \\ &= 20 \end{aligned}$$

Jalur *stepping stone* X_{24} maka jalur pergerakannya pada kotak/sel dari gudang Pulogadung menuju customer SGP, sehingga perhitungannya menjadi:

$$\begin{aligned} X_{24} &= C_{24} - C_{14} + C_{13} - C_{23} \\ &= 120 - 130 + 130 - 100 \\ &= 20 \end{aligned}$$

Jalur *stepping stone* X_{21} maka jalur pergerakannya pada kotak/sel dari gudang Pulogadung menuju customer YGP, sehingga perhitungannya menjadi:

$$\begin{aligned} X_{21} &= C_{25} - C_{15} - C_{13} - C_{23} \\ &= 120 - 100 + 130 - 100 \\ &= 50 \end{aligned}$$

Hasil dari iterasi tersebut tidak terdapat lagi nilai negat maka proses perhitungan dinyatakan selesai. Alokasi produk rantai tipe-428 dari gudang ke customer menurut metode *Vogel Approximation* (VAM) yang diuji oleh metode *Stepping Stone* telah optimum dan biaya transportasinya dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4 *Transportation cost stepping stone*

Gudang	Customer	Alokasi Produk (Unit)	Biaya Transportasi Per-unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
Cileungsi	AOP	65.459	100	6.545.900
Cileungsi	KGP	300	120	36.000
Cileungsi	HGP	86.441	130	11.237.330
Cileungsi	SGP	11.659	130	1.515.670
Cileungsi	YGP	59.759	100	5.975.900
Pulogadung	HGP	148.168	100	14.816.800
Total Biaya				40.127.600

Maka, total biaya transportasi yang harus dikeluarkan PT. XYZ dengan metode *Stepping Stone* menggunakan Z adalah:

$$\begin{aligned}
 Z &= C_{11}.X_{11} + C_{12}.X_{12} + C_{13}.X_{13} + C_{14}.X_{14} + C_{15}.X_{15} + C_{23}.X_{23} \\
 &= 65.459(100) + 300(120) + 86.441(130) + 11.659(130) + 59759(100) + 148.168(100) \\
 &= \text{Rp.}6.545.900 + \text{Rp.}36.000 + \text{Rp.}11.237.330 + \text{Rp.}1.515.670 + \text{Rp.} 5.975.900 + \text{Rp.} 14.816.800 \\
 &= \text{Rp.} 40.127.600
 \end{aligned}$$

Solusi Optimum Metode Modified Distribution (MODI)

Metode MODI menghitung indeks untuk meningkat yang tidak mewakili jejak tertutup. Pencarian nilai sel pada *Modified Distribution* dilakukan dengan cara menambahkan satu baris contoh K_j yang menyatakan nilai setiap kolom K_1, K_2, \dots, K_j dan satu kolom sebagai R_i yang dinotasikan nilai tiap barisnya R_1, R_2, \dots, R_i . Nilai K_j dan R_i yang dicari hanya pada tiap baris $(m+n-1)$ dengan rumus

$$R_i + K_j = C_{ij} \tag{2}$$

Biaya pengangkutan satu unit barang dari (i) ke (j). Sedangkan untuk mencari nilai sel *non basic* menggunakan rumus (Ibnas et al., 2019)

$$C_{ij} - R_i - K_j \tag{3}$$

Hasil perhitungan biaya menggunakan metode MODI menghasilkan total biaya Rp 40.247.190,00.

Software LINGO

Perhitungan hasil optimum dengan solusi awal *Vogel Approximation (VAM)* dilanjut dengan metode solusi optimum *Stepping Stone* sebesar Rp.40.127.600. Maka penulis mencoba mencari hasil optimum menggunakan bantuan *software* untuk memverifikasi apakah perhitungan diatas sudah optimal dan dapat dikatakan valid. Disini *software* yang digunakan penulis yaitu *software* LINGO. Berikut penyelesaian dengan menggunakan *software* Lingo:

SETS:

```

Perusahaan/ Cileungsi Pulogadung/ :
Kapasitas;
Customer/ AOP KGP HGP SGP YGP/ :
Permintaan;
Rute (Perusahaan, Customer) : Biaya_Perunit,
Alokasi;
MIN = @SUM(Rute: Biaya_Perunit*Alokasi);
!Pembatas Permintaan;
@FOR(Customer(J):@SUM(Perusahaan(I):Alokasi(I,J))=Permintaan(J));
!Pembatas Kapasitas;
@FOR(Perusahaan(I):@SUM(Customer(J):Alokasi(I,J))<=Kapasitas(I));
!DATA:
Kapasitas = 223618 148168;
Permintaan = 65459 300 234609 11659 59759;
Biaya_Perunit = 100 120 130 130 100
120 110 100 120 120;
    
```

Diakhiri dengan mengetik *END*. Klik *Solve* atau *Ctrl U* kemudian akan muncul layar yang menyatakan bahwa model dapat diselesaikan dan klik *Close*. Jika terdapat *error* penulisan model maka akan muncul *window* (perintah) untuk perbaikan. Klik *close* lalu akan muncul tulisan *optimal solution*

Berdasarkan hasil dari pencarian *optimal solution* menggunakan *software* Lingo didapatkan hasil optimumnya adalah 0,401276 X 10⁸ atau sebesar Rp.40.127.600 dengan peta pengalokasiannya yaitu permintaan AOP dikirim oleh gudang Cileungsi 100%. Permintaan KGP dikirim dari gudang Cileungsi 100%. Permintaan HGP dikirim dari gudang Cileungsi 36,84% dan dari gudang Pulogadung 63,16%. Permintaan SGP dikirim dari gudang Cileungsi 100%. Dan permintaan YGP dikirim dari gudang Cileungsi 100%. Dari hasil penyelesaian Optimum

menggunakan Lingo, didapat bahwa perhitungan metode solusi optimum yang dilakukan oleh penulis sudah optimum dengan hasil optimalnya yaitu sebesar Rp.40.127.600. Koding dan hasil *software LINGO* sebagai berikut:

```

MODEL:
!PT. XYZ;
SETS:
Perusahaan/ Cileungsi Pulogadung/ : Kapasitas;
Customer/ AOP KGP HGP SGP YGP/ :
Permintaan;
Rute (Perusahaan, Customer) : Biaya_Perunit,
Alokasi;
ENDSETS
!Fungsi Tujuan;
MIN = @SUM(Rute: Biaya_Perunit*Alokasi);
!Kendala Permintaan;
@FOR(Customer(J) :
@SUM(Perusahaan(I) : Alokasi(I,J)) =
Permintaan(J));
!Kendala Kapasitas;
@FOR(Perusahaan(I):
@SUM(Customer(J): Alokasi (I,J)) <=
Kapasitas(I));
!Data;
DATA:
Kapasitas = 223618 148168;
Permintaan = 65459 300 234609 11659 59759;
Biaya_Perunit = 100 120 130 130 100
120 110 100 120 120;
ENDDATA
    
```

```

Global optimal solution found.
Objective value: 4.01276E+07
Infeasibilities: 0.000000
Total solver iterations: 0
Elapsed runtime seconds: 0.00

Model Class: LP

Total variables: 10
Nonlinear variables: 0
Integer variables: 0

Total constraints: 8
Nonlinear constraints: 0

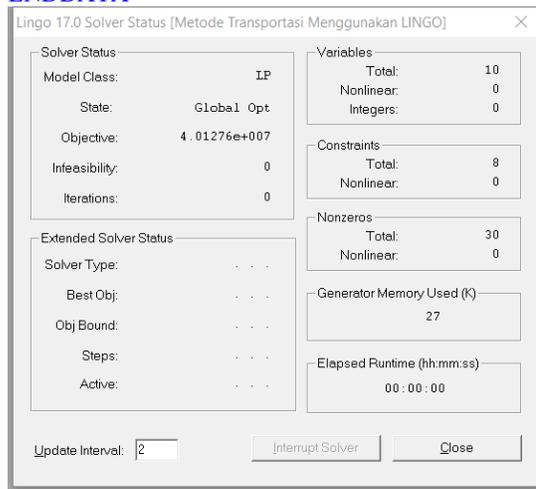
Total nonzeros: 30
Nonlinear nonzeros: 0

Variable Value
KAPASITAS ( CILEUNGSI) 223618.0
KAPASITAS ( PULOGADUNG) 148168.0
PERMINTAAN ( AGP) 65459.00
PERMINTAAN ( HGP) 300.0000
PERMINTAAN ( SGP) 234609.0
PERMINTAAN ( YGP) 11659.00
PERMINTAAN ( YGP) 59759.00
BIAYA_PERUNIT ( CILEUNGSI, AGP) 100.0000
BIAYA_PERUNIT ( CILEUNGSI, HGP) 120.0000
BIAYA_PERUNIT ( CILEUNGSI, SGP) 130.0000
BIAYA_PERUNIT ( CILEUNGSI, YGP) 130.0000
BIAYA_PERUNIT ( PULOGADUNG, AGP) 100.0000
BIAYA_PERUNIT ( PULOGADUNG, HGP) 110.0000
BIAYA_PERUNIT ( PULOGADUNG, SGP) 120.0000
BIAYA_PERUNIT ( PULOGADUNG, YGP) 120.0000
ALOKASI ( CILEUNGSI, AGP) 65459.00
ALOKASI ( CILEUNGSI, HGP) 86441.00
ALOKASI ( CILEUNGSI, SGP) 11659.00
ALOKASI ( CILEUNGSI, YGP) 59759.00
ALOKASI ( PULOGADUNG, AGP) 0.000000
ALOKASI ( PULOGADUNG, HGP) 0.000000
ALOKASI ( PULOGADUNG, SGP) 148168.0
ALOKASI ( PULOGADUNG, YGP) 0.000000
    
```

Gambar 5 Hasil *Software LINGO*

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas ini bertujuan sebagai seberapa besar perubahan yang terjadi apabila ada nilai parameternya yang diubah. Analisis sensitivitas untuk distribusi rantai roda tipe-428 ini dilakukan dengan menambah nilai kapasitas pada setiap gudang PT. XYZ sebanyak 90%, ini berfungsi untuk mengetahui sejauh mana perubahan kendala ini yang dihasilkan.



Gambar 4 Tampilan Hasil *LINGO*

Tabel 5 Perbedaan Jumlah Kapasitas Gudang

Plant Gudang	Sebelum	Sesudah
Cileungsi	223.618	424.875
Pulogadung	148.168	281.520

Ternyata, setelah dilakukan analisis sensitivitas dengan menambah nilai kapasitas pada setiap gudang PT. XYZ sebanyak 90%, terjadi penurunan biaya (terdapat pada lampiran 4) menjadi 0.3741478×10^8 atau sebesar Rp.37.414.780 dengan peta pengalokasiannya permintaan ke AOP dikirim dari gudang Cileungsi 100%. Permintaan YGP dikirim dari Cileungsi 100%. Permintaan KGP dikirim dari gudang Pulogadung 100%. Permintaan HGP dikirim dari gudang Pulogadung 100%, dan permintaan SGP dikirim dari gudang Pulogadung 100%

Perbandingan dengan Biaya Transportasi Awal

Sebelum menggunakan metode transportasi, biaya transportasi yang dikeluarkan PT. XYZ cukup besar dalam pendistribusian rantai roda tipe-428 selama tahun 2019 yaitu sebesar Rp.60.049.917/bulan. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode transportasi, didapat biaya pendistribusian selama tahun 2019 sebesar Rp.40.127.600/bulan

Tabel 6 Pengurangan Biaya Sebelum dan Sesudah Menggunakan Metode Transportasi

Biaya Sebelum Menggunakan Metode Transportasi	Rp.60.049.917
Biaya Sesudah Menggunakan Metode Transportasi	Rp.40.127.600
Pengurangan Biaya	Rp.19.922.317

Setelah adanya perhitungan pengalokasian produk rantai roda tipe-428 di PT. XYZ menggunakan metode transportasi, maka didapatkan pengurangan sebesar Rp.19.872.400/bulan. Dalam hal ini, maka terjadinya pengurangan biaya transportasi sebesar 33,17% perbulannya dari biaya transportasi sebelum menggunakan metode transportasi yang sebesar Rp.60.049.917/bulan.

4. Kesimpulan dan Saran

Metode transportasi yang terpilih untuk pendistribusian produk rantai roda tipe-428 adalah *Vogel Approximation* (VAM) sebesar Rp.40.127.600/bulan. Dilanjutkan dengan penentuan untuk mencari *optimal solution* menggunakan metode *Stepping Stone* dan *modified distribution*. Biaya yang optimal untuk roda rantai tipe – 428 menggunakan metode *Stepping stone* dengan biaya yang didapatkan

adalah Rp.40.127.600. Hasil perhitungan ini kemudian dibandingkan dengan *software* Lingo dan biaya yang dihasilkan dari *software* Lingo adalah sama dengan perhitungan manual Rp.40.127.600. Dengan demikian bahwa perhitungan yang dilakukan oleh peneliti sudah optimum. Dari perhitungan tersebut terjadi penurunan biaya transportasi yang sebelumnya sebesar Rp.60.049.917/bulan menjadi Rp.40.127.600/bulan atau terjadi penurunan biaya transportasi sebesar Rp.19.922.317 atau 33,17% dari total biaya transportasi semula.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, Purnamasari, I., & Nasution, Y. N. (2018). Penerapan Metode Vogel ' s Approximation Method (VAM) dan Modified Distribution (MODI) Dalam Penyelesaian Transshipment Problem Application Vogel ' s Approximation Method (VAM) and Modified Distribution (MODI) in Solving Transshipment Problem Pro. *Jurnal Ekspensial*, 9, 187–196.
- Akpan, S., Ugbe, T., Usen, J., & Ajah, O. (2015). A Modified Vogel Approximation Method for Solving Balanced Transportation Problems. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 14(3), 289–302.
- Alfianti, W., Kurnia, R., Oktaviani, R., & Fauzi, M. (2021). Penerapan Metode Modified Distribution (Modi) Untuk Optimalisasi Biaya Distribusi Produk Alat Kesehatan. *Jurnal Lebesgue : Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika*, 2(2), 166–179. <https://doi.org/10.46306/lb.v2i2.66>
- Chandra, T. (2016). Penerapan Algoritma North West Corner Dalam Penyelesaian Masalah Transportasi. *Jurnal TIMES*, 5(1), 12–16.
- Fatma, E., & Manurung, S. (2020). Optimasi Biaya Transportasi Komponen dengan Batasan Jendela Waktu Layanan Sempit dan Kapasitas Kendaraan Beragam. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 7(1), 30. <https://jrsi.sie.telkomuniversity.ac.id/JRSI/article/view/381>
- Feriza, Y., & Murni, D. (2020). *Optimasi Biaya Distribusi Pengiriman Beras Sejahtera pada Perum Bulog Divisi Regional*

Sumatera Barat dengan Kombinasi North West Corner Method (NWCM) dan Stepping Stone Method (SSM). 3(1), 95–100.

methods. *Journal of Xi'an University of Architecture & Technology*, 7(6), 1–10. <https://doi.org/10.37896/JXAT12.06/1980>

Haming, M., Ramlawati, Sutiyanti, & Imauddin. (2017). *Operation Research Teknik Pengambilan Keputusan Optimal*. Bumi Aksara.

Ibnas, R., Alwi, W., & Taufiq, A. (2019). Penerapan Metode Modified Distribution (Modi) Dalam Meminimalisasi Biaya Transportasi Pengiriman Barang Di Pt. Tirta Makmur Perkasa. *Jurnal MSA (Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya)*, 7(1), 5. <https://doi.org/10.24252/msa.v7i1.7501>

Murgani, R. (2019). Optimasi Biaya Pengiriman Buah Kelapa Sawit. *Jurnal Optimasi Teknik Industri*, 1(2), 35–41.

Putra, F. E., Purba, H. H., & Anggraeni, I. A. (2020). The optimization of distribution and transportation costs for common good products. *International Journal of Industrial Optimization*, 1(2), 111. <https://doi.org/10.12928/ijio.v1i2.2368>

Safari, L. M., Ceffi, M. S., & Suprpto, M. (2020). Optimasi Biaya Pengiriman Beras Menggunakan Model Transportasi Metode North West Corner (Nwc) Dan Software Lingo. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 6(3), 184–189. <https://doi.org/10.33197/jitter.vol6.iss3.2020.402>

Santoso, H. B., Indrasari, L. D., Komari, A., & Yudha, A. T. (2022). Optimasi Biaya Transportasi pada Jasa Distribusi Air Minum menggunakan Metode North West Corner. *Barometer*, 7(1), 404–411.

Septiana, M. A., Hidayattulloh, R., Machmudin, J., & Anggraeni, N. F. (2020). Optimasi Biaya Pengiriman Kelapa Menggunakan Model Transportasi Metode Stepping Stone. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 5(2), 111. <https://doi.org/10.33884/jrsi.v5i2.1909>

Taha, H. A. (2007). *Operations Research An Introduction; Eight Edition* (D. A. George (ed.); 8th Editio). Pearson Education, Inc.

Yadav, D., Boadh, R., Singh, R., & Rajoria, Y. K. (2020). A comparative analysis for the solution of transportation model by various