

# ANALISIS BIAYA PENGIRIMAN YANG OPTIMAL UNTUK MEMENUHI PERMINTAAN PRODUK DI GUDANG STO CAWANG MENGGUNAKAN METODE TRANSPORTASI

JHON KEVIN CHRISTOFEL<sup>1</sup>, BUDI SUMARTONO<sup>2</sup>, HARI MOEKTIWIBOWO<sup>1</sup>  
DAN WASPADA TEDJA BHIRAWA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta.

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Darma Persada, Jakarta.

## ABSTRAK

*PT. Telkom merupakan perusahaan publik yang bergerak di bidang teknologi informasi dan komunikasi. Pada tahun 2021, penjualan produk di STO Cawang mengalami peningkatan sehingga menyebabkan kekurangan stok produk. Jika terjadi kekurangan barang, gudang akan meminta dukungan dalam pengadaan barang dari STO lain. Namun saat ini STO Cawang masih belum menggunakan metode khusus untuk memperkirakan efisiensi pengiriman, sehingga seringkali menyebabkan tertundanya produk sampai ke konsumen dan juga meningkatkan biaya pengiriman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui metode yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan efisiensi transportasi, cara penerapan metode tersebut dan tingkat efisiensi yang akan dicapai setelah penggunaan.*

*Metode yang digunakan untuk menentukam sampel adalah metode sampling acak. Terdapat dua metode yang digunakan yaitu yang pertama untuk menghitung solusi awal menggunakan North West Corner Method. Kemudian untuk menghitung solusi akhir menggunakan metode Stepping Stone.*

*Dari perhitungan pada penyelesaian awal, ternyata biaya transportasi yang semula Rp 386. 700 dapat dikurangi menjadi Rp 310. 000, sehingga terjadi pengurangan biaya sebesar Rp 76. 400. Dari analisis pada penyelesaian akhir, ditemukan bahwa biaya transportasi telah turun dari Rp 386. 700 menjadi Rp 289. 700, mengalami penurunan sebesar Rp 88. 000 atau sekitar 23%.*

**Kata kunci :** *Transportasi, North West Corner, Stepping Stone, STO Cawang*

## PENDAHULUAN

PT. Telkom adalah perusahaan BUMN yang berfokus di bidang teknologi informasi dan komunikasi dan merupakan perusahaan yang pertama kali meluncur ke bidang tersebut (Ediyana, 2021). Pada tahun 2021, terdapat peningkatan penjualan produk modem internet sebesar 35% serta modem televisi sebesar 90% sehingga gudang di STO Cawang mengalami kekurangan produk di gudang (stock out).

Ketika mengalami stock out maka gudang di STO Cawang akan meminta bantuan persediaan produk dari STO lainnya. Namun, saat ini mereka tidak menggunakan metode tertentu untuk memperkirakan keefisienan transportasi yang digunakan. Karena hal itu banyak pelanggan yang mengeluh karena produk

sering terlambat diterima. Selain itu seiring berjalannya waktu PT. Telkom akan mengalami kerugian dikarenakan adanya pembengkakan biaya transportasi akibat jarak yang tidak diperhitungkan.

Hal yang dapat dilakukan agar dapat di temukan biaya transportasi yang optimal adalah dengan mengaplikasikan metode transportasi dalam proses pengambilan produk bantuan dari STO lainnya.

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini antara lain mengidentifikasi variabel yang mempengaruhi penerapan metode transportasi dalam pengoptimalan biaya transportasi, menerapkan metode transportasi tersebut ke dalam proses pengoptimalan biaya transportasi di STO Cawang dan menganalisis optimalisasi atau efisiensi dari penerapan metode transportasi tersebut.

## METODE

Transportasi merupakan usaha untuk melakukan pemindahan, penggerakan, pengangkutan atau pengalihan suatu objek dari suatu tempat ke tempat lain dimana di tempat lain ini objek tersebut memiliki manfaat yang lebih atau dapat digunakan untuk tujuan-tujuan tertentu (Miro, 2005).

Dikutip dari Priyambodo (2013), Proses transportasi merupakan gerakan dari tempat asal, dari mana proses ini membuat nilai barang lebih tinggi di tempat tujuan daripada nilai barang di tempat asal. Nilai ini bahkan lebih besar dari biaya yang diperlukan untuk pengangkutannya. Transportasi memberikan nilai berupa nilai tempat (place utility) dan nilai waktu (time utility). Kedua nilai ini diperoleh jika barang telah diangkut ke tempat dimana nilainya lebih tinggi dan dapat dimanfaatkan tepat pada waktunya.

Dalam proses pengangkutan tersebut menunjukkan bahwa unsur-unsur pengangkutan terdiri dari :

- Muatan yang diangkut,
- Kendaraan yang digunakan untuk mengangkut muatan,
- Jalan yang harus dilalui,
- Tempat asal muatan dan tempat tujuan muatan diangkut,
- Sumber daya manusia dan organisasi atau manajemen yang menggerakkan kegiatan transportasi tersebut (nasution, 2005).

### Sistem Transportasi

Sistem transportasi adalah suatu kesatuan komponen yang dapat memindahkan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan dan apabila salah satu unsur tidak ada maka sistem transportasi tidak dapat berjalan dengan baik.

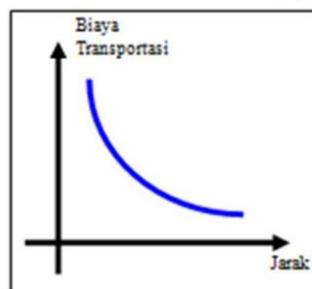
Sistem transportasi adalah persatuan elemen-elemen yang saling menopang satu sama lain dalam pengadaan transportasi. Menurut Khisty dan Lall (2003) elemen-elemen yang saling mendukung satu sama lain itu antara lain :

- Sarana perhubungan, maksudnya adalah jalur atau jalan raya yang menghubungkan dua titik (lokasi) atau lebih. Contoh dari sarana perhubungan yaitu pipa, jalan raya, terowongan, rel, dan lain-lain.
- Kendaraan, maksudnya sarana atau alat yang digunakan untuk proses pemindahan muatan atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya di sepanjang sarana perhubungan. Contoh transportasi : mobil, truk, kereta api, kapal, pesawat, dan lain-lain.
- Terminal, maksudnya titik-titik atau lokasi lokasi dimana muatan atau barang dimulai atau berakhir. Contoh : pabrik, gudang bongkar muat, bandara, garasi, dan lain-lain.
- Manajemen dan tenaga kerja, maksudnya sumber daya manusia / orang-orang yang melakukan proses pembuatan, pengoperasian, pengaturan dan pemeliharaan sarana perhubungan, kendaraan maupun terminal.

### Variabel Transportasi

Menurut Bowersox (2013), terdapat beberapa factor yang mempengaruhi transportasi antara lain:

- Jarak (Distance) Jarak adalah faktor yang paling mempengaruhi transportasi. Jarak transportasi akan berpengaruh langsung terhadap biaya-biaya variable seperti tenaga sopir, biaya bahan bakar minyak serta biaya pemeliharaan kendaraan.



Gambar 1. Grafik Hubungan Jarak dan Biaya Transportasi

- Grafik sebelumnya menunjukkan pengaruh jarak terhadap besarnya biaya transportasi. Semakin jauh jarak yang perlu ditempuh maka semakin besar biaya transportasinya. Grafik tersebut juga menunjukkan bahwa kurva tidak dimulai dari nilai nol, hal ini menyatakan bahwa dalam biaya transportasi terdapat biaya tetap (minimum) tanpa memandang berapa jarak yang ditempuh. Biaya tetap ini mencakup biaya sewa kendaraan atau biaya depresiasi kendaraan dan biaya gaji supervisor.
- b. Berat (Weight). Berat barang merupakan faktor kedua yang mempengaruhi transportasi. Semakin berat barang yang diangkut maka akan semakin besar biaya transportasinya. Namun demikian terdapat suatu titik tertentu dimana skala ekonomis akan terjadi. Skala ekonomis terjadi apabila efisiensi terhadap penggunaan sumber daya pada kapasitas utilitas tertentu (load factor) efisien.
  - c. Densitas (Density) Densitas adalah gabungan antara volume dan berat. Faktor densitas memiliki pengaruh yang penting karena biaya transportasi sering dinyatakan dalam satuan Rupiah per berat, sementara kapasitas kendaraan umumnya dibatasi oleh volume sehingga satuan berat kurang relevan dalam perhitungan biaya transportasi.

### **Biaya Transportasi**

Biaya transportasi adalah biaya yang digunakan oleh perusahaan untuk kegiatan pendistribusian hasil produksi. Faktor-faktor seperti kondisi jalan raya yang rusak, harga bahan bakar kendaraan yang tinggi dan kendaraan yang sering membawa muatan yang melebihi kapasitas muatan kendaraan sehingga membuat adanya peningkatan biaya pemeliharaan kendaraan dan bahan bakar yang akhirnya membuat biaya transportasi semakin tinggi.

### **Model Transportasi**

Model Transportasi merupakan suatu metode yang biasanya dipakai untuk mengontrol distribusi produk dari berbagai sumber yang menyediakan produk yang

sama ke berbagai tempat yang memiliki kebutuhan produk secara optimal. Dalam perancangan model transportasi dibutuhkan beberapa data yang mencakup:

- a. Tingkat penawaran untuk setiap sumber serta jumlah permintaan untuk setiap tujuan.
- b. Biaya yang dibutuhkan untuk mentransfer per unit barang dari setiap sumber ke setiap tujuan.

Langkah-langkah dalam penggunaan model transportasi ini yaitu:

- a. Identifikasi masalah diawali dengan mengenali sumber, tujuan, parameter, dan variabel.
- b. Informasi-informasi tersebut selanjutnya diterjemahkan ke dalam bentuk matriks transportasi dengan ketentuan sebagai berikut:
  - 1) Jika total kapasitas semua sumber lebih besar dibandingkan total jumlah permintaan maka perlu ditambahkan sebuah kolom dummy untuk menampung kelebihan kapasitas itu.
  - 2) Jika total kapasitas sumber lebih kecil dibandingkan total permintaan tujuan maka perlu ditambahkan sebuah baris untuk menyediakan kapasitas semu yang akan memenuhi kelebihan permintaan itu karena sudah jelas kelebihan permintaan itu tidak bisa dipenuhi.
- c. Setelah matriks transportasi terbentuk langkah berikutnya adalah menyusun tabel awal. Dalam hal ini penelitian menggunakan sebuah metode yang digunakan untuk menentukan alokasi distribusi awal yang akan membuat seluruh kapasitas sumber teralokasi ke seluruh tujuan. Metode yang digunakan yaitu Metode Sudut Barat Laut atau North West Corner Method (salah satu metode transportasi yang hasilnya belum tentu mengoptimalkan namun mudah untuk digunakan. Dalam metode ini dilakukan pengalokasian kapasitas produksi sumber (supply) dan permintaan tujuan (demand) secara berurutan dari sisi kiri teratas kemudian bergerak ke kanan bawah).

d. Langkah berikutnya setelah penyusunan tabel awal selesai, dilakukan pengujian optimalitas tabel sehingga diketahui apakah biaya distribusi total sudah minimum. Secara matematis, pengujian ini dilakukan untuk menjamin bahwa nilai fungsi

tujuan minimum telah tercapai. Metode perhitungan yang digunakan adalah Stepping Stone Method (metode yang digunakan untuk memperoleh solusi terhadap masalah transportasi berdasarkan biaya pabrik dan biaya transportasi).

**Tabel 1. Matriks Model Transportasi**

	$T_1$	$T_2$	...	$T_i$	$S$
$A_1$	$C_{11}$ $X_{11}$	$C_{12}$ $X_{12}$	...	$C_{1i}$ $X_{1i}$	$S_1$
$A_2$	$C_{21}$ $X_{21}$	$C_{22}$ $X_{22}$	...	$C_{2i}$ $X_{2i}$	$S_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$
$A_i$	$C_{i1}$ $X_{i1}$	$C_{i2}$ $X_{i2}$	...	$C_{ii}$ $X_{ii}$	$S_i$
$d$	$d_1$	$d_2$	...	$d_i$	

**Metode Transportasi**

Metode transportasi menurut Ardhayani (2017) merupakan suatu metode dipakai saat mengatur distribusi barang dari sumber-sumber tempat produk yang sama tersedia ke titik-titik yang memiliki kebutuhan terhadap produk.

Metode transportasi berkaitan dengan pendistribusian produk tunggal dari beberapa sumber dengan batasan penawaran ke beberapa tujuan dengan permintaan tertentu dengan biaya distribusi minimum (Simbolon dkk, 2014).

Dari pengertian-pengertian tersebut, dapat disimpulkan metode transportasi merupakan suatu metode yang dipakai untuk pendistribusian produk yang sama dari sumber yang menyediakan produk ke tempat yang membutuhkan produk secara optimal. Alokasi produk-produk tersebut harus dimanajemen dengan baik karena adanya perbedaan biaya alokasi dari sumber tertentu ke tempat tujuan tertentu.

**Metode Sudut Barat Laut Atau North West Corner Method**

- Dimulai dari sisi pojok barat laut Tabel. Lakukan pengalokasikan produk sebanyak mungkin pada  $X_{11}$  tanpa menyimpang dari jumlah persediaan dan permintaan.
- Langkah pertama akan menghabiskan jumlah persediaan sumber 1 dan atau permintaan pada tujuan 1. Sehingga tidak ada lagi produk yang butuh

dialokasikan baik kolom maupun baris yg telah dihabiskan. Selanjutnya, baris atau kolom itu diabaikan. Apabila pada baris atau kolom tidak ada permintaan lagi, maka selanjutnya pindahkanlah secara diagonal ke kotak berikutnya.

- Lanjutkan dengan cara yg sama sampai semua persediaan telah dihabiskan dan permintaan telah dipenuhi.

**Metode Stepping Stone**

Terdapat langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan metode Stepping Stone (Siringoringo, 2005):

- Mengisi table awal dengan metode solusi awal.
- Memilih sembarang sel kosong untuk diisi dengan syarat akan membentuk suatu loop yang akan berakhir dan berawal dari sel kosong, dimana sel yang masuk hanyalah sel yang akan diisi.
- Memberi tanda plus (+) pada sel kosong, tempatkan secara bergantian tanda plus (+) dan tanda minus (-) pada setiap kotak pada jalur tertutup yang akan dilalui.
- Menghitung indeks perbaikan dengan cara menambahkan biaya unit yang ditemukan setiap kotak berisi tanda plus (+) dilanjutkan dengan mengurangi biaya unit pada setiap kotak berisi tanda (-).

e. Mengulangi langkah ketiga dan keempat hingga sampai semua indeks yang dihitung lebih besar atau sama dengan nol, maka solusi optimal tercapai. Jika belum, maka dapat terus dilakukan peningkatan untuk mengurangi biaya pengiriman total.

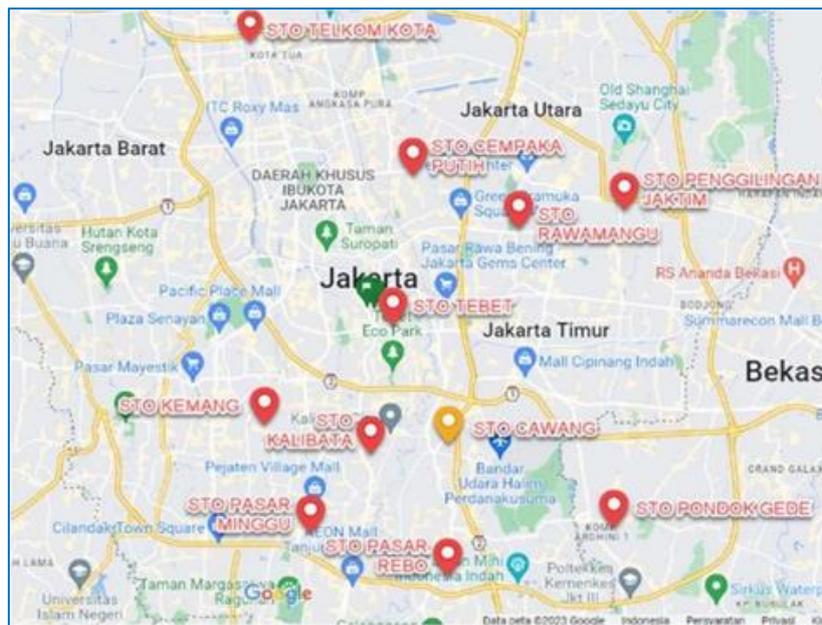
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sentra Telepon Otomat (STO) adalah fasilitas yang memiliki peran penting dalam mendukung aktivitas telekomunikasi. STO menghubungkan komunikasi telepon pelanggan dengan penyedia layanan telekomunikasi publik. Fasilitas ini dilengkapi dengan berbagai perangkat, termasuk rak kabinet, penyedia daya, extension card, trunk card, option card, dan lainnya.

Perangkat keras meliputi router, VoIP, PSTN, USB phone, IP phone, dan VoIP gateway. STO mengatur panggilan

masuk dan meneruskannya ke nomor tujuan, sehingga pengguna dapat melakukan panggilan ke nomor yang diinginkan. Selain itu, STO juga mencakup layanan internet protocol. Namun, STO rawan terhadap gangguan seperti kebakaran atau petir, yang memerlukan tindakan proteksi dari operator telekomunikasi. Gambaran jarak beberapa lokasi STO di daerah Jakarta dengan STO Telkom Cawang adalah sebagai berikut:

STO Telkom Kalibata	: ±5 km
STO Telkom Pondok Gede	: ± 9.8 km
STO Telkom Pasar Rebo	: ± 5.5 km
STO Telkom Pasar Minggu	: ± 8.8 km
STO Telkom Tebet	: ± 8.9 km
STO Telkom Rawamangun	: ± 12 km
STO Telkom Cempaka Putih	: ± 12 km
STO Telkom Kemang	: ± 7.6 km
STO Telkom Penggilingan Jaktim	: ± 17 km
STO Telkom Kota	: ± 26 km



**Gambar 3. Denah Beberapa Lokasi STO di Daerah Jakarta**

**Spesifikasi Produk**

Terdapat dua jenis produk yang akan dihitung biaya transportasinya yaitu :

- a. Modem Internet. Produk modem Internet ini merupakan salah satu perangkat yang digunakan dalam layanan yang menghadirkan Internet Fiber sehingga pelanggan mendapatkan koneksi internet yang

stabil dan dilengkapi dengan kualitas terbaik.

- b. Modem televisi . Produk modem televisi ini merupakan salah satu perangkat yang digunakan dalam layanan yang TV Interaktif dimana terdapat banyak pilihan channel yang berkualitas.

### Data Persediaan, Penjualan dan Kekurangan modem di STO Cawang

Data persediaan, penjualan dan kekurangan modem, data sisa stok, dan

biaya transportasi di STO cawang dijelaskan pada tabel 2, tabel 3, tabel 4, dan tabel 5.

**Tabel 2. Data Persediaan, Penjualan dan Kekurangan Modem Internet di STO Cawang tahun 2020**

Bulan	Persediaan	Penjualan	Kekurangan
Januari	1410	1109	0
Februari	1224	1506	282
Maret	1312	1428	116
April	1476	1470	0
Mei	1459	1422	0
Juni	1453	1411	0
Juli	1628	1800	172
Agustus	1688	1154	0
September	1387	1388	1
Oktober	1400	1467	67
November	1614	1565	0
Desember	1587	1718	131

**Tabel 3. Data Sisa Stock Modem di Beberapa STO Lainnya Tahun 2020**

Warehouse	Bulan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
STO Kalibata	23	50	27	39	0	29	21	49	1	0	21	33
STO Telkom Pondok Gede	27	50	19	42	56	0	16	49	19	15	0	15
STO Pasar Rebo	21	30	28	0	50	23	10	0	11	9	33	16
STO Pasar Minggu	24	65	20	47	24	30	15	51	11	20	37	11
STO Tebet	23	15	22	53	40	20	25	35	13	30	25	0
STO Rawamangun	29	17	40	0	36	20	35	35	18	19	28	10
STO Penggilingan	28	15	35	31	55	0	19	44	15	22	0	12
STO Cempaka Putih	27	18	25	26	0	20	37	48	17	40	26	20
STO Kemang	29	37	27	0	56	28	42	0	13	37	31	20
STO Kota	35	45	26	38	27	25	50	45	12	35	23	31

 : Stock yang dikirim ke STO Cawang

**Tabel 4. Data Biaya Transportasi dari Beberapa STO Lain ke STO Cawang tahun 2020**

Warehouse	Ongkos Kirim /Unit
STO Kalibata	Rp 1,500.00
STO Telkom Pondok Gede	Rp 1,700.00
STO Pasar Rebo	Rp 1,500.00
STO Pasar Minggu	Rp 1,700.00
STO Tebet	Rp 1,700.00
STO Rawamangun	Rp 2,000.00
STO Penggilingan Jaktim	Rp 2,100.00
STO Cempaka Putih	Rp 1,700.00
STO Kemang	Rp 2,500.00
STO Kota	Rp 3,500.00

**Tabel 5. Data Biaya Transportasi Pemenuhan Kekurangan Stock Barang Di STO Cawang Tahun 2020**

Bulan	Biaya Transportasi Per Bulan	
Januari	Rp	-
Februari	Rp	479,900.00
Maret	Rp	186,200.00
April	Rp	-
Mei	Rp	-
Juni	Rp	-
Juli	Rp	386,700.00
Agustus	Rp	73,500.00
September	Rp	1,500.00
Oktober	Rp	122,700.00
November	Rp	31,500.00
Desember	Rp	274,700.00

**Pembahasan**

Berdasarkan data yang ada dibuat matriks transportasi Berdasarkan Tabel 2 , Tabel 3 tabel 4 dan Tabel 5 sehingga diketahui biaya pengiriman setiap unit, jumlah kekurangan stock di STO Cawang

pada Juli dan data sisa stock produk di STO lainnya pada Juli, sehingga keseluruhan data tersebut dapat disusun menjadi matriks seperti terlihat pada tabel 6.

**Tabel 6. Matriks Biaya Transportasi**

GUDANG	PERMINTAAN		
	STO CAWANG	DUMMY	TOTAL STOCK
STO Kalibata	1500	0	21
STO Pondok Gede	1700	0	10
STO Pasar Rebo	1500	0	16
STO Pasar Minggu	1700	0	15
STO Tebet	1700	0	25
STO Rawamangun	2000	0	35
STO Cempaka Putih	2100	0	37
STO Kemang	1700	0	42
STO Penggilingan Jaktim	2500	0	19
STO Kota	3500	0	50
<b>TOTAL DEMAND</b>	<b>172</b>	<b>98</b>	<b>270</b>

Dari matriks yang sudah disusun sebelumnya maka data-data dalam matriks dalam diformulasikan ke dalam model matematis seperti di bawah ini: Min:

$$Z = C \times X$$

$$Z = 1500X_{1,1} + 1700X_{2,1} + 1500X_{3,1} + 1700X_{4,1} + 1700X_{5,1} + 2000X_{6,1} + 2100X_{7,1} + 1700X_{8,1} + 2500X_{9,1} + 3500X_{10,1} + 0X_{1,2} + 0X_{2,2} + 0X_{3,2} + 0X_{4,2} + 0X_{5,2} + 0X_{6,2} + 0X_{7,2} + 0X_{8,2} + 0X_{9,1} + 0X_{10,2}$$

Dengan fungsi kendala :  
Warehouse :

$$\begin{aligned} \text{STO Kalibata} & : X_{11} + X_{12} = 21 \\ \text{STO Pondok Gede} & : X_{21} + X_{22} = 10 \\ \text{STO Pasar Rebo} & : X_{31} + X_{32} = 16 \\ \text{STO Pasar Minggu} & : X_{41} + X_{42} = 15 \\ \text{STO Tebet} & : X_{51} + X_{52} = 25 \\ \text{STO Rawamangun} & : X_{61} + X_{62} = 35 \\ \text{STO Cempaka Putih} & : X_{71} + X_{72} = 37 \\ \text{STO Kemang} & : X_{81} + X_{82} = 42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{STO Penggilingan Jaktim} & : X_{91} + X_{92} = 19 \\ \text{STO Kota} & : X_{101} + X_{102} = 50 \end{aligned}$$

Kekurangan Stock :

$$\text{STO Cawang} : X_{1,1} + X_{2,1} + X_{3,1} + X_{4,1} + X_{5,1} + X_{6,1} + X_{7,1} + X_{8,1} + X_{9,1} + X_{10,1} = 172$$

$$\text{Dummy} : X_{1,2} + X_{2,2} + X_{3,2} + X_{4,2} + X_{5,2} + X_{6,2} + X_{7,2} + X_{8,2} + X_{9,2} + X_{10,2} = 98$$

Perhitungan North West Corner Method Solusi awal dengan metode Sudut Barat Laut atau North West Corner dilakukan dengan mengalokasikan kapasitas sisa stock modem di STO lainnya (supply) dan kekurangan stock modem di STO Cawang (demand) secara berurutan dari sisi kiri teratas kemudian bergerak ke kanan bawah. Adapun proses perhitungannya adalah sebagai berikut:

**Tabel 7. Solusi Awal Matriks Biaya Transportasi dengan Metode North West Corner**

GUDANG	PERMINTAAN			TOTAL STOCK
	STO CAWANG	DUMMY		
STO Kalibata	21	1500	0	21
STO Pondok Gede	10	1700	0	10
STO Pasar Rebo	16	1500	0	16
STO Pasar Minggu	15	1700	0	15
STO Tebet	25	1700	0	25
STO Rawamangun	35	2000	0	35
STO Cempaka Putih	37	2100	0	37
STO Kemang	13	1700	29	42
STO Penggilingan Jaktim		2500	19	19
STO Kota		3500	50	50
<b>TOTAL DEMAND</b>		<b>172</b>	<b>98</b>	<b>270</b>

$$\begin{aligned} \text{Biaya Transportasi} = & 1500X_{1,1} + 1700X_{2,1} + 1500X_{3,1} + 1700X_{4,1} + 1700X_{5,1} \\ & + 2000X_{6,1} + 2100X_{7,1} + 1700X_{8,1} + 2500X_{9,1} + 3500X_{10,1} + 0X_{1,2} + 0X_{2,2} + 0X_{3,2} \\ & + 0X_{4,2} + 0X_{5,2} + 0X_{6,2} + 0X_{7,2} + 0X_{8,2} + 0X_{9,1} + 0X_{10,2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Transportasi} = & 1500(21) + 1700(10) + 1500(16) + 1700(15) + 1700(25) + 2000(35) + \\ & 2100(37) + 1700(13) + 2500(0) + 3500(0) + 0(0) + 0(0) + 0(0) + 0(0) + 0(0) + 0(0) + \\ & 0(29) + 0(19) + 0(50) = 310,300 \end{aligned}$$

Perhitungan Stepping Stone

**Tabel 8. Loop Pertama Perhitungan Solusi Akhir Menggunakan Metode Stepping Stone**

GUDANG	PERMINTAAN		
	STO CAWANG		DUMMY
STO Kalibata	21	1500	0
STO Pondok Gede	10	1700	0
STO Pasar Rebo	16	1500	0
STO Pasar Minggu	15	1700	0
STO Tebet	25	1700	0
STO Rawamangun	35	2000	0
STO Cempaka Putih	37	2100	0
STO Kemang	13	1700	0
STO Penggilingan Jaktim		2500	0
STO Kota		3500	0
TOTAL DEMAND	172		98

Catatan:

loop untuk percontohan dibuat beberapa saja karena apabila keseluruhan loop dibuat di dalam tabel akan membuat pembaca lebih bingung

Perhitungan Loop putaran pertama:

- $C_{12} - C_{11} - C_{81} - C_{82} = 0 - 1500 + 1700 - 0 = 200$
  - $C_{22} - C_{21} - C_{81} - C_{82} = 0 - 1700 + 1700 - 0 = 0$
  - $C_{32} - C_{31} - C_{81} - C_{82} = 0 - 1500 + 1700 - 0 = 200$
  - $C_{42} - C_{41} - C_{81} - C_{82} = 0 - 1700 + 1700 - 0 = 0$
  - $C_{52} - C_{51} - C_{81} - C_{82} = 0 - 1700 + 1700 - 0 = 0$
- 
- $C_{62} - C_{61} - C_{81} - C_{82} = 0 - 2000 + 1700 - 0 = -300$
  - $C_{72} - C_{71} - C_{81} - C_{82} = 0 - 2100 + 1700 - 0 = -400$
  - $C_{91} - C_{92} - C_{82} - C_{81} = 2500 - 0 + 0 - 1700 = 800$
  - $C_{10,1} - C_{10,2} - C_{82} - C_{81} = 3500 - 0 + 0 - 1700 = 1800$

Dari perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa loop yang memiliki nilai yang paling negative adalah loop kedelapan. Yang memiliki tanda negative adalah sel

- $C_{72} = 0 + 29 = 29$
- $C_{71} = 37 - 29 = 8$
- $C_{81} = 13 + 29 = 42$
- $C_{82} = 29 - 29 = 0$

$C_{71}$  dan sel  $C_{82}$ , namun yang memiliki nilai terkecil yaitu sel  $C_{82}$  sebesar 29. Maka harus dilakukan pengalokasian dengan cara sebagai berikut:

**Tabel 9. Loop Kedua Perhitungan Solusi Akhir Menggunakan Metode Stepping Stone**

GUDANG	PERMINTAAN			
	STO CAWANG	DUMMY	TOTAL STOCK	
STO Kalibata	21	1500	0	21
STO Pondok Gede	10	1700	0	10
STO Pasar Rebo	16	1500	0	16
STO Pasar Minggu	15	1700	0	15
STO Tebet	25	1700	0	25
STO Rawamangun	35	2000	0	35
STO Cempaka Putih	8	2100	29	37
STO Kemang	42	1700	0	42
STO Penggilingan Jaktim		2500	19	19
STO Kota		3500	50	50
<b>TOTAL DEMAND</b>	<b>172</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>270</b>

$$\begin{aligned} \text{Biaya Transportasi} = & 1500X_{1,1} + 1700X_{2,1} + 1500X_{3,1} + 1700X_{4,1} + 1700X_{5,1} \\ & + 2000X_{6,1} + 2100X_{7,1} + 1700X_{8,1} + 2500X_{9,1} + 3500X_{10,1} + 0X_{1,2} + 0X_{2,2} + 0X_{3,2} \\ & + 0X_{4,2} + 0X_{5,2} + 0X_{6,2} + 0X_{7,2} + 0X_{8,2} + 0X_{9,1} + 0X_{10,2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Transportasi} = & 1500(21) + 1700(10) + 1500(16) + 1700(15) + 1700(25) + 2000(35) + \\ & 2100(8) + 1700(42) + 2500(0) + 3500(0) + 0(0) + 0(0) + 0(0) + 0(0) + 0(0) + 0(0) + 0(0) + 0(29) \\ & + 0(19) + 0(50) = 298,700 \end{aligned}$$

Hasil ini masih perlu melalui proses perhitungan loop lagi untuk memastikan apakah masih ada loop yang bernilai negatif. Perhitungan Loop putaran kedua:

- $C_{12} - C_{11} - C_{71} - C_{72} = 0 - 1500 + 2100 - 0 = 600$
- $C_{22} - C_{21} - C_{71} - C_{72} = 0 - 1700 + 2100 - 0 = 400$
- $C_{32} - C_{31} - C_{71} - C_{72} = 0 - 1500 + 2100 - 0 = 600$
- $C_{42} - C_{41} - C_{71} - C_{72} = 0 - 1700 + 2100 - 0 = 400$
- $C_{52} - C_{51} - C_{71} - C_{72} = 0 - 1700 + 2100 - 0 = 400$
- $C_{62} - C_{61} - C_{71} - C_{72} = 0 - 2000 + 2100 - 0 = 100$
- $C_{82} - C_{72} - C_{71} - C_{81} = 0 - 0 + 2100 - 1700 = 400$
- $C_{91} - C_{92} - C_{72} - C_{71} = 2500 - 0 + 0 - 2100 = 400$
- $C_{10,1} - C_{10,2} - C_{72} - C_{71} = 3500 - 0 + 0 - 2100 = 1400$

Pada perhitungan loop putaran kedua tidak ditemukan nilai yang negative maka dapat disimpulkan bahwa hasil dari susunan matriks terbaru merupakan solusi yang paling optimal. Berdasarkan tabel hasil perhitungan di atas diketahui bahwa jika menggunakan metode North West Corner perhitungan lebih cepat karena proses penempatan unit yang akan dikirimkan ke STO Cawang tidak terlalu rumit. Sementara, pada metode Stepping Stone perhitungan lebih lama karena proses penempatan unit lebih rumit akibat terdapat pertimbangan dari segi biaya pendistribusian.

Pernyataan di atas juga membuat kita menyadari mengapa penggunaan

metode Stepping Stone lebih optimal (ditunjukkan dengan total biaya transportasi yang lebih murah dengan selisih sebesar Rp 88.000 dan pengurangan biaya transportasi sebesar 23%) dibandingkan dengan metode North West Corner (total biaya transportasi lebih mahal dengan selisih hanya sebesar Rp 76,400 dan pengurangan biaya transportasi sebesar 20.72%). Hal ini diperjelas lagi dengan fakta bahwa pada tabel perhitungan North West Corner tidak mengalokasikan produk sebanyak mungkin pada kotak sel yang memiliki biaya transportasi paling terkecil.

**Tabel 10. Perbandingan Metode North West Corner dan Metode Stepping Stone**

GUDANG	North West Corner			Stepping Stone		
	STO CAWANG	DUMMY	TOTAL STOCK	STO CAWANG	DUMMY	TOTAL STOCK
STO Kalibata	21	1500	0	21	1500	0
STO Pondok Gede	10	1700	0	10	1700	0
STO Pasar Rebo	16	1500	0	16	1500	0
STO Pasar Minggu	15	1700	0	15	1700	0
STO Tebet	25	1700	0	25	1700	0
STO Rawamangun	35	2000	0	35	2000	0
STO Cempaka Putih	37	2100	0	8	2100	29
STO Kemang	13	1700	29	42	1700	0
STO Penggilingan Jaktim		2500	19		2500	19
STO Kota		3500	50		3500	50
<b>TOTAL DEMAND</b>	172		98	172		98
			270			270

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis hasil pengolahan data, kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

- a. Biaya transportasi yang optimal untuk pemenuhan kekurangan barang di STO Cawang dengan menerapkan metode transportasi. Terdapat tiga variabel yang mempengaruhi penerapan metode transportasi dalam pengoptimalan biaya transportasi antara lain Persediaan (Supply), Permintaan (Demand) dan Biaya Transportasi per unit, dimana biaya transportasi tersebut dipengaruhi oleh jarak tempuh.
- b. Data yang digunakan untuk perhitungan adalah sampel data pada tahun 2020 tepatnya data pada bulan Juli. Sebelum menggunakan metode transportasi diketahui biaya transportasi pada bulan Juli 2020 sebesar Rp 386,700.00. Sementara hasil perhitungan biaya transportasi pada Solusi Awal dengan metode North West Corner sebesar Rp 308,350.00, jika dibandingkan dengan biaya transportasi awal maka terdapat selisih sebesar Rp 76,400.00 dengan pengurangan biaya sebesar 20.72%. Kemudian hasil perhitungan biaya transportasi pada Solusi Akhir dengan metode Stepping Stone adalah sebesar Rp 298,700.00, jika dibandingkan dengan biaya transportasi awal maka terdapat selisih sebesar Rp 88,000.00

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardhayani, I. W. 2017. **Mengoptimalkan Biaya Distribusi Pakan Ternak dengan menggunakan Metode Transportasi (Studi Kasus di PT. X Krian)**. *Teknika : Engineering and Sains Journal*, Vol.1, No.2, 95-100
- Arianto, Basuki, 2020, **Sistem Distribusi, Logistik dan Supply Chain dengan Metode Lean Distribution**, *Jurnal Mitra Manajemen*, Volume 4, Nomor 1, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta.
- Bowersox et al., 2013, **Supply Chain Logistics Management**, Fourth Editon.
- Havaldar & Khrisna, K. 2005. **Industrial Marketing**. 2ndEdition, Singapore, Mc-Graw Hill.
- Irawati, M. D. 2018. **Penerapan Metode Potensial dalam Menentukan Biaya Distribusi Minimum (Studi Kasus : CV. Agro Nusantara)**. Penelitian. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Fakultas Sains dan Teknologi. Kertiasih, N. K. 2009 . **Penggunaan Metode Transportasi dalam Program Linier untuk Pendistribusian Barang**. *JPTK, UNDIKSHA*, Vol. 6, No.2, 27 - 35.
- Novrianto, B. 2018. **Penerapan Model Transportasi untuk Meminimalkan Biaya Distribusi pada CV DH Permata Sentosa**. Penelitian. Padang : Yayasan Muhammad Yamin STTIND
- Nurhidayat Arizal, Arianto Basuki, dan Bhirawa Waspada Tedja, 2021, **Optimalisasi Pembangunan Proyek Apartemen SGC Cibubur Dengan Menggunakan Metode Precedence Diagram Method (PDM)**, *Jurnal Teknik Industri*, Volume 10, Nomor 1, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta.
- Nurhidayati, R., dkk. 2021. **Minimasi Biaya Distribusi Makanan Ringan pada UKM Marcuy dengan Metode Stepping Stone, Least Coast, VAM dan MODI**. *Jurnal Studi Ilmu Manajemen dan Organisasi (SIMO)*, Vol. 2, No.2 : 167 - 181. Simbolon, L. D. 2021. **Pengendalian Persediaan**. Medan : Forum Pemuda Aswaja
- Pratama Randy Anzas, Arianto Basuki, dan Meladiyani Ervini, 2021, **Penjadwalan Produksi Agregat Dengan Metode Model Transportasi Guna Mengoptimalkan Produksi**, *Jurnal Teknik Industri*, Volume 10, Nomor 1, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta.
- Stice, J. D. & Skousen, F. 2009. **Akuntansi Keuangan Menengah**, Edisi 16, Buku 2. Edisi Bahasa Indonesia.
- Tumanggor, A. A., 2017. **Optimalisasi Biaya Distribusi Barang dengan Menggunakan Model Transportasi pada PT. Bina Agro Nusantara**. Penelitian. Padang : Yayasan Muhammad Yamin STTIND