

## ***Product Delivery Distribution Route Design at UD. XYZ Use the Saving Matrix Method to Minimize Distribution Costs***

### **Perancangan Rute Distribusi Pengiriman Produk Pada UD. XYZ Menggunakan Metode Saving Matrix Untuk Meminimasi Biaya Distribusi**

Asyifa Freda Salsa Billa<sup>1\*</sup>, Nova Indah Saragih<sup>1</sup>, Prafajar Suksessanno Muttaqin<sup>1</sup>

#### **Abstract**

*One of the problems that frequently happen in distribution management is the Vehicle Routing Problem (VRP). VRP aims to create an optimal route, which has a minimum total distance to meet consumer demand. This problem is being experienced by UD. XYZ which causes cost overruns. The purpose of this study is to design product distribution routes to minimize distribution costs at UD. XYZ. The method used is a saving matrix with a dynamic program approach, nearest neighbor, and nearest insertion. Furthermore, the analysis of the sensitivity of the load and fuel is carried out. The saving matrix method with a dynamic program approach is able to reduce the distance traveled per week from 184.44 km to 136.65 km. In addition, the dynamic approach is also able to reduce distribution costs by 15.16% or Rp. 36,559.35 per week with distribution costs for the existing condition of Rp. 241.096.60 to Rp. 204.537.25.*

#### **Keywords**

*Distribution Costs, Distribution Routes, Saving Matrix, Vehicle Routing Problem*

#### **Abstrak**

Salah satu permasalahan yang sering dialami dalam manajemen distribusi adalah Vehicle Routing Problem (VRP). VRP bertujuan untuk membuat suatu rute yang optimal, yaitu memiliki total jarak minimum dalam memenuhi permintaan konsumen. Permasalahan ini sedang dialami oleh UD. XYZ yang menyebabkan pembengkakan biaya. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang rute distribusi produk untuk meminimasi biaya distribusi pada UD. XYZ. Metode yang digunakan *saving matrix* dengan pendekatan program dinamis, nearest neighbor, dan nearest insertion. Selanjutnya dilakukan analisis sensitifitas muatan dan bahan bakar. Metode *saving matrix* dengan pendekatan program dinamis mampu memperkecil jarak tempuh per minggu yang semula 184,44 km menjadi 136,65 km. Selain itu pendekatan dinamis juga mampu menurunkan biaya distribusi sebesar 15,16% atau Rp36.559,35 per minggu dengan biaya distribusi kondisi saat ini Rp241.096,60 menjadi Rp204.537,25.

#### **Kata Kunci**

Biaya Distribusi, Rute Distribusi, Saving Matrix, Vehicle Routing Problem.

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi No. 1, Terusan Buah Batu, Bandung, Jawa Barat 40257

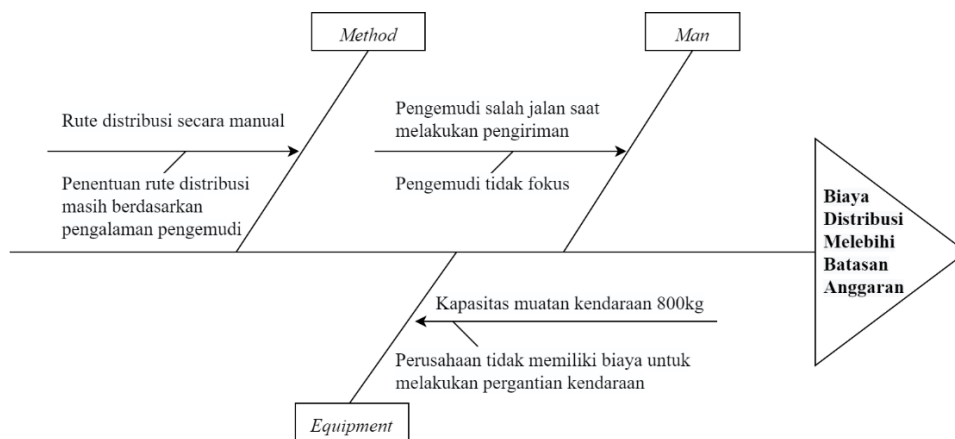
\*asyifafreda@student.telkomuniversity.ac.id

Submitted : September 04, 2022. Accepted : September 13, 2022. Published : September 15, 2022.

## PENDAHULUAN

Distribusi merupakan langkah-langkah yang diambil oleh perusahaan untuk memindahkan maupun menyimpan produk dari tahap pemasok hingga konsumen dalam rangkaian rantai pasok. Pemandahan bahan mentah dan komponen dilakukan dari pemasok ke produsen, sedangkan untuk produk jadi dilakukan pemindahan dari produsen ke konsumen. Kegiatan distribusi dalam perusahaan mempengaruhi biaya rantai pasok serta nilai pelanggan secara langsung, sehingga kegiatan distribusi memiliki dampak besar bagi profitabilitas perusahaan [1]. Memiliki sistem manajemen distribusi yang baik juga penting bagi bisnis untuk tetap kompetitif dan membuat pelanggan tetap puas. Manajemen distribusi yang buruk dapat menyebabkan perusahaan mengalami kerugian dikarenakan biaya distribusi yang tidak optimal serta apabila terjadi keterlambatan, maka tidak menutup kemungkinan akan membuat pelanggan tidak puas dan beralih berlangganan ke competitor [2].

Permasalahan dalam distribusi ini sedang dialami oleh UD. XYZ yang merupakan salah satu produsen gondorukem yang berlokasi di Kota Pekalongan. Hal tersebut dikarenakan sejak pertengahan tahun 2021, UD. XYZ memutuskan untuk mulai memberikan pelayanan pengiriman tanpa biaya untuk tiap konsumennya. Pelayanan pengiriman tanpa biaya kirim menjadi salah satu faktor utama yang dipertimbangkan sebagai keputusan pembelian oleh konsumen [3]. Namun, dengan ditetapkannya keputusan tersebut maka perusahaan harus mengeluarkan anggaran khusus pengiriman atau dapat disebut dengan biaya distribusi. UD. XYZ menetapkan batasan anggaran untuk melakukan pengiriman sebesar Rp210.000,00 setiap minggunya. Akan tetapi pada implementasinya, biaya distribusi yang dikeluarkan oleh perusahaan melebihi batasan anggaran yang telah ditetapkan. Adapun permasalahan yang menjadi penyebab biaya distribusi melebihi batasan anggaran tersebut disebabkan oleh beberapa hal yang dapat dilihat dari *fishbone* diagram yang tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. *Fishbone* Diagram

Gambar 1 memperlihatkan akar permasalahan yang menjadi penyebab biaya distribusi yang dikeluarkan oleh perusahaan melebihi batasan anggaran. Pada bagian metode, rute distribusi ditentukan secara manual berdasarkan pengalaman pengemudi dapat menyebabkan jarak tempuh menjadi lebih besar sehingga biaya distribusi akan meningkat [4]. Selain itu, pada bagian equipment, adanya keterbatasan kapasitas angkut kendaraan dalam melakukan pengiriman barang. Pada bagian manusia, terdapat kesalahan yang diakibatkan oleh manusia, yaitu kesalahan pemilihan jalan saat melakukan pengiriman. Permasalahan yang terjadi pada UD XYZ dapat diklasifikasikan sebagai permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP).

Masalah dalam menentukan rute yang paling optimal biasanya disebut dengan *Vehicle Routing Problem* atau biasa disebut VRP. VRP bertujuan untuk membuat suatu rute yang optimal, yaitu memiliki total jarak minimum dalam memenuhi permintaan konsumen serta

menggunakan kendaraan dalam jumlah terbatas dengan lokasi dan jumlah permintaan yang telah diketahui [5]. Kesalahan dalam penentuan rute distribusi merupakan hal yang fatal. Pasalnya hal tersebut dapat mereduksi keuntungan perusahaan, dan tidak menutup kemungkinan terjadi kerugian [6]. Dalam upaya minimasi biaya distribusi, maka perusahaan perlu memperhatikan sistem jaringan transportasi yang ada. Agar tercipta sebuah rute distribusi yang efektif, maka salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Saving Matrix*.

*Saving Matrix* dikenalkan oleh Clarke dan Wright pada tahun 1964 sebagai solusi penyelesaian masalah terkait rute kendaraan, yang disebut sebagai permasalahan klasik dari rute kendaraan [7][8]. Metode ini didasari oleh konsep penghematan (*saving*), yaitu menggabungkan dua lokasi ke dalam suatu rute untuk meminimumkan jarak dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada [9]. Dengan menggunakan metode *saving matrix* ini total jarak yang ditempuh oleh suatu rute pengiriman dapat diminimasi. Minimasi total jarak tempuh rute pengiriman tersebut akan berbanding lurus dengan menurunnya biaya distribusi. Penelitian yang dilakukan oleh Winny Andalia, Devie Oktarini, dan Siti Humairoh pada tahun 2021 mengatakan bahwa metode *Saving Matrix* mampu mengurangi jarak tempuh serta mampu meminimasi biaya distribusi [10]. Selain itu juga penelitian yang dilakukan oleh Suparmi, Hardi Suyitno, dan Isnaini pada tahun 2020 mengungkapkan bahwa metode *nearest insertion* merupakan metode yang paling optimal dalam mengurangi jarak tempuh suatu rute kendaraan [11]. Berdasarkan penelitian tersebut, peneliti ingin menerapkan metode *saving matrix* dengan pendekatan program dinamis, *nearest neighbor*, dan *nearest insertion*.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang rute distribusi produk untuk meminimasi biaya distribusi pada UD. XYZ. Penelitian ini penting dilakukan dikarenakan rute distribusi saat ini menghabiskan biaya distribusi yang cukup banyak dan melebihi anggaran. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data yang berasal dari UD. XYZ. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *saving matrix* dengan pendekatan program dinamis, *nearest neighbor*, dan *nearest insertion*. Selanjutnya dilakukan analisis sensitifitas untuk mencari ketepatan yang dapat ditoleransi dari hasil rute distribusi yang telah direncanakan. Hasil dari penelitian ini adalah rute distribusi baru yang mampu meminimasi biaya distribusi. Sehingga dari hasil penelitian yang didapatkan tersebut dapat digunakan sebagai referensi dalam perancangan ulang rute distribusi.

## METODE PENELITIAN

Objek pada penelitian ini yaitu UD. XYZ yang merupakan sebuah usaha daerah di Kota Pekalongan yang memproduksi gondorukem dan menjadi supplier untuk pengrajin batik maupun pengrajin malam. UD XYZ bertanggungjawab untuk memberikan pasokan gondorukem ke 52 konsumen dengan sejumlah permintaan yang telah disepakati. Identifikasi permasalahan dilakukan dengan melakukan observasi secara langsung di lokasi dan wawancara semi-terstruktur. Wawancara dilakukan kepada pemilik usaha UD XYZ untuk mengetahui kondisi saat ini distribusi pengiriman produk ke pelanggan. Selain itu terdapat beberapa data yang diambil dari UD. XYZ tersebut seperti data permintaan konsumen, kapasitas kendaraan, lokasi pengiriman, jarak antar gudang dengan konsumen, jarak antar konsumen, dan biaya. Setelah mendapatkan beberapa data tersebut, peneliti melakukan perancangan ulang rute distribusi menggunakan metode *saving matrix*. Setelah itu peneliti mengurutkan rute menggunakan pendekatan program dinamis, *nearest neighbor*, dan *nearest insertion* serta dilakukan juga perhitungan biaya distribusi. Tujuan dari pengurutan rute ini adalah untuk minimasi total jarak tempuh dari keseluruhan rute dan menyesuaikan kapasitas kendaraan agar tidak melebihi muatan yang ditetapkan. Sehingga dari analisis tersebut akan didapatkan biaya distribusi yang rendah [6]. Dari analisis tersebut akan didapatkan hasil rute distribusi pengiriman yang paling baik. Dari hasil tersebut dilakukan analisis sensitifitas

muatan dan bahan bakar. Analisis sensitifitas dilakukan bertujuan untuk mencari ketepatan yang dapat ditoleransi dari hasil rute distribusi yang telah direncanakan.

### Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini berasal dari UD. XYZ dimana beberapa data yang didapatkan adalah sebagai berikut:

#### 1. Data Permintaan Konsumen

UD XYZ bertanggungjawab untuk memberikan pasokan gondorukem ke 52 konsumen dengan sejumlah permintaan yang telah disepakati. Setiap konsumen memiliki jumlah permintaan yang berbeda. Data permintaan yang digunakan pada penelitian ini ialah data permintaan per bulan Juni 2022. Hal tersebut dikarenakan pada bulan Juni 2022 terjadi pembaruan kesepakatan antara perusahaan dengan beberapa konsumen terkait jumlah permintaan produk per minggu.

#### 2. Data Kapasitas Kendaraan

Data ini berupa jenis kendaraan yang digunakan dalam melakukan pengiriman [12]. Adapun kendaraan yang digunakan pada UD. XYZ adalah sebuah mobil pickup berjenis Mitsubishi Colt T120 keluaran tahun 1979 dengan kapasitas angkut 800kg. Rasio penggunaan bahan bakar dari kendaraan ini ialah 1:10, atau setiap satu liter bensin dapat menempuh 10km perjalanan.

#### 3. Data Lokasi

Data lokasi berupa alamat gudang, konsumen serta latitude dan longitude dari masing-masing lokasi untuk digunakan dalam pencarian matriks jarak.

#### 4. Data Jarak

Data jarak yang digunakan adalah data jarak antara gudang dengan konsumen serta jarak antara konsumen dengan konsumen lain. Data ini akan digunakan dalam perancangan rute distribusi [13].

#### 5. Data Biaya

Data biaya mencakup harga bahan bakar per tahun 2022 dan biaya upah pekerja yang terlibat dalam proses pengiriman, yaitu supir. Penelitian ini menggunakan harga bahan bakar yang berlaku pada bulan Agustus 2022, yaitu Rp7.650,00 per liter. Untuk biaya sopir sudah ditetapkan oleh perusahaan yaitu Rp100.000,00 per minggu.

#### 6. Data Rute Pengiriman Saat ini

Data rute distribusi saat ini diperlukan untuk dijadikan pembandingan dengan rute distribusi usulan dari segi jarak tempuh dan total biaya distribusi yang dikeluarkan oleh perusahaan setiap minggu [14].

### Metode *Saving Matrix*

Untuk menentukan rute distribusi dengan total jarak tempuh minimum, dilakukan perhitungan dengan menggunakan *Saving Matrix*. Perhitungan menggunakan algoritma tersebut dilakukan dengan 4 tahap sebagai berikut:

#### 1. Identifikasi Matriks Jarak

Dalam penentuan matriks jarak ini, data jarak antar gudang ke konsumen dan konsumen ke konsumen lain diambil dari aplikasi *Google Maps* dengan satuan kilometer (km) [15].

#### 2. Identifikasi Matriks Penghematan

Tahap ini diasumsikan bahwa setiap konsumen akan dilewati oleh satu kendaraan secara eksklusif [16]. Hal tersebut berarti akan ada beberapa rute berbeda yang akan dilewati untuk tujuan masing-masing. Dengan demikian akan ada penghematan apabila ada penggabungan rute yang dinilai satu arah dengan rute yang lainnya. Matriks penghematan dihitung dengan persamaan 1 [17]:

$$S_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij} \quad (1)$$

Keterangan:

$S_{ij}$  = Penghematan jarak.

$d_{0i}$  = Jarak gudang ke konsumen  $i$ .

$d_{0j}$  = Jarak gudang ke konsumen  $j$ .

$d_{ij}$  = Jarak antara konsumen  $i$  dan  $j$ .

### 3. Alokasi Konsumen ke Rute Perjalanan

Berdasarkan penghematan yang sudah didapatkan, maka pembagian rute dimulai dari hasil penghematan terbesar. Rute pengiriman baru akan dibentuk berdasarkan penggabungan rute dari tahap 2 di atas.

### 4. Mengurutkan Konsumen dalam Suatu Rute

Setelah keseluruhan konsumen masuk dalam suatu rute, dilakukan pengurutan rute untuk mendapatkan jarak tempuh minimum. Pengurutan dilakukan dengan menggunakan metode sebagai berikut:

- Program Dinamis

Pengurutan rute dengan menggunakan program dinamis dihitung dengan menggunakan persamaan 2, 3 dan 4

$$F_k(j, y) = d_{yj} \quad (2)$$

$$F_k(j, S) = \min_{i \in S} \{F_{k-1}(S - \{j\}, j) + d_{ij}\} \quad (3)$$

$$F_k(S, y) = \min_{i \in S} \{F_{k-1}(S - \{i\}, i) + d_{iy}\} \quad (4)$$

Keterangan:

$F_k(j, y)$  = Bobot lintasan minimum dari simpul  $y$  ke simpul  $j$ .

$F_k(j, S)$  = Bobot lintasan minimum dari semua simpul didalam  $S$  ke simpul  $j$ .

$F_k(S, y)$  = Bobot lintasan minimum dari simpul  $y$  ke semua simpul dalam  $S$ .

$d_{yj}$  = Jarak simpul  $y$  ke  $j$ .

$d_{ij}$  = Jarak simpul  $i$  ke  $j$ .

$d_{iy}$  = Jarak simpul  $i$  ke  $y$ .

$S$  = Himpunan simpul yang harus dilewati pada iterasi ke- $k$ .

$y$  = Depot.

$k$  = Tahapan atau iterasi,  $k = \{1, 2, 3, \dots\}$

- *Nearest Neighbor*

Pada metode *nearest neighbor*, kunjungan dimulai dari node terdekat dari depot. Kemudian, dilanjutkan dengan mengunjungi node terdekat dari node yang dikunjungi terakhir [18]. Langkah tersebut dilakukan hingga keseluruhan node telah dikunjungi.

- *Nearest Insertion*

Pada metode *nearest insertion*, kunjungan dimulai dari depot menuju lokasi dengan jarak tempuh minimum. Kemudian, setiap node yang belum dikunjungi dilakukan penyisipan node tersebut di antara node-node yang sudah tergabung dalam rute. Lalu dilakukan evaluasi kenaikan minimum.

## Analisis Sensitifitas

Analisis sensitivitas kelebihan berat produk digunakan untuk mengetahui pengaruh sejumlah kelebihan berat produk dengan batasan maksimal 0,5kg terhadap solusi rute yang dihasilkan. Dalam melakukan analisis sensitivitas, terdapat lima skenario yang merepresentasikan kelebihan berat untuk setiap berat produk pada masing-masing konsumen. Adapun lima skenario tersebut ialah:

1. Skenario 1: berat setiap permintaan produk dianggap bertambah 0,1kg.
2. Skenario 2: berat setiap permintaan produk dianggap bertambah 0,2kg.

3. Skenario 3: berat setiap permintaan produk dianggap bertambah 0,3kg.
4. Skenario 4: berat setiap permintaan produk dianggap bertambah 0,4kg.
5. Skenario 5: berat setiap permintaan produk dianggap bertambah 0,5kg.

Analisis sensitivitas harga bahan bakar dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh harga bahan bakar terhadap hasil rancangan apabila terjadi perubahan harga bahan bakar minyak oleh pemerintah. Adapun skenario yang digunakan pada analisis sensitivitas ini ialah:

1. Skenario 1: peningkatan harga bahan bakar minyak sebesar 5%.
2. Skenario 2: peningkatan harga bahan bakar minyak sebesar 10%.
3. Skenario 3: peningkatan harga bahan bakar minyak sebesar 15%.
4. Skenario 4: peningkatan harga bahan bakar minyak sebesar 20%.
5. Skenario 5: peningkatan harga bahan bakar minyak sebesar 25%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari observasi pada UD. XYZ didapatkan data jarak setiap pengrajin ke gudang beserta jumlah pesannya seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Jarak Pengrajin ke Gudang dan Muatan

N	J (km)	P (kg)	N	J (km)	P (kg)	N	J (km)	P (kg)	N	J (km)	P (kg)	N	J (km)	P (kg)
P1	1.60	126	P11	1.80	104	P21	4.30	105	P31	2.90	135	P41	3.20	71
P2	1.40	175	P12	2.60	54	P22	1.80	154	P32	3.40	215	P42	4.50	164
P3	0.70	106	P13	2.30	85	P23	1.40	105	P33	3.40	303	P43	2.50	234
P4	0.95	117	P14	2.40	152	P24	1.30	304	P34	5.30	174	P44	2.40	255
P5	1.20	81	P15	7.60	74	P25	1.70	107	P35	4.40	106	P45	3.20	114
P6	19.40	124	P16	9.90	106	P26	1.40	204	P36	1.30	274	P46	6.50	104
P7	2.60	53	P17	9.40	124	P27	1.50	74	P37	0.29	175	P47	8.70	55
P8	2.00	153	P18	4.00	105	P28	3.50	167	P38	0.35	284	P48	8.90	103
P9	1.60	106	P19	3.50	72	P29	4.70	104	P39	3.00	163	P49	7.20	74
P10	1.70	57	P20	3.50	154	P30	3.40	133	P40	3.00	65	P50	3.10	105
Keterangan: N: Nama; J: Jarak Pengrajin ke Gudang; P: Permintaan Pengrajin												P51	3.90	84
												P52	3.40	134

Untuk mengetahui rute pengiriman pada UD. XYZ yang saat ini dijalankan, maka peneliti melakukan observasi yang menghasilkan data seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Rute Pengiriman Saat ini

Frekuensi	Tour	Rute	Muatan (kg)	Jarak Tempuh (km)
Senin	1	$G \rightarrow P_4 \rightarrow P_{24} \rightarrow P_{25} \rightarrow G$	528	4,60
	2	$G \rightarrow P_{36} \rightarrow P_{31} \rightarrow P_{32} \rightarrow P_{28} \rightarrow G$	791	8,25
	3	$G \rightarrow P_9 \rightarrow P_{10} \rightarrow P_{13} \rightarrow P_{18} \rightarrow G$	353	10,10
	4	$G \rightarrow P_6 \rightarrow P_{43} \rightarrow P_{44} \rightarrow P_7 \rightarrow G$	666	40,15
Kamis	1	$G \rightarrow P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_5 \rightarrow G$	488	4,83
	2	$G \rightarrow P_{22} \rightarrow P_{23} \rightarrow P_{26} \rightarrow P_{27} \rightarrow G$	537	5,15
	3	$G \rightarrow P_{19} \rightarrow P_{20} \rightarrow P_{21} \rightarrow P_{37} \rightarrow P_{38} \rightarrow G$	790	9,46
	4	$G \rightarrow P_8 \rightarrow P_{11} \rightarrow P_{12} \rightarrow P_{14} \rightarrow P_{33} \rightarrow G$	766	12,35

Frekuensi	Tour	Rute	Muatan (kg)	Jarak Tempuh (km)
	5	$G \rightarrow P_{39} \rightarrow P_{40} \rightarrow P_{41} \rightarrow P_{34} \rightarrow P_{35} \rightarrow G$	579	19,20
	6	$G \rightarrow P_{29} \rightarrow P_{30} \rightarrow P_{42} \rightarrow G$	401	20,30
	7	$G \rightarrow P_{16} \rightarrow P_{17} \rightarrow P_{15} \rightarrow P_{50} \rightarrow P_{51} \rightarrow P_{52} \rightarrow G$	627	22,95
	8	$G \rightarrow P_{46} \rightarrow P_{47} \rightarrow P_{48} \rightarrow P_{49} \rightarrow P_{45} \rightarrow G$	450	27,10
Total Jarak (km per minggu)				184,44

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa UD. XYZ melakukan pengiriman dalam 1 minggu sebanyak 12 kali dengan pembagian pada hari Senin sebanyak 4 kali dan hari Kamis 8 kali. Dari data tersebut, peneliti ingin mengoptimalkan rute pengiriman yang nantinya juga akan berdampak pada biaya distribusi. Pengoptimalan ini dilakukan menggunakan metode *saving matrix*. Menggunakan persamaan 1, maka dapat dihitung matriks penghematan sebagai berikut.

$$S_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij}$$

$$S_{46} = d_{04} + d_{06} - d_{46}$$

$$S_{46} = 0,95 + 19,4 - 20,4$$

$$S_{46} = -0,05$$

Setelah dilakukan perhitungan matriks penghematan, maka dilakukan pengalokasian titik pengantaran kedalam suatu rute.

Berdasarkan Gambar 2 didapatkan nilai penghematan jarak terbesar pada Pengrajin 6 menuju Pengrajin 43, yaitu sebesar 6,9km. Kemudian, dilakukan perhitungan berat muatan untuk mengetahui kombinasi kedua pengrajin tersebut layak untuk digabungkan pada satu rute atau tidak.

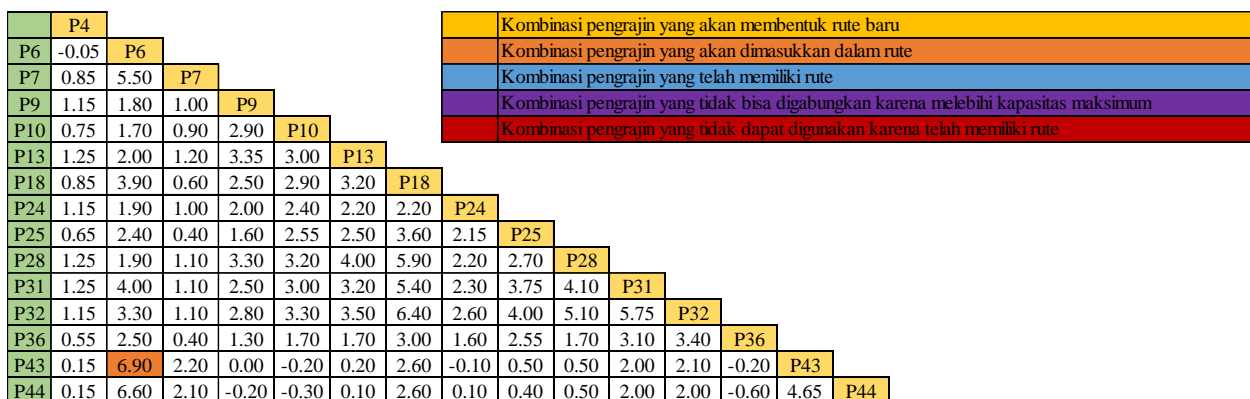
$$q_6 + q_{43} \leq Q$$

$$124 \text{ kg} + 234 \text{ kg} \leq 800 \text{ kg}$$

$$358 \text{ kg} \leq 800 \text{ kg} \text{ (Layak)}$$

Terbentuk rute baru sebagai berikut:

$$G \rightarrow P_6 \rightarrow P_{43} \rightarrow G$$



Gambar 2. Contoh Iterasi 1 Metode *Saving Matrix*

Berdasarkan Gambar 3 didapatkan nilai penghematan jarak terbesar pada Pengrajin 6 menuju Pengrajin 44, yaitu sebesar 6,6km. Dikarenakan Pengrajin 6 telah teralokasi dalam rute 1, maka rute Pengrajin 6 menuju Pengrajin 44 dikombinasikan pada rute 1. Kemudian, dilakukan perhitungan berat muatan.

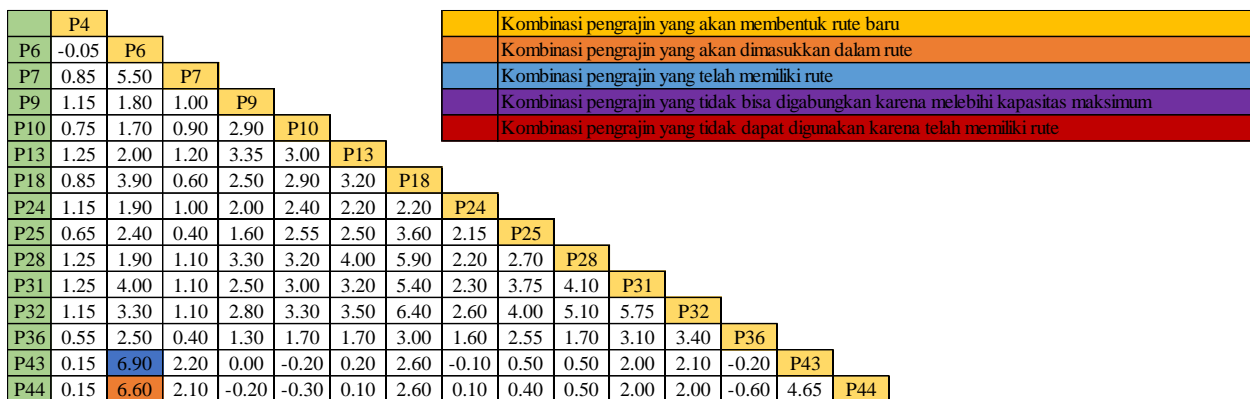
$$q_6 + q_{43} + q_{44} \leq Q$$

$$124 \text{ kg} + 234 \text{ kg} + 255 \text{ kg} \leq 800 \text{ kg}$$

613 kg ≤ 800 kg (Layak)

Terbentuk rute baru sebagai berikut:

$$G \rightarrow P_{43} \rightarrow P_6 \rightarrow P_{44} \rightarrow G$$



Gambar 3. Contoh Iterasi 2 Metode Saving Matrix

Adapun hasil dari perancangan rute distribusi menggunakan metode *saving matrix* akan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perancangan Rute Distribusi Metode Saving matrix

Frekuensi	Tour	Rute	Muatan (kg)	Jarak (km)
Senin	1	$G \rightarrow P_4 \rightarrow P_7 \rightarrow P_{43} \rightarrow P_6 \rightarrow P_{44} \rightarrow G$	783	39,15
	2	$G \rightarrow P_{31} \rightarrow P_{32} \rightarrow P_{18} \rightarrow P_{28} \rightarrow P_{13} \rightarrow P_{10} \rightarrow G$	764	10,55
	3	$G \rightarrow P_{36} \rightarrow P_{25} \rightarrow P_{24} \rightarrow P_9 \rightarrow G$	791	5,10
Kamis	1	$G \rightarrow P_{50} \rightarrow P_{52} \rightarrow P_{51} \rightarrow P_{15} \rightarrow P_{17} \rightarrow P_{16} \rightarrow P_{42} \rightarrow G$	791	22,35
	2	$G \rightarrow P_2 \rightarrow P_1 \rightarrow P_{49} \rightarrow P_{46} \rightarrow P_{48} \rightarrow P_{47} \rightarrow P_{45} \rightarrow G$	751	24,40
	3	$G \rightarrow P_{33} \rightarrow P_{30} \rightarrow P_{22} \rightarrow P_{27} \rightarrow P_{23} \rightarrow G$	769	8,15
	4	$G \rightarrow P_{12} \rightarrow P_{20} \rightarrow P_{19} \rightarrow P_{21} \rightarrow P_{29} \rightarrow P_{41} \rightarrow P_{39} \rightarrow P_{40} \rightarrow G$	788	11,81
	5	$G \rightarrow P_{35} \rightarrow P_{34} \rightarrow P_{11} \rightarrow P_{14} \rightarrow P_8 \rightarrow P_5 \rightarrow G$	770	12,80
	6	$G \rightarrow P_{38} \rightarrow P_{26} \rightarrow P_3 \rightarrow P_{37} \rightarrow G$	769	3,69
Total Jarak (km per minggu)				138,00

Metode *saving matrix* mampu mengurangi jumlah rute distribusi pengiriman per minggu, yaitu dari total 12 rute dengan 4 rute untuk pengiriman pada hari Senin dan 8 rute untuk pengiriman pada hari Kamis, menjadi total 9 rute dengan 3 rute untuk pengiriman pada hari Senin dan 6 rute untuk pengiriman pada hari Kamis.

Rute yang terbentuk dari hasil *saving matrix* akan diurutkan kembali. Tujuan utama dalam pengurutan rute ini ialah untuk meminimasi total jarak tempuh dari keseluruhan rute serta menyesuaikan kapasitas kendaraan agar tidak melebihi muatan yang ditetapkan. Dalam melakukan pengurutan rute, digunakan 3 pendekatan yaitu program dinamis, *nearest neighbor*, dan *nearest insertion* sehingga didapatkan jarak tempuh dan biaya distribusi minimum. Hasil dari pendekatan dinamis dapat dilihat pada Tabel 4.

Melalui pendekatan program dinamis ini didapatkan total jarak tempuh per minggu sebesar 136,65 km. Dan pada muatan didapatkan tidak ada yang melebihi dari 800 kg, sehingga



dapat dikatakan bahwa perancangan rute hasil pengurutan program dinamis ini dapat diimplementasikan.

Tabel 4. Rute Hasil Pengurutan Program Dinamis

Frekuensi	Tour	Rute	Muatan (kg)	Jarak Tempuh (km)
Senin	1	$G \rightarrow P_{44} \rightarrow P_{43} \rightarrow P_6 \rightarrow P_7 \rightarrow P_4 \rightarrow G$	783	37,80
	2	$G \rightarrow P_{10} \rightarrow P_{31} \rightarrow P_{32} \rightarrow P_{18} \rightarrow P_{28} \rightarrow P_{13} \rightarrow G$	764	10,55
	3	$G \rightarrow P_9 \rightarrow P_{24} \rightarrow P_{25} \rightarrow P_{36} \rightarrow G$	791	5,10
Kamis	1	$G \rightarrow P_{50} \rightarrow P_{52} \rightarrow P_{51} \rightarrow P_{15} \rightarrow P_{17} \rightarrow P_{16} \rightarrow P_{42} \rightarrow G$	791	22,35
	2	$G \rightarrow P_2 \rightarrow P_1 \rightarrow P_{49} \rightarrow P_{46} \rightarrow P_{47} \rightarrow P_{48} \rightarrow P_{45} \rightarrow G$	751	24,40
	3	$G \rightarrow P_{23} \rightarrow P_{27} \rightarrow P_{22} \rightarrow P_{30} \rightarrow P_{33} \rightarrow G$	769	8,15
	4	$G \rightarrow P_{12} \rightarrow P_{19} \rightarrow P_{20} \rightarrow P_{21} \rightarrow P_{29} \rightarrow P_{41} \rightarrow P_{39} \rightarrow P_{40} \rightarrow G$	788	11,81
	5	$G \rightarrow P_5 \rightarrow P_8 \rightarrow P_{14} \rightarrow P_{11} \rightarrow P_{34} \rightarrow P_{35} \rightarrow G$	770	12,80
	6	$G \rightarrow P_{38} \rightarrow P_{26} \rightarrow P_3 \rightarrow P_{37} \rightarrow G$	769	3,69
Total Jarak Tempuh (km per minggu)				136,65

Sedangkan untuk pengurutan rute menggunakan pendekatan *nearest neighbor* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Iterasi 1 Nearest Neighbor

Iterasi	Pengrajin	Rute	Jarak (km)	Jarak Minimum (km)
1	4	$G \rightarrow P_4$	0,95	0,95
	6	$G \rightarrow P_6$	19,40	
	7	$G \rightarrow P_7$	2,60	
	43	$G \rightarrow P_{43}$	2,50	
	44	$G \rightarrow P_{44}$	2,40	

Dari Tabel 5 tersebut didapatkan lokasi pengrajin yang memiliki jarak terdekat dari Gudang UD XYZ ialah Pengrajin 4, yaitu sebesar 0,95 km sehingga terbentuk rute  $G \rightarrow P_4$ . Kemudian, untuk iterasi berikutnya dilakukan pencarian lokasi pengrajin yang terdekat dari Pengrajin 4.

Iterasi dilakukan pada keseluruhan rute. Hasil dari pengurutan dengan pendekatan *Nearest Neighbor* dapat dilihat pada Tabel 6. Muatan yang direncanakan pendekatan *Nearest Neighbor* ini masih memenuhi batas standard yaitu di bawah 800 kg. Selain itu, pendekatan *Nearest Neighbor* mendapatkan total jarak tempuh per minggu sebesar 151,39 km.

Tabel 6. Rute Hasil Pengurutan Nearest Neighbor

Frekuensi	Tour	Rute	Muatan (kg)	Jarak (km)
Senin	1	$G \rightarrow P_4 \rightarrow P_7 \rightarrow P_{43} \rightarrow P_{44} \rightarrow P_6 \rightarrow G$	783	41,40
	2	$G \rightarrow P_{10} \rightarrow P_{13} \rightarrow P_{28} \rightarrow P_{18} \rightarrow P_{32} \rightarrow P_{31} \rightarrow G$	764	10,55
	3	$G \rightarrow P_{24} \rightarrow P_{25} \rightarrow P_{36} \rightarrow P_9 \rightarrow G$	791	5,80
Kamis	1	$G \rightarrow P_{50} \rightarrow P_{52} \rightarrow P_{51} \rightarrow P_{42} \rightarrow P_{15} \rightarrow P_{17} \rightarrow P_{16} \rightarrow G$	791	23,45

Frekuensi	Tour	Rute	Muatan (kg)	Jarak (km)
	2	$G \rightarrow P_2 \rightarrow P_1 \rightarrow P_{45} \rightarrow P_{46} \rightarrow P_{47} \rightarrow P_{48} \rightarrow P_{49} \rightarrow G$	751	27,10
	3	$G \rightarrow P_{23} \rightarrow P_{27} \rightarrow P_{22} \rightarrow P_{30} \rightarrow P_{33} \rightarrow G$	769	8,15
	4	$G \rightarrow P_{12} \rightarrow P_{19} \rightarrow P_{20} \rightarrow P_{21} \rightarrow P_{29} \rightarrow P_{41} \rightarrow P_{39} \rightarrow P_{40} \rightarrow G$	788	11,81
	5	$G \rightarrow P_5 \rightarrow P_{11} \rightarrow P_{14} \rightarrow P_8 \rightarrow P_{35} \rightarrow P_{34} \rightarrow G$	770	19,00
	6	$G \rightarrow P_{37} \rightarrow P_{38} \rightarrow P_3 \rightarrow P_{26} \rightarrow G$	769	4,13
Total Jarak Tempuh (km per minggu)				151,39

Selanjutnya dilakukan pendekatan *Nearest Insertion* seperti pada Tabel 7. Dari Tabel 7 tersebut didapatkan lokasi pengrajin yang memiliki jarak terdekat dari Gudang UD XYZ ialah Pengrajin 4 sehingga terbentuk rute  $G \rightarrow P_4 \rightarrow G$  dengan jarak tempuh 1,9 km.

Tabel 7. Iterasi 1 *Nearest Insertion*

Iterasi	Pengrajin	Rute	Jarak (km)	Jarak Minimum (km)
1	4	$G \rightarrow P_4 \rightarrow G$	1,90	1,90
	6	$G \rightarrow P_6 \rightarrow G$	38,80	
	7	$G \rightarrow P_7 \rightarrow G$	5,20	
	43	$G \rightarrow P_{43} \rightarrow G$	5,00	
	44	$G \rightarrow P_{44} \rightarrow G$	4,80	

Iterasi dilakukan pada keseluruhan rute. Untuk hasil dari pendekatan tersebut, dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rute Hasil Pengurutan *Nearest Insertion*

Frekuensi	Tour	Rute	Muatan (kg)	Jarak Tempuh (km)
Senin	1	$G \rightarrow P_4 \rightarrow P_{44} \rightarrow P_{43} \rightarrow P_6 \rightarrow P_7 \rightarrow G$	783	38,50
	2	$G \rightarrow P_{10} \rightarrow P_{13} \rightarrow P_{28} \rightarrow P_{18} \rightarrow P_{32} \rightarrow P_{31} \rightarrow G$	764	10,55
	3	$G \rightarrow P_9 \rightarrow P_{24} \rightarrow P_{25} \rightarrow P_{36} \rightarrow G$	791	5,10
Kamis	1	$G \rightarrow P_{50} \rightarrow P_{52} \rightarrow P_{51} \rightarrow P_{15} \rightarrow P_{17} \rightarrow P_{16} \rightarrow P_{42} \rightarrow G$	791	22,35
	2	$G \rightarrow P_2 \rightarrow P_1 \rightarrow P_{45} \rightarrow P_{47} \rightarrow P_{48} \rightarrow P_{46} \rightarrow P_{49} \rightarrow G$	751	26,90
	3	$G \rightarrow P_{23} \rightarrow P_{22} \rightarrow P_{30} \rightarrow P_{33} \rightarrow P_{27} \rightarrow G$	769	8,40
	4	$G \rightarrow P_{12} \rightarrow P_{19} \rightarrow P_{21} \rightarrow P_{20} \rightarrow P_{29} \rightarrow P_{41} \rightarrow P_{39} \rightarrow P_{40} \rightarrow G$	788	12,95
	5	$G \rightarrow P_5 \rightarrow P_8 \rightarrow P_{14} \rightarrow P_{11} \rightarrow P_{34} \rightarrow P_{35} \rightarrow G$	770	12,80
	6	$G \rightarrow P_3 \rightarrow P_{37} \rightarrow P_{26} \rightarrow P_{38} \rightarrow G$	769	3,70
Total Jarak Tempuh (km per minggu)				141,25

Hasil dari pendekatan *Nearest Insertion* adalah total jarak tempuh per minggu sebesar 141,25 km dengan beban yang dimuat pada setiap rute semuanya di bawah 800 kg, sehingga ditinjau dari muatan yang dibawa, maka perancangan rute ini layak untuk digunakan.

Setelah didapatkan total jarak tempuh pada masing masing pendekatan, maka perlu dilakukan analisis biaya distribusi. Total biaya distribusi ini mencakup biaya transportasi dan biaya sopir per minggu. Untuk besarnya biaya transportasi tergantung pada besarnya jarak tempuh, sedangkan biaya sopir sudah ditentukan oleh perusahaan tersebut yaitu sebesar Rp.100.000,00 per minggu. Biaya distribusi yang dihitung ini sudah mencakup pengiriman pada hari senin dan kamis. Adapun hasil dari analisis biaya distribusi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Analisis Biaya Distribusi

Pendekatan	Total Jarak Tempuh (km)	Biaya Transportasi	Biaya Sopir	Biaya Distribusi
Kondisi Saat ini	184,44	Rp141.096,60	Rp100.000,00	Rp241.096,60
Program Dinamis	136,65	Rp104.537,25	Rp100.000,00	Rp204.537,25
Nearest Neighbor	151,39	Rp115.813,35	Rp100.000,00	Rp215.813,35
Nearest Insertion	141,25	Rp108.056,25	Rp100.000,00	Rp208.056,25

Berdasarkan Tabel 9 menunjukkan bahwa hasil rancangan rute distribusi *Saving Matrix* pendekatan program dinamis merupakan pendekatan yang terbaik dengan didapatkan total jarak tempuh per minggu yang awalnya 184,44 km per minggu menjadi 136,65 km per minggu. Selain itu pendekatan dinamis mampu menurunkan biaya distribusi sebesar 15,16% atau Rp36.559,35 per minggu dengan biaya distribusi kondisi saat ini Rp241.096,60 per minggu menjadi Rp204.537,25 per minggu.

Perancangan pada penelitian ini menggunakan data permintaan konsumen. Namun pada implementasinya, produk dikirimkan dengan jumlah gramasi yang lebih besar dari permintaan konsumen karena karakteristik produk yang sulit untuk didapatkan angka bulatnya. Perusahaan mengirimkan produk dengan *allowance* maksimal 0,5kg lebih besar dari jumlah permintaan yang seharusnya. Selain itu, penelitian ini menggunakan harga bahan bakar yang berlaku pada bulan Agustus 2022, yaitu Rp7.650,00 per liter. Tidak menutup kemungkinan untuk pemerintah menetapkan kebijakan baru terkait peningkatan harga bahan bakar minyak. Oleh karena dua hal tersebut, dilakukan analisis sensitivitas terkait muatan dan harga bahan bakar seperti yang terlihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Analisis Sensitivitas Kelebihan Berat Produk

Skenario	Tour (km)									Keterangan
	Senin			Kamis						
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	
1	783,5	764,6	791,4	791,7	751,7	769,5	788,8	770,6	769,4	Memenuhi
2	784,0	765,2	791,8	792,4	752,4	770,0	789,6	771,2	769,8	Memenuhi
3	784,5	765,8	792,2	793,1	753,1	770,5	790,4	771,8	770,2	Memenuhi
4	785,0	766,4	792,6	793,8	753,8	771,0	791,2	772,4	770,6	Memenuhi
5	785,5	767,0	793,0	794,5	754,5	771,5	792,0	773,0	771,0	Memenuhi

Berdasarkan hasil sensitivitas skenario 1 hingga 5, bahwa hasil rancangan rute masih memenuhi persyaratan yaitu tidak melebihi 800 kg. Adapun batas maksimal kelebihan berat produk yang diberikan pada konsumen ialah 0,5kg, sesuai dengan ketentuan perusahaan.

Pada Tabel 11 menunjukkan hasil sensitivitas untuk kelima skenario peningkatan harga bahan bakar minyak. Didapatkan bahwa harga bahan bakar minyak tidak menyebabkan perubahan terhadap hasil rute distribusi usulan. Peningkatan harga bahan bakar minyak hanya

berdampak terhadap komponen biaya transportasi yang menyebabkan biaya distribusi ikut meningkat.

Tabel 11. Hasil Analisis Sensitivitas Harga Bahan Bakar Minyak

Frekuensi	Tour	Biaya Transportasi				
		Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
Senin	1	Rp30,362.85	Rp31,808.70	Rp33,254.55	Rp34,700.40	Rp36,146.25
	2	Rp8,474.29	Rp8,877.83	Rp9,281.36	Rp9,684.90	Rp10,088.44
	3	Rp4,096.58	Rp4,291.65	Rp4,486.73	Rp4,681.80	Rp4,876.88
Kamis	1	Rp17,952.64	Rp18,807.53	Rp19,662.41	Rp20,517.30	Rp21,372.19
	2	Rp19,599.30	Rp20,532.60	Rp21,465.90	Rp22,399.20	Rp23,332.50
	3	Rp6,546.49	Rp6,858.23	Rp7,169.96	Rp7,481.70	Rp7,793.44
	4	Rp9,486.38	Rp9,938.12	Rp10,389.85	Rp10,841.58	Rp11,293.31
	5	Rp10,281.60	Rp10,771.20	Rp11,260.80	Rp11,750.40	Rp12,240.00
	6	Rp2,963.99	Rp3,105.14	Rp3,246.28	Rp3,387.42	Rp3,528.56
Total + Biaya Sopir		Rp209,764.11	Rp214,990.98	Rp220,217.84	Rp225,444.70	Rp230,671.56

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Metode *saving matrix* mampu mengurangi jumlah rute distribusi pengiriman per minggu, yaitu dari total 12 rute menjadi 9 rute. Adapun diantara 3 pendekatan yang digunakan pada penelitian ini, program dinamis menjadi pendekatan yang paling optimal untuk minimasi jarak tempuh dan biaya distribusi. Program dinamis mampu memperkecil jarak tempuh per minggu yang semula 184,44 km menjadi 136,65 km. Selain itu pendekatan dinamis juga mampu menurunkan biaya distribusi sebesar 15,16% atau Rp36.559,35 per minggu dengan biaya distribusi kondisi saat ini Rp241.096,60 menjadi Rp204.537,25.

Dengan hasil rute distribusi yang telah direncanakan, didapatkan analisis sensitivitas muatan masih memenuhi persyaratan yaitu tidak melebihi 800 kg serta batas maksimal kelebihan berat produk yang diberikan pada konsumen sebesar 0,5kg. Sedangkan analisis sensitivitas bahan bakar didapatkan bahwa harga bahan bakar minyak tidak menyebabkan perubahan terhadap hasil rute distribusi usulan. Peningkatan harga bahan bakar minyak hanya berdampak terhadap komponen biaya transportasi yang menyebabkan biaya distribusi ikut meningkat. Sehingga dari hasil penelitian yang didapatkan tersebut dapat digunakan sebagai referensi dalam perancangan ulang rute distribusi.

### Saran

Penelitian ini menggunakan metode *saving matrix* yang merupakan algoritma heuristik klasik sehingga hasilnya hanya mendekati optimal, tidak mencapai optimal global. Peneliti selanjutnya diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan dengan penyelesaian algoritma eksak sehingga akan didapatkan hasil optimal global. Selain itu penelitian ini dibatasi oleh kondisi eksternal, seperti lampu lalu lintas, kemacetan, dan lainnya yang mempengaruhi kecepatan kendaraan sehingga kecepatan kendaraan diasumsikan selalu konstan. Oleh karena itu, peneliti selanjutnya diharapkan dapat membuat perancangan rute distribusi usulan tanpa adanya batasan kondisi eksternal sehingga kecepatan kendaraan tidak lagi diasumsikan selalu konstan. Selain itu mempertimbangkan bahwa harga BBM yang naik akan berpengaruh pada biaya distribusi, maka perlu ada analisis lanjutan terkait kebijakan untuk mempertahankan gratis ongkir.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] Novianti, A. N. Kamila, S. Febrianti, and M. Fauzi, "Penerapan Metode Saving Matrix Sebagai Program Pengurangan Biaya Distribusi Di Perusahaan Kosmestik," *J. Taguchi*, vol. 1, no. 1, pp. 23–34, 2021, doi: <https://doi.org/10.46306/tgc.v1i1.3>.
- [2] D. B. Paillin and F. M. Kaihatu, "Implementasi Metode Saving Matrix Dalam Penentuan Rute Terbaik Untuk Meminimumkan Biaya Distribusi (UD. Roti Arsita)," *Arika*, vol. 12, no. 2, pp. 123–140, 2018, doi: 10.30598/arika.2018.12.2.123.
- [3] M. Yoana Putri and F. Fathorrahman, "Pengaruh Patronage Buying Motives Dan Promosi Gratis Ongkos Kirim Terhadap Keputusan Pembelian Di Shopee," *Distrib. - J. Manag. Bus.*, vol. 10, no. 1, pp. 105–116, 2022, doi: 10.29303/distribusi.v10i1.212.
- [4] M. Reza Riansyah, B. Abdi Setiawan, A. Yusuf, and D. Maulina, "Penentuan Keputusan Rute Distribusi Terbaik Menggunakan Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)," *CSRID J.*, vol. 14, no. 1, p. 91, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.22303/csrid.14.1.2022.%25p>.
- [5] A. Ferdiansyah, S. A. Sholihah, M. Rifni, E. S. Grets, J. K. Situmorang, and I. Oktaviany, "Analisis Perencanaan Rute Pengiriman Barang Menggunakan Metode Vehicle Routing Problem (VRP)," *J. Sist. Transp. dan Logistik*, vol. 1, no. 1, pp. 32–37, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.54324/j.stl.v1i1.632>.
- [6] S. Suparjo, "Use of the saving matrix method as an alternative for distribution cost efficiency: An empirical study on log timber companies in Central Java," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 8, no. 8, pp. 398–402, 2019.
- [7] N. A. M and A. Susanty, "Optimalisasi Rute Distribusi Produk Portland Composite Cement (PCC) Dengan Menggunakan Metode Saving Matrix Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi ( Studi Kasus : PT Indocement Tunggul Prakarsa , Tbk., Plant Cirebon )," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 9, no. 2, 2020.
- [8] T. R. Damayanti, A. L. Kusumaningrum, Y. D. Susanty, and S. S. Islam, "Route optimization using saving matrix method – a case study at public logistics company in indonesia," *Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, no. August, pp. 1583–1591, 2020.
- [9] R. Saputra and D. Pujotomo, "Penyelesaian vehicle routing problem dengan karakteristik time windows dan multiple trips menggunakan metode saving matrix (Studi kasus : PT . Coca Cola Bottling Indonesia - Wilayah Medan)," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 7, no. 4, 2018.
- [10] W. Andalia, D. Oktarini, and S. Humairoh, "Penentuan pola distribusi optimal menggunakan metode saving matrix untuk meningkatkan fleksibilitas pemesanan," *J. Ind. Serv.*, vol. 7, no. 1, p. 23, 2021, doi: 10.36055/jiss.v7i1.11378.
- [11] Suparmi, H. Suyitno, and I. Rosyida, "Pengoimalan Rute Distribusi Produk Tisu Di Cvmapple Semarang Dengan Menggunakan Metodesaving Matrix Dan Nearest Insertion," *Unnes J. Math.*, vol. 9, no. 2, pp. 49–57, 2020.
- [12] L. Nissa, A. Mualifah, and D. Noviyanti, "Optimalisasi Jarak dan Biaya Transportasi Distribusi Obat PT Merapi Utama Pharma dengan Vehicle Routing Problem Metode Saving Matrix," *Pros. Semin. Nas. Pendidik. Mat. dan Mat.*, vol. 1, pp. 1–6, 2019, doi: <https://doi.org/10.21831/pspmm.v1i0.17>.
- [13] S. M. Nugroho, L. Nafisah, M. S. A. Khannan, H. Mastrisiswadi, and M. N. Ramdhani, "Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleet, Split Delivery, Multiple Product, Multiple Trip, and Time Windows: A Case study in fuel distribution," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 847, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/847/1/012066.
- [14] R. Putrafi and A. Sahari, "Penyelesaian Vehicle Routing Problem Untuk Efisiensi Rute Pendistribusian Produk Minuman Teh Pucuk Harum Menggunakan metode Saving Matriks Studi Kasus (PT. Cipta Niaga Semesta Palu)," *J. Ilm. Mat. Dan Terap.*, vol. 17, no. 1, pp. 17–28, 2020, doi: 10.22487/2540766x.2020.v17.i1.15164.
- [15] T. J. Pattiasina, E. T. Setyoadi, and D. Wijayanto, "Saving matrix method for efficient

- 
- distribution route based on google maps API," *J. Telecommun. Electron. Comput. Eng.*, vol. 10, no. 2–3, pp. 183–188, 2018.
- [16] M. Roohnavazfar and S. H. R. Pasandideh, *Decomposition algorithm for the multi-trip single vehicle routing problem with AND-type precedence constraints*, no. 0123456789. Springer Berlin Heidelberg, 2021.
- [17] A. K. Pamosoaji, P. K. Dewa, and J. V. Krisnanta, "Proposed Modified Clarke-Wright Saving Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problem," *Int. J. Ind. Eng. Eng. Manag.*, vol. 1, no. 1, pp. 9–16, 2019, doi: 10.24002/ijieem.v1i1.2292.
- [18] N. A. Fitriani, R. A. Pratama, S. Zahro, P. H. Utomo, and T. S. Martini, "Solving capacitated vehicle routing problem using saving matrix, sequential insertion, and nearest neighbor of product 'X' in Grobogan district," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2326, 2021, doi: 10.1063/5.0039295.