

Optimalisasi Rute Pengiriman Dengan Meminimasi Jarak Menggunakan Saving Matrix: Sebuah Studi Kasus

Nova Sepadyati¹, Ronny Hariono² Fransiskus Xaverius Nelson Thesman³, Hanani Vincent⁴, Raynaldy Renard Leuw⁵, William Edric⁶

¹International Business Engineering Program, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra
^{2,3,4,5,6,7}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto No. 121-131 Wonocolo, Surabaya, Jawa Timur 60236

Article Info

Abstract

Article history:

Received
dd mm yyyy

Accepted
dd mm yyyy

Keywords:
*optimization,
transportation, saving
matrix, utility.*

CV. X is a business entity in Surabaya that operates and focuses on making pillows and bolsters for local needs. This business entity often delivers products within the city of Surabaya and outside the city of Surabaya. Based on a sample of one of the data obtained from product deliveries in the past, it was found that the percentage of utility from the cargo of transport vehicles was still not high and there were repeated deliveries on the same day on different vehicles. The problem found is in the form of Capacitated VRP (CVRP) which is an optimization problem to find a route with a minimum cost with vehicles and a certain capacity. The proposal made is to determine the delivery route using the Saving matrix method and make a suggestion in the form of making an SOP for product delivery. After calculating the past data from July to September 2022 using the saving matrix method, a distance savings of 12.11 km was obtained and the highest savings in the number of transport vehicles was 2 vehicles. In addition, there was an increase in % utility in product delivery vehicles with a value of 20%.

1. PENDAHULUAN

Studi kasus dilakukan di CV.X yang berada di Surabaya yang bergerak dan berfokus pada pembuatan bantal dan guling. Satuan pengiriman dalam bentuk bal yang dimana 1 ball terdiri dari 60 produk. Pada tahun 2022 rata-rata pengiriman sebesar 5.000-7.000 produk (84 sampai 117 bal) per hari. Pengiriman dilakukan dengan menggunakan 5 pickup dan 1 truk. Kapasitas pengangkutan dari pickup adalah 22 ball atau 1320 produk, sedangkan kapasitas pengangkutan dari truk adalah 26 ball atau 1680 produk. Untuk rata-rata pengiriman perhari di daerah Surabaya sering menggunakan alat transportasi pickup dan pengiriman per mobilnya rata-rata 3-4 tempat.

Tabel 1. Data pengiriman produk dan ukuran order pada tanggal 14 September 2022

Rabu - 14/9/2022					
Kendaraan	Kapasitas Pick Up (Ball)	Toko Tujuan	Ukuran Order (Ball)	Kapasitas Tercapai (Ball)	% Utilitas
Pick Up 1	22	Slompretan	22	22	100,00%
Pick Up 2		Jln. Semarang	13	15	68,18%
		Slompretan	2		
Pick Up 3		Jln. Semarang	2	20	90,91%
		Pgs	10		
		Galaxy	2		

*Corresponding author.

Email address: nova.s@petra.ac.id, c13190052@petra.ac.id, c13190083@petra.ac.id, c13190090@petra.ac.id, c131900103@petra.ac.id, c131900108@petra.ac.id

Tabel 1. Data pengiriman produk dan ukuran order pada tanggal 14 September 2022 (Lanjutan)

Rabu - 14/9/2022					
Pick Up 4	22	Depo Tanto	6	17	77,27%
		Jln. Karet	6		
		Pengampon Square	7		
Pick Up 5		Kenjeran Paulus	4	19	86,36%
		Suko Manunggal	8		
		Greges	5		
		Raya Kupang Jaya 138	6		
Truk	26	-	0	0	0,00%

Berdasarkan data dari Tabel 1 diatas, ditemukan persentase utilisasi dari kapasitas muatan pick up yang masih belum tinggi, seperti pada pick up 2. Ditemukan juga pengiriman berulang di hari yang sama pada kendaraan yang berbeda (oleh pick up 2 dan 3). Sehingga, diperlukan perubahan metode pengiriman yang diharapkan dapat meminimasi jarak pengiriman dan meningkatkan rata-rata utilitas dari pengiriman.

Penggunaan metode Saving Matriks dikarenakan terdapat kemudahan untuk memodifikasi kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan, waktu pengiriman, jarak antar pengiriman, dan batasan lainnya yang sesuai dengan data yang akan diambil saat penelitian pada CV. Jesslyn. Mengoptimalkan kendaraan tersebut diharapkan dapat meminimasi jarak pengiriman dan meningkatkan rata-rata utilitas dari pengiriman. Selain itu, penggunaan metode Saving Matriks juga dikarenakan pengolahan data menggunakan software excel dan bantuan titik koordinat yang tidak mengeluarkan biaya bagi perusahaan.

2. LITERATUR

2.1 JENIS-JENIS PENGIRIMAN

Pada saat pengiriman produk, terdapat 2 macam pengiriman yang dilakukan, antara lain *single drop* dan *multi drop*. *Single drop* merupakan pengiriman barang yang dilakukan dalam satu waktu atau sekali jalan. Pengiriman *single drop* dapat dilihat lebih mengeluarkan biaya yang lebih besar dibandingkan dengan *multi drop*, tetapi menurut terdapat pengiriman yang tidak bisa dilakukan dengan pengiriman *multi drop* (Service Club Delivery, n.d.). Hal tersebut dikarenakan alamat dari pengiriman antar titik berjauhan, dibutuhkan pengiriman dalam waktu yang bersamaan padahal beda titik, dan muatan untuk pengiriman ke 1 titik sudah setara dengan kapasitas kendaraan. *Multi drop* merupakan pengiriman yang dapat dilakukan satu kendaraan yang dapat mengirimkan barang ke banyak lokasi yang berbeda (Kargo, November 19, 2021). Keunggulan dari *multi drop* atau *multi delivery* adalah pengiriman bisa menjadi lebih efisien, hemat biaya pengiriman hingga 30 persen, mudah dilacak, dan mengurangi jejak karbon

2.2 VEHICLE ROUTING PROBLEM

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan suatu permasalahan yang berfokus pada pendistribusian barang dari depot (gudang) perusahaan kepada pelanggannya. Masalah kritis VRP adalah rute dan pengaturan kendaraan pengangkut yang ada sehingga dapat melayani permintaan pelanggan seefisien mungkin berdasarkan pada kriteria-kriteria yang ada. *Vehicle Routing Problem* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu permasalahan statis dan dinamis. Pada permasalahan statis, permintaan pelanggan telah Diketahui sebelumnya. Sedangkan pada permasalahan dinamis, sebagian ataupun seluruh permintaan pelanggan diketahui ketika kendaraan pengangkut sudah mulai beroperasi, yaitu ketika rute telah diatur, ataupun ada perubahan di tengah perjalanan (Prasetyo & Tamyiz, 2017, p. 89-90).

Terdapat 4 tujuan umum dari VRP berdasarkan Toth, P. & Vigo, D. (2002), antara lain meminimalkan jarak dan biaya tetap yang berhubungan dengan penggunaan kendaraan, meminimalkan banyaknya kendaraan yang dibutuhkan untuk melayani permintaan seluruh konsumen, menyeimbangkan rute-rute dalam hal waktu perjalanan dan muatan kendaraan, meminimalkan pinalti sebagai akibat dari pelayanan yang kurang memuaskan terhadap konsumen (seperti keterlambatan pengiriman dan lain sebagainya). *Capacitated VRP* (CVRP) menurut Cahyaningsih et al., (2015) adalah masalah optimasi untuk menemukan rute dengan biaya minimal (*minimum cost*) untuk sejumlah kendaraan (*vehicles*) dengan kapasitas tertentu dan homogen (memiliki kapasitas yang sama), yang melayani sejumlah agen dengan

jumlah permintaan telah diketahui sebelum proses pendistribusian berlangsung. Pada penelitian kali ini, permasalahan yang ditemukan sesuai dengan CVRP dengan tujuan menemukan rute agar biaya transportasi lebih kecil dengan kendaraan yang memuat kapasitas tertentu.

Selain saving matrix, beberapa alternatif yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah VRP. Algoritma genetika berawal dari himpunan solusi yang dihasilkan secara acak, dari himpunan acak tersebut dihasilkan sebuah populasi. Didalam populasi terdapat individu yang disebut dengan chromosome, chromosome merupakan representasi dari solusi tersebut. chromosome tersebut berevolusi dalam proses iterasi yang berkelanjutan, sehingga dihasilkan generasi. Algoritma genetika diterapkan untuk optimasi *vehicle routing problem with time window* (VRPTW) studi kasus air minum kemasan (Sundarningsih, et al., 2017). Alternatif lain menggunakan metode *branch and bound*, *dynamic programming* dan *Ant Colony Optimization* (ACO) di transportasi produk *seafood* (Soenandi1, et al., 2017).

Selain itu, VRP dapat diselesaikan menggunakan simulasi monte carlo. Simulasi Monte Carlo merupakan simulasi statistic yang didasarkan kumpulan angka-angka acak atau perilaku acak. Jadi dapat lebih fleksibel dan tangguh untuk memprediksi nilai dugaan berdasarkan nilai random yang hasilnya adalah sebuah model yang menampilkan tingkah laku dan performansi proses bisnis atau produk (Dqlab, October 28, 2021). Menurut Hamali Heckman (December 29, 2017), terdapat lima langkah sederhana dalam simulasi Monte Carlo, yaitu:

- Menetapkan suatu distribusi probabilitas bagi variabel.
- Membuat distribusi probabilitas kumulatif bagi setiap variabel.
- Menetapkan sebuah interval angka acak bagi setiap variabel.
- Membangkitkan bilangan acak.
- Melakukan serangkaian simulasi.

Simulasi Monte Carlo menggunakan bilangan acak untuk melakukan simulasi dengan terdapat variabel-variabel yang dapat diberikan. Terdapat beberapa variabel yang digunakan pada penelitian kali ini, antara lain kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan, waktu pengiriman, dan jarak antar pengiriman.

3 METODOLOGI PENELITIAN

Tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan studi literatur dengan mencari data pustaka dan bahan penelitian yang berkaitan dengan topik *transportation optimization*. Selanjutnya, dilakukan identifikasi masalah dengan berkonsultasi dan wawancara secara langsung dengan pihak perusahaan terkait pengiriman produk yang selama ini dilakukan dan melihat serta menganalisis data pengiriman produk masa lalu. Batasan masalah pada penelitian ini adalah data pengiriman produk dari tanggal 1 Juli 2022 hingga tanggal 30 September 2022, data pengiriman produk yang digunakan hanya pada wilayah Surabaya, tidak mempertimbangkan *time windows* (seperti tidak memperhatikan waktu toko buka dan toko tutup) dan waktu *loading* maupun *unloading* (waktu pemuatan dan pembongkaran muatan), tidak mempertimbangkan skala prioritas konsumen, dan menggabungkan pengiriman selama 1 hari.

Setelah pengumpulan data dilakukan, metode Saving Matriks digunakan untuk mengolah data pengiriman masalah lalu. Savings Matrix adalah metode yang digunakan untuk menentukan rute distribusi produk ke wilayah pemasaran dengan cara menentukan rute distribusi yang harus dilalui dan jumlah kendaraan berdasarkan kapasitas dari kendaraan tersebut agar diperoleh rute terpendek dan biaya transportasi yang minimal. Metode ini diterapkan agar diperoleh rute terpendek dan memperoleh biaya transportasi yang optimum (Purnamawati, 2009, p. 143-144). Menurut Pujawan, I. N. & Mahendrawathi, E (2017), langkah-langkah yang dilakukan dalam pengerjaan menggunakan metode Saving Matrix, antara lain mengidentifikasi matriks jarak, mengidentifikasi matriks penghematan, mengalokasikan toko ke kendaraan atau rute, dan menentukan urutan kunjungan.

Menurut Ahmad, F. & Muharram H. F. (2018), mengidentifikasi matriks jarak merupakan langkah awal dari penggunaan metode Saving Matrix dengan mencatat jarak antara gudang ke masing-masing lokasi pelanggan dan jarak antar lokasi. Misalkan dua lokasi diketahui koordinat (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) , maka dapat dihitung jarak antara dua lokasi tersebut dengan rumus rectilinear :

$$J(1,2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

Terdapat cara lain untuk menghitung jarak antar dua lokasi yang dikutip dari Heckman (September 29, 2014) dengan berdasarkan rumus Haversine. Formula Haversine adalah persamaan yang digunakan

dalam navigasi, yang memberikan jarak lingkaran besar antara dua titik pada permukaan bola (bumi) berdasarkan bujur dan lintang. Penggunaan rumus ini mengasumsikan pengabaian efek ellipsoidal, cukup akurat untuk sebagian besar perhitungan, juga pengabaian ketinggian bukit dan kedalaman lembah di permukaan bumi (Yulianto, 2018).

$$D = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\text{lat}2 - \text{lat}1}{2}\right)^2 + \sin^2\left(\frac{\text{lon}2 - \text{lon}1}{2}\right)^2 \cdot \cos(\text{lat}1) \cdot \cos(\text{lat}2)} \right) \cdot \mu_e \quad (2)$$

Keterangan :

D : Great Circle Arc Length (distance)
 lat 1 : latitude of first point
 lon 1 : longitude of first point
 lat 2 : latitude of second point
 lon 2 : longitude of second point
 μ_e : Mean Radius of the Earth (6371.009 km)

Pada rumus *Haversine* ini diperlukan titik koordinat yang sudah dalam bentuk satuan radian dan pada hasil perhitungan rumus haversin ini dikalikan dengan 6371 yang merupakan radius bumi.

Langkah kedua adalah mengidentifikasi Matriks Penghematan. Menurut Ahmad, F. & Muharram H. F. (2018), pada tahap ini digunakan asumsi bahwa setiap toko akan dikunjungi oleh satu truk secara bersamaan. Maka akan ada penghematan yang akan diperoleh jika dua atau lebih rute bila digabungkan menjadi satu rute. Saving Matrix merepresentasikan penghematan yang bisa direalisasikan dengan menggabungkan dua toko maupun pelanggan ke dalam satu rute.

$$S_{xy} = C_{Dx} + C_{Dy} - C_{xy} \quad (3)$$

Keterangan :

S_{xy} : Nilai saving matriks atau jarak yang dihemat
 C_{Dx} : Jarak dari depot ke toko x
 C_{Dy} : Jarak dari depot ke toko y
 C_{xy} : Jarak toko x ke toko y

Menurut Ahmad, F. & Muharram H. F. (2018), setelah membuat tabel penghematan, dapat dilakukan alokasi toko ke kendaraan atau rute. Toko-toko yang digabungkan ke dalam satu rute pengiriman akan layak digabungkan sampai pada batas kapasitas kendaraan yang ada. Penggabungan akan dimulai dari nilai penghematan terbesar karena diupayakan untuk memaksimalkan penghematan dan mengurutkan toko (tujuan) dalam rute yang sudah terdefinisi.

Langkah selanjutnya adalah menentukan urutan kunjungan. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan urutan kunjungan, antara lain metode *Nearest Insert* dan metode *Nearest Neighbor*. *Nearest Insert* adalah memilih toko yang apabila dimasukkan ke dalam rute yang sudah ada menghasilkan tambahan jarak yang minimum. Jadi rute dibangun dengan menambahkan toko yang terdekat dari titik terakhir yang dikunjungi oleh kendaraan sampai semua toko terkunjungi (Basriati Sri & Sunarya Rio, 2015). Sedangkan Metode *Nearest Neighbour* adalah menambahkan toko yang jaraknya paling dekat dengan toko yang telah dikunjungi terakhir. Jadi semisal toko tidak ada yang terdekat lagi dengan toko lainnya dilakukan penyisipan dari titik terakhir yang dikunjungi oleh kendaraan sampai semua toko terkunjungi. Kemudian, analisis data dengan melihat perbandingan data masa lalu dengan data yang sudah diolah dengan metode Saving Matriks. Verifikasi bertujuan untuk memastikan kebenaran data yang dimasukkan saat pengolahan data, sehingga proses bisa dilanjutkan dengan acuan data yang valid. Validasi bertujuan untuk memastikan kebenaran data yang dimasukkan dengan data yang telah dimiliki. Pada penelitian kali ini, pembuat keputusan yang bersangkutan adalah pembimbing lapangan dan pekerja di departemen pengiriman barang. Langkah terakhir yang dilakukan adalah dengan membuat kesimpulan dan saran.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini akan dilakukan contoh perhitungan pada tanggal 6 Juli 2022 untuk penjelasan mengenai perhitungan.

4.1 PENGUMPULAN DATA

Data yang digunakan untuk mengolah data adalah data sekunder yang didapatkan dari perusahaan berupa data pengiriman produk selama 3 bulan pada tanggal 1 Juli 2022 hingga tanggal 30 September 2022. Hari pengiriman yang dilakukan oleh CV. X adalah hari Senin hingga hari Jumat. Data yang dibutuhkan adalah alamat toko tujuan, jumlah order yang dipesan, jenis kendaraan dan kapasitas pengangkutan dari kendaraan sebagai berikut.

Tabel 2. Data tanggal 6 Juli 2022

Kendaraan	Alamat	Ukuran Order (Bal)	Kapasitas yang Tersedia (Bal)
Pick Up 1	Jln. Karet	20	22
Pick Up 2	Galaxy	5	10
	Kebalen Timur	7	
Pick Up 3	Greges	9	13
Pick Up 4	Raya Kupang Jaya 138	12	2
	Margo Mulyo	8	

Tabel 2. Data tanggal 6 Juli 2022 (Lanjutan)

Kendaraan	Alamat	Ukuran Order (Bal)	Kapasitas yang Tersedia (Bal)
Pick Up 5	Depo Tanto	7	11
	Kedung Baruk	4	

4.2 MENGIDENTIFIKASI MATRIKS JARAK

Untuk menentukan matriks jarak, diperlukan titik koordinat dari gudang CV. X dan toko yang akan dituju. Penentuan titik koordinat dapat dicari dengan memasukkan alamat dari toko yang akan dituju pada Google Maps. Setelah menemukan titik koordinat pada Google Maps, langkah berikutnya adalah mencari matriks jarak tiap toko dengan menggunakan rumus Haversine Formula di Tabel 3 (KurtHeckman, 2014).

Tabel 3. Matriks jarak pada data 6 Juli 2022 (km)

Matrix Jarak	Gudang	Toko 1	Toko 2	Toko 3	Toko 4	Toko 5	Toko 6	Toko 7	Toko 8
Toko 1	5,64								
Toko 2	7,61	8,29							
Toko 3	6,58	1,16	9,37						
Toko 4	6,24	6,24	12,98	6,11					
Toko 5	2,07	5,65	9,53	6,30	4,29				
Toko 6	4,53	5,66	11,54	5,85	1,74	2,56			
Toko 7	7,17	2,61	10,91	1,64	5,09	6,40	5,28		
Toko 8	7,51	9,87	2,67	11,02	13,53	9,58	11,92	12,41	

4.3 MENGIDENTIFIKASI MATRIKS PENGHEMATAN

Setelah mengidentifikasi matriks jarak, dilakukan identifikasi matriks penghematan dengan melakukan penambahan dan pengurangan selisih, dimana bertujuan untuk menghitung penghematan jarak dari penggabungan antara rute x dengan rute y. Pada tahapan ini, dilakukan pengelompokan kendaraan sesuai dengan penghematan jarak dari yang terbesar hingga terkecil. Langkah ini bertujuan untuk merepresentasikan penghematan yang bias direalisasikan dengan menggabungkan dua pelanggan ke dalam satu rute, dapat dilihat pada tabel dibawah penghematan akan dipilih dari nilai penghematan matrix yang terbesar, seperti pada tanda kuning di Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Menentukan matriks penghematan pada data 6 Juli 2022

Saving Matrix	Toko 1	Toko 2	Toko 3	Toko 4	Toko 5	Toko 6	Toko 7	Toko 8
Toko 1								
Toko 2	4,96							
Toko 3	11,07	0,09						
Toko 4	5,64	1,56	16,25					
Toko 5	2,07	4,41	12,60	8,12				
Toko 6	4,52	2,42	15,06	10,22	3,47			
Toko 7	10,20	1,00	18,63	2,65	2,98	3,67		
Toko 8	3,28	15,50	1,02	3,59	8,24	0,22	4,79	

Contoh perhitungan matriks penghematan antara Toko 1 dan 2 :

$$\begin{aligned}
 S_{12} &= C_{D1} + C_{D2} - C_{12} \\
 &= 5,64 + 7,61 - 8,29 \\
 &= 4,96 \text{ km}
 \end{aligned}$$

4.4 MENGALOKASIKAN TOKO KE KENDARAAN ATAU RUTE

Penggabungan beberapa tujuan pengantaran pada satu rute pengiriman akan dimulai dari nilai penghematan terbesar untuk memaksimalkan penghematan dan mengurutkan toko (tujuan) dalam rute yang sudah terdefinisi, dengan tetap mempertimbangkan order dan kapasitas dari tiap kendaraan (Tabel 5)

Tabel 5. Penentuan kelompok pada data 6 Juli 2022

Penentuan Kelompok	Saving Matrix	Toko Tujuan	Jumlah Order	Sisa
Pick Up 1	18,63378794	Toko 7	7	0
		Toko 3	7	
		Toko 6	8	
Pick Up 2	15,49799761	Toko 8	4	-1
		Toko 2	5	
		Toko 5	12	
Pick Up 3		Toko 1	20	-2
Pick Up 4		Toko 4	9	-13

4.5 MENENTUKAN URUTAN KUNJUNGAN

Dalam melakukan penentuan urutan kunjungan, digunakan dua metode yaitu metode *Nearest Insert* dan *Nearest Neighbor*. Kedua metode tersebut memiliki pendekatan yang berbeda antara lain metode *Nearest Insert* memiliki pendekatan total jarak dan metode *Nearest Neighbor* memiliki pendekatan jarak terdekat dari posisi awal. Hasil perhitungan tersebut ada di Tabel 6

Tabel 6. Penentuan urutan kunjungan

Metode Nearest Insert				Metode Nearest Neighbour			
Pick Up 1	G-7-G	G-3-G	G-6-G	Pick Up 1	G-7	G-3	G-6
	14,34	13,17	9,07		7,17	6,58	4,53
	G-6-3-G	G-6-7-G			6-3	6-7	
	16,97	16,98			5,85	5,28	
	G-6-3-7-G			G-6-7-3-G			
Pick Up 2	G-2-G	G-5-G	G-8-G	Pick Up 2	G-2	G-5	G-8
	15,22	4,14	15,03		7,61	2,07	7,51
	G-5-8-G	G-5-2-G			5-2	5-8	
	19,17	19,22			9,53	9,58	
	G-5-8-2-G			G-5-2-8-G			
Pick Up 3	G-1-G			Pick Up 3	G-1-G		
Pick Up 4	G-4-G			Pick Up 4	G-4-G		

4.6 PERBANDINGAN JALUR SEBELUM PERBAIKAN DAN SESUDAH PERBAIKAN

Perbandingan antara sebelum perbaikan rute dan sesudah perbaikan rute dengan menggunakan jalur jalan nyata didapatkan adalah sebagai berikut.

Tabel 7. Perbandingan total jarak

Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Kendaraan	Alamat	Kendaraan	Alamat
Pick Up 1	Jln. Karet	Pick Up 1	Margo Mulyo
Pick Up 2	Galaxy		Kebalen Timur
	Kebalen Timur		Depo tanto
Kendaraan	Alamat	Kendaraan	Alamat
Pick Up 3	Greges	Pick Up 2	Raya Kupang Jaya 138
Pick Up 4	Raya Kupang Jaya 138		Kedung Baruk
	Margo Mulyo		Galaxy
Pick Up 5	Depo tanto	Pick Up 4	Jln. Karet
	Kedung Baruk	Pick Up 3	Greges
Total Jarak	94,3 Km	Total Jarak	78,7 Km
Penghematan		15,6 Km	

Dapat dilihat pada tabel di atas dengan menggunakan metode Saving Matrix pada jalur jalan nyata juga sangat efektif, dikarenakan penghematan yang didapatkan adalah 15.6 km atau 17% lebih hemat dibandingkan rute yang telah dibuat oleh perusahaan, terdapat juga penghematan pada kendaraan yang digunakan, yaitu sebesar satu ini dikarenakan peningkatan utilitas yang terjadi pada setiap kendaraan yang digunakan.

4.7 REKAPITULASI

Tabel 8. Rekapitulasi rata-rata penghematan jarak dan peningkatan utilisasi

Bulan	Metode	Rata-Rata Penghematan (Km)	Rata-Rata Peningkatan % Utilitas Perbaikan
Juli	Insert	8,81	18%
	Nearest Neighbour	8,95	18%
Agustus	Insert	18,07	27%
	Nearest Neighbour	18,07	27%
September	Insert	9,31	16%
	Nearest Neighbour	9,44	16%
Rata-Rata		12,11	20%

Pada Tabel 8 merupakan tabel rekapitulasi dari rata-rata penghematan jarak dan rata-rata peningkatan % utilitas perbaikan dari bulan Juli hingga September 2022. Didapatkan rata-rata penghematan jarak sebesar 12.11 Km dan rata-rata peningkatan % utilitas perbaikan sebesar 20%.

Dalam perhitungan menggunakan metode Saving Matrix perusahaan memerlukan perancangan pengantaran 1 hari sebelum pengiriman dan maksimal pemesanan 2 jam sebelum PT. X tutup. Hal tersebut dikarenakan metode ini harus mengumpulkan data pemesanan terlebih dahulu dan sekurang-kurangnya 3 lokasi dalam melakukan perancangan sehingga lebih efektif dalam merancang pengiriman,

keuntungan yang didapatkan oleh perusahaan adalah pengurangan jarak pengantaran, penghematan mobil pengantaran, dan peningkatan utilitas dalam setiap kendaraan yang digunakan.

4.8 VERIFIKASI DAN VALIDASI

Dalam melakukan verifikasi, dilakukan dengan membandingkan 2 jarak hasil perhitungan Haversine formula dengan jarak rectilinear yang berada pada google maps (Gambar 1), hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa hasil dari rumus Haversine yang telah dihitung sesuai dengan jarak kenyataan yang ada, dan diperoleh hasil yang sama.



Gambar 1. Verifikasi jarak gudang ke toko 1 dan toko 2

Dalam validasi, dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan terkait pengimplementasian metode Saving Matriks dalam melakukan pengiriman produk kepada toko atau pelanggan. Hal ini telah disetujui oleh perusahaan terkait dengan penggunaan metode Saving Matrix yang hanya dapat dilakukan dengan melakukan pengelolaan data satu hari sebelum pengiriman. Perencanaan tambahan merupakan salah satu dampak yang diakibatkan dari penggunaan metode saving matrix (Pujawan, I. N. & Mahendrawathi E., 2017), namun potensi minimasi jarak yang dihasilkan melebihi dampak tersebut.

5 KESIMPULAN

Pada PT. X, terdapat permasalahan *Capacitated VRP (CVRP)* yang merupakan masalah optimasi untuk menemukan rute dengan biaya minimal (*minimum cost*) dengan kendaraan (*vehicles*) dan kapasitas tertentu. Melalui penggunaan metode Saving Matriks dari data Juli hingga September 2022 terdapat penghematan jarak rata-rata 12,11 Km (17.1%) dan terdapat potensi penghematan jumlah kendaraan hingga 2 kendaraan. Selain itu, juga didapatkan peningkatan utilisasi kendaraan sebesar 20%. Implementasi Saving Matrix dalam kenyataannya hanya membutuhkan tambahan waktu untuk perencanaan pengiriman, menggunakan Ms.Excel yang sudah dimiliki perusahaan, sehingga usulan tersebut sangat prospektif untuk dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmad, F. & Muharram, H. F. (2018). Penentuan jalur distribusi dengan metode saving matriks. *Competitive*, 13 (1), 45-66. Retrieved from <https://ejurnal.poltekpos.ac.id/index.php/competitive/article/download/346/213>.
2. Basriati, S. & Sunarya, R. (2015). Optimasi distribusi koran menggunakan metode saving matriks (studi kasus : pt. riau pos intermedia). Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI), Jln. HR. Soebrantas Km 15, Pekanbaru.
3. Cahyaningsih, W. K., Sari, E. R. & Hernawati, K. (2015). Penyelesaian capacitated vehicle routing problem (cvrp) menggunakan algoritma sweep untuk optimasi rute distribusi surat kabar kedaulatan

- rakyat. Paper Presented at Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika UNY 2015, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
4. Dqlab. (2021, October 28). Contoh teknik pengolahan data dengan analisis monte carlo. Retrieved from <https://www.dqlab.id/contoh-teknik-pengolahan-data-dengan-analisis-monte-carlo>
 5. Hamali, S. (2017, December 29). Simulasi monte carlo. Retrieved from <https://bbs.binus.ac.id/management/2017/12/simulasi-monte-carlo/>
 6. Heckman, K. (2014, September 29). Haversine-distance. Retrieved from <https://www.vcalc.com/wiki/vCalc/Haversine+-+Distance>
 7. Kargo. (2021, November 19). Perlanar distribusi supply chain dengan mid mile delivery on call. Retrieved from <https://kargo.tech/blog/distribusi-logistik-mid-mile-delivery-on-call/>
 8. Pujawan, I. N. & Mahendrawathi, E. (2017). Supply chain management (Edisi 3). Yogyakarta: Andi.
 9. Prasetyo, W. & Tamyiz M. (2017). Vehicle routing problem dengan aplikasi metode nearest neighbor. *Journal of Research and Technology*, 3 (2), 88-99. Retrieved from <https://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt/article/download/263/218/559>
 10. Purnamawati, E. (2009). Mengoptimalkan biaya transportasi untuk penentuan jalur distribusi produk 'X' dengan metode saving matriks. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 9 (2), 143-150. http://eprints.upnjatim.ac.id/2989/1/8._JURNAL_Erlina.pdf
 11. Service Club Delivery. (n.d.). What is a multi drop delivery driver?. Retrieved from <https://serviceclub.com/what-is-a-multi-dropdeliverydriver/#:~:text=The%20difference%20between%20multi%2Ddrop,one%20customer%20at%20a%20time.>
 12. Soenandi1, I., Juan, Y. & Budi, M., 2017. Optimization for routing vehicles of seafood product transportation. s.l., IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (2017) 012048 doi:10.1088/1757-899X/277/1/012048.
 13. Suprayogi (2003). Vehicle routing problem: definition, variants, and application. Paper Presented at Seminar Nasional Perencanaan Sistem Industri 2003 (SPNSI 2003), Bandung.
 14. Sundarningsih, D., Mahmudy, W. F. & Sutrisno, 2017. Penerapan Algoritma Genetika untuk Optimasi Vehicle Routing Problem with Time Window(VRPTW) Studi Kasus Air Minum Kemasan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(2), pp. 100-107.
 15. Toth, P. & Vigo, D. (2002). *The vehicle routing problem*. Philadelphia : Society for Industrial and Applied Mathematics.
 16. Yulianto, R. A. H. K., 2018. Penerapan Formula Haversine Pada Sistem Informasi Geografis Pencarian Jarak Terdekat Lokasi Lapangan Futsal. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 13(1), pp. 14-21.