

tes

by Nova Sepadyati

Submission date: 14-Jul-2023 03:44PM (UTC+0700)

Submission ID: 2130975481

File name: 3._Sepadyeti_et_al.pdf (530.72K)

Word count: 5035

Character count: 28060

Optimalisasi Rute Pengiriman Menggunakan Saving Matrix: Sebuah Studi Kasus

Nova Sepadyati*¹, Ronny Hariono², Fransiskus Xaverius Nelson Thesman², Hanani Vincent², Raynaldy Renard Leuw², William Edric²

¹ International Business Engineering Program, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra

² 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
16 Maret 2023

Accepted
2 Juli 2023

Keywords:
*optimization,
transportation, Saving
Matrix, utilization.*

CV. X is a pillows and bolsters manufacturer in Surabaya. The current delivery strategy is a single route using limited-capacity vehicles. Single route delivery makes low % utilization or multiple deliveries to the same customer daily. The purpose of this case study is to find the minimum cost route with a specific vehicle and limited capacity using the Saving Matrix method and make a suggestion by creating an SOP for product delivery. After calculating the past data from July to September 2022, a distance savings of 12.11 km was obtained, and the highest savings in the number of transport vehicles was 2. In addition, there was a 20% increase in truck utilization.

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia bisnis, transportasi dan distribusi merupakan dua komponen yang krusial karena penurunan biaya transportasi dapat meningkatkan keuntungan perusahaan secara tidak langsung (Yuniarti & Astuti, 2013). Untuk dapat menurunkan biaya transportasi, diperlukan strategi yang dapat mengoptimalkan penggunaan moda transportasi yang ada. Salah satu strategi yang dapat dilakukan adalah penentuan rute yang dapat meminimasi jarak tempuh dan lama perjalanan yang dapat mengoptimalkan penggunaan kapasitas dan jumlah kendaraan.

Studi kasus dilakukan di CV.X di Surabaya yang merupakan produsen bantal dan guling, yang mengirimkan produk dalam satuan bal (60 produk). Saat ini, kendaraan yang dimiliki untuk pengiriman dalam kota adalah 5 *pick up* dan 1 truk, tetapi kendaraan truk jarang digunakan. Persentase utilisasi dari kendaraan yang digunakan belum optimal (77.27 % untuk salah satu *pick up*) dan terdapat pengiriman berulang ke tujuan yang sama menggunakan kendaraan yang berbeda di hari yang sama.

Dengan ditemukannya permasalahan tersebut, diperlukan metode pengiriman yang diharapkan dapat meminimasi jarak pengiriman dan meningkatkan rata-rata utilitas dari pengiriman. Beberapa manfaat dari hasil penelitian ini yang diharapkan bisa memberikan masukan dan

informasi yang berguna bagi pihak perusahaan, diantaranya menghasilkan rute perjalanan optimal untuk setiap kendaraan yang dimiliki.

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

*Corresponding author. Sepadyati
Email address: nova.s@petra.ac.id

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).

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 penalti 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.

Salah satu metode heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam transportasi untuk menentukan rute dan jadwal distribusi produk ini adalah dengan menggunakan metode *Saving Matrix*. *Saving Matrix* ini terletak pada kemudahan untuk dimodifikasi jika terdapat batasan waktu pengiriman, kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan atau batasan lainnya dan dapat memberikan solusi yang praktis dan cepat (Hidayat Kristinawati, 2014). Selain *Saving Matrix*, terdapat beberapa alternatif yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah VRP. Salah satunya algoritma genetika, yang berawal dari himpunan solusi yang dihasilkan secara acak, dari himpunan acak tersebut dihasilkan sebuah populasi. Di dalam 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 statistik yang didasarkan kumpulan 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). Simulasi Monte Carlo menggunakan bilangan acak untuk melakukan simulasi dengan terdapat variabel-variabel yang dapat diberikan.

2.3. Saving Matrix

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). Menurut Pujawan, I. N. & Mahendrawathi, E (2017), langkah-langkah yang dilakukan dalam pengerjaan menggunakan metode *Saving Matrix*, antara lain mengidentifikasi matrix jarak, mengidentifikasi matrix penghematan, mengalokasikan toko ke kendaraan atau rute, dan menentukan urutan kunjungan.

Menurut Ahmad, F. & Muharram H. F. (2018), mengidentifikasi matrix 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*:

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

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

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

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 matrix 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.

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

Keterangan :

- S_{xy} : Nilai *Saving Matrix* 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 & 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 dikunjungi. 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 dikunjungi. Kemudian, analisis data untuk melihat perbandingan data masa lalu dengan data yang sudah diolah dengan metode *Saving Matrix*. 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 membuat kesimpulan dan saran.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah awal yang dilakukan adalah dengan mengumpulkan data pengiriman produk, ukuran order, tujuan pengiriman produk, dan kendaraan apa yang digunakan untuk pengiriman produk. 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 Matrix* digunakan untuk mengolah data pengiriman masalah lalu. Sebelum masuk ke langkah awal mengidentifikasi matrix jarak, dilakukan penentuan titik koordinat dengan bantuan *Google Maps* dan diubah ke dalam satuan radian. Setelah itu, dapat dilakukan perhitungan dari langkah awal dengan menggunakan *Formula Haversine* untuk menentukan setiap kemungkinan lokasi yang akan ditempuh. Hasil yang didapatkan dari perhitungan adalah jarak yang sudah dalam bentuk kilometer atau Km. Langkah kedua, adalah mengidentifikasi matrix penghematan dengan menghitung penghematan jarak dari penggabungan antara rute x dengan rute y. Dilakukan pengelompokkan kendaraan sesuai dengan penghematan jarak yang terbesar hingga terkecil, sehingga penghematan yang dipilih adalah nilai penghematan matrix yang terbesar. Langkah ketiga, adalah menentukan kelompok pengiriman dengan mengurutkan hasil perhitungan dari nilai yang ditemukan di matrix penghematan yang besar hingga kecil. Langkah keempat atau terakhir, adalah menentukan urutan pengiriman dengan menggunakan 2 metode sebagai pembandingan, yaitu metode *Insert* dan metode *Nearest Neighbour*.

Langkah terakhir yang dilakukan, adalah melakukan verifikasi dan validasi terhadap perhitungan yang sudah dilakukan. Verifikasi yang dilakukan adalah dengan memastikan bahwa hasil dari *Haversine Formula* yang telah dihitung sesuai dengan jarak sesungguhnya. Validasi yang dilakukan adalah berdiskusi dengan pihak perusahaan terkait perhitungan yang sudah dilakukan. Tujuan dari validasi adalah memastikan bahwa perhitungan sesuai dengan keadaan di lapangan dan dapat diterapkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

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 5 hari kerja (Senin- Jumat). Data yang dibutuhkan adalah alamat toko tujuan, jumlah order yang dipesan, jenis kendaraan dan kapasitas pengangkutan dari kendaraan. Berikut merupakan data pada Tabel 1 merupakan tanggal 6 Juli 2022.

Tabel 1.
Data Pengiriman 6 Juli 2022

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

4.2 Mengidentifikasi Matrix Jarak

Untuk menentukan matrix 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 matrix jarak tiap toko dengan menggunakan rumus *Haversine Formula*. Titik koordinat yang sudah dicari terdapat di Tabel 2 dan

perhitungan matrix jarak terdapat pada Tabel 3. (Heckman, 2014).

Tabel 2.
Titik koordinat pada data 6 Juli 2022

Kendaraan	Alamat	Ukuran Order	koordinat (Radiant)		koordinat (Degree)	
			X	Y	X	Y
-	Gudang (lokal awal)	-	-	1.96730	-	112.718
			0,127149486	7293	7,2851289	4049
Pick Up 1	Jln. Karet	20	-	1.96765	-	112.738
			0,126342477	7755	7,2388907	4849
Pick Up 2	Galaxy	5	-	1.96848	-	112.785
			0,12733876	6441	7,2959735	9651
Pick Up 2	Kebalen Timur	7	-	1.96760	-	112.735
			0,126168612	8275	7,2289290	6499
Pick Up 3	Greges	9	-	1.96667	-	112.682
			0,126403604	9547	7,2423930	4377
Pick Up 4	Raya Kupang Jaya 138	12	-	1.96703	-	112.702
			0,126970085	691	7,2748500	9131
Pick Up 4	Margo Mulyo	8	-	1.96681	-	112.690
			0,126635329	9762	7,2556699	4714
Pick Up 5	Depo Tanto	7	-	1.96738	-	112.723
			0,126036121	8081	7,2213378	0337
Pick Up 5	Kedung Baruk	4	-	1.96833	-	112.777
			0,127725839	3706	7,3181515	2140

Tabel 3.
Matrix jarak pada data 6 Juli 2022

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	

Pada Tabel 3, didapatkan jarak antar lokasi dalam satuan Km. Contohnya pembacaan tabel adalah dapat dilihat jarak antara koordinat toko 1 dan toko 2 adalah 8,29 Km. Terdapat contoh

perhitungan mencari matrix jarak dengan menggunakan Haversine Formula pada Gambar 1 berikut ini.

$$d = 2r \arcsin \left(\sqrt{\text{hav}(\varphi_2 - \varphi_1) + (1 - \text{hav}(\varphi_1 - \varphi_2) - \text{hav}(\varphi_1 + \varphi_2)) \cdot \text{hav}(\lambda_2 - \lambda_1)} \right)$$

$$= 2r \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) + \left(1 - \sin^2 \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) - \sin^2 \left(\frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2} \right) \right) \cdot \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right)$$

$$d = 2 \cdot \arcsin \left[\sqrt{\sin^2 \left(\frac{1,907307291 - 1,907607755}{2} \right) + \left(1 - \sin^2 \left(\frac{1,907307291 - 1,907607755}{2} \right) - \sin^2 \left(\frac{1,907307291 + 1,907607755}{2} \right) \right) \cdot \sin^2 \left(\frac{-1,127149488 - 0,12612477}{2} \right)} \right] \cdot 6371$$

$$d = 2 \cdot \arcsin \left[\sqrt{(3,07059E - 08) + (1 - (3,1E - 08) + 0,015978705) \cdot (1,62816E - 07)} \right] \cdot 6371$$

$$d = 2 \cdot \arcsin \left[\sqrt{1,96123E - 07} \right] \cdot 6371$$

$$d = 0,0008857163 \cdot 6371$$

$$d = 5,64 \text{ km}$$

Gambar 1. Contoh perhitungan Matrix Jarak menggunakan Haversine Formula

Perhitungan pada Gambar 1 diatas menggunakan contoh perhitungan dari toko 1 ke gudang menggunakan Haversine Formula, sehingga didapatkan jarak sebesar 5,64 Km.

4.3 Mengidentifikasi Matrix Penghematan

Setelah mengidentifikasi matrix jarak, dilakukan identifikasi matrix 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 bisa direalisasikan dengan menggabungkan dua pelang ke dalam satu rute. Penghematan akan dipilih dari nilai tertinggi matrix yang terbesar. Matrix penghematan terdapat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Menentukan matrix 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	11,0	7	0,09					
Toko 4	5,64	1,56	16,2	5				
Toko 5	2,07	4,41	0	8,12				
Toko 6	4,52	2,42	6	15,0	10,2	3,4		
Toko 7	10,2	0	1,00	18,6	3	2,65	2,9	3,6
Toko 8	3,28	0	15,5	10,2	3,59	8,2	0,2	4,7

Contoh perhitungan matrix penghematan antara Toko 1 dan 2 :

$$S_{12} = C_{D1} + C_{D2} - C_{12}$$

$$= 5,64 + 7,61 - 8,29$$

$$= 4,96 \text{ km}$$

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. Penentuan kelompok pada data 6 Juli 2022

Penentuan Kelompok	Saving Matrix	Toko Tujuan	Jumlah Order	Sisa
Pick Up 1	18,63	Toko 7	7	0
		Toko 3	7	
		Toko 6	8	
Pick Up 2	15,49	Toko 8	4	-1
		Toko 2	5	
		Toko 5	12	
Pick Up 3		Toko 1	20	-2
Pick Up 4		Toko 4	9	-13

Pada Tabel 5, dilakukan penentuan kelompok berdasarkan nilai tertinggi hingga terendah dari matrix penghematan jarak. Didapatkan nilai penghematan terbesar berada pada pengelompokan toko 7 dan toko 3 sebesar 18,6, sehingga untuk orderan pada toko 7 dan toko 3 dikelompokkan pada pick up 1. Pada nilai matrix penghematan terbesar kedua dengan rute toko 3 dan 4 yang bernilai 16,25, tidak dapat dimasukkan ke dalam kelompok pick up 1. Hal tersebut dikarenakan ukuran order pada toko 4 senilai 9 ball yang di mana kalau digabungkan dengan ukuran order toko 7 dan toko 3 pada pick up 1, akan melebihi kapasitas dari pengangkutan itu sendiri. Sehingga, matrix penghematan terbesar kedua tidak dapat digunakan pada pengelompokan di pick up 1 dan harus diangkut oleh pick up 4 yang terpisah dari rute lainnya.

Pada matrix penghematan terbesar ke 3, didapatkan rute toko 8 dan toko 2 yang bernilai 15.5 dapat dikelompokkan pada pick up 2 dengan jumlah ukuran order dari kedua toko adalah 9 ball. Sehingga pada pick up 2 masih dapat digunakan untuk pengelompokan muatan untuk rute lainnya. Pada matrix penghematan terbesar ke 4, didapatkan rute tujuan toko 6 dan toko 3 yang bernilai 15.06 dapat dikelompokkan ke dalam pick up 1 karena jumlah ukuran order tidak melebihi maksimal kapasitas dari pick up 1. Pada nilai matrix penghematan terbesar ke 5, 6, 7 dan 8, tidak dapat dilakukan pengelompokan. Hal tersebut dikarenakan jumlah dari setiap pengelompokan akan melebihi kapasitas dari pick up, sehingga nilai

matrix penghematan terbesar ke 5, 6, 7 dan 8 tidak dapat digunakan.

Pada nilai matrix penghematan terbesar ke 9, didapatkan rute toko 8 dan toko 5 yang bernilai 8.24 dapat dikelompokkan ke dalam *pick up* 2. Hal tersebut dikarenakan kapasitas dari *pick up* 2 masih dapat menampung ukuran order dari toko 5, sehingga toko 5 dapat dikelompokkan ke dalam *pick up* 2. Pada toko 1 memiliki ukuran order sebesar 20 ball yang dikelompokkan pada *pick up* 3. Hal tersebut dikarenakan sisa dari kapasitas pengangkutan pada *pick up* 1 dan *pick up* 2 sebesar 0 dan 1, sehingga sudah tidak dapat mengelompokkan orderan pada toko 1. Pada toko 4 akan dikelompokkan ke dalam *pick up* 4, dikarenakan pada *pick up* 1, *pick up* 2 dan *pick up* 3 tidak memiliki sisa kapasitas yang dapat menampung ukuran order toko 4. Didapatkan sisa kapasitas dari pengangkutan di *pick up* 1, *pick up* 2, *pick up* 3, dan *pick up* 4 adalah 0 ball, kurang 1 ball, kurang 2 ball, dan kurang 13 ball.

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 terkecil dari posisi awal. Hasil perhitungan tersebut ada pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Penentuan urutan kunjungan metode *Nearest Insert*

Metode <i>Nearest Insert</i>			
Pick Up 1	G-7-G	G-3-G	G-6-G
	14,34	13,17	9,07
	G-6-3-G	G-6-7-G	
	16,97	16,98	
Pick Up 2	G-6-3-7-G		
	G-2-G	G-5-G	G-8-G
	15,22	4,14	15,03
	G-5-8-G	G-5-2-G	
	19,17	19,22	
Pick Up 3	G-1-G		
Pick Up 4	G-4-G		

Untuk penentuan urutan kunjungan pada metode *Nearest Insert*, digunakan pendekatan total dari jarak dalam setiap kelompok yang sudah dibuat. Pada kelompok pertama, terdapat rute pengantaran ke toko 7, toko 3, dan toko 6 dalam melakukan urutan rute pengantaran. Setelah itu, dilakukan penjumlahan jarak dari gudang ke toko 7 lalu kembali ke gudang dan mendapatkan total jarak 14.34 km. Untuk penjumlahan jarak pada toko 3

didapatkan total jarak sebesar 13.17 km. Untuk toko 6 didapatkan total jarak sebesar 9.07 km. Pada step selanjutnya dilakukan pemilihan total jarak terkecil yang akan dibuat menjadi rute pengantaran pertama dalam *pick up* 1 dengan hasil yang dipilih adalah toko 6 dengan total jarak 9.07 km. Langkah selanjutnya adalah menghitung total jarak dari gudang ke toko 6, lalu toko 6 ke toko 3, dan toko 3 ke gudang dengan didapatkannya hasil total jarak sebesar 16.97 km. Lalu dibandingkan dengan hasil yang didapatkan dari total jarak gudang ke toko 6, lalu toko 6 ke toko 7, dan toko 7 ke gudang, dengan didapatkannya hasil total jarak 16.98 km. Sehingga rute pengantaran ke 2 pada *pick up* 1 adalah toko 3, dan toko terakhir adalah toko 7, sebagai urutan ke 3 dalam rute pengantaran yang terdapat pada *pick up* 1.

Tabel 7. Penentuan urutan kunjungan metode *Nearest Neighbour*

Metode <i>Nearest Neighbour</i>			
Pick Up 1	G-7	G-3	G-6
	7,17	6,58	4,53
	6-3	6-7	
	5,85	5,28	
Pick Up 2	G-6-7-3-G		
	G-2	G-5	G-8
	7,61	2,07	7,51
	5-2	5-8	
	9,53	9,58	
Pick Up 3	G-1-G		
Pick Up 4	G-4-G		

Untuk penentuan urutan kunjungan pada metode *Nearest Neighbor*, digunakan pendekatan jarak terdekat dari lokasi awal setiap perhentian dalam setiap kelompok yang sudah dibuat. Pada kelompok pertama, terdapat rute pengantaran toko 7, toko 3, dan toko 6 dalam melakukan urutan rute pengantaran. Selanjutnya dilakukan menghitung jarak terdekat dari gudang ke berbagai toko yang ada pada *pick up* 1 dan hasil yang didapatkan dari gudang ke toko 7 mendapatkan jumlah jarak 7,17 km, lalu pada toko 3 hasil yang didapatkan adalah 6,58 km, dan pada toko 6 hasil yang didapatkan adalah 4,53 km. Langkah selanjutnya dilakukan melihat jarak terdekat dari gudang ke toko 7, toko 3, dan toko 6 dengan hasil yang didapatkan akan menjadi urutan pertama dari pengantaran *pick up* 1 dan toko 6 yang terpilih dengan jarak 4,53 km dari gudang perusahaan. Selanjutnya dilakukan perhitungan jarak antara toko 6 ke toko 3 dengan hasil 5,85 km dan toko 6 ke toko 7 dengan hasil 5,28

km. Dari hasil yang didapatkan, urutan pengantaran ke 2 adalah toko 7 dengan jarak terdekat dari toko 6, dan toko terakhir adalah toko 3 sebagai urutan ke 3 dalam rute pengantaran yang terdapat pada *pick up 1*.

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 8.
Perbandingan total jarak

Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Kendaraan	Alamat	Kendaraan	Alamat
<i>Pick Up 1</i>	Jln. Karet		Margo Mulyo
<i>Pick Up 2</i>	Galaxy	<i>Pick Up 1</i>	Kebalen Timur
	Kebalen Timur		Depo tanto
<i>Pick Up 3</i>	Greges		Raya Kupang Jaya 138
<i>Pick Up 4</i>	Raya Kupang Jaya 138	<i>Pick Up 2</i>	Kedung Baruk
	Margo Mulyo		Galaxy
<i>Pick Up 5</i>	Depo tanto	<i>Pick Up 4</i>	Jln. Karet
	Kedung Baruk		<i>Pick Up 3</i>
Total Jarak	94,3 Km	Total Jarak	
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

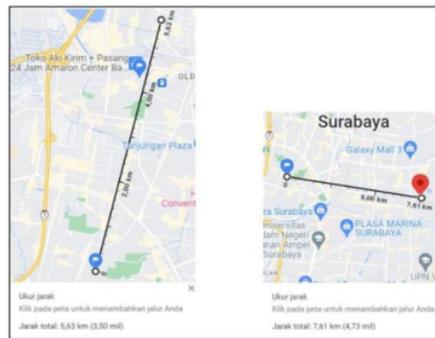
Tabel 9.
Rekapitulasi rata-rata penghematan jarak dan peningkatan utilisasi

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

Tabel 9 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%.

4.8 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dilakukan dengan membandingkan 2 jarak hasil perhitungan *Haversine Formula* dengan jarak *rectilinear* yang berada pada *Google Maps* (Gambar 2), 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 2.
Verifikasi jarak gudang ke toko 1 dan toko 2

Dalam validasi, dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan terkait pengimplementasian metode *Saving Matrix* 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.

4.9. Usulan

Dalam perhitungan menggunakan metode *Saving Matrix* perusahaan memerlukan perancangan pengantaran 1 hari sebelum pengiriman dan maksimal pemesanan 2 jam sebelum CV. 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.

5. KESIMPULAN

Metode Saving Matrix dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan yang dialami oleh perusahaan yaitu *Capacitated VRP (CVRP)*. Dengan penggunaan metode *Saving Matrix* juga dapat meminimasi jarak pengiriman dan meningkatkan rata-rata utilitas dari pengiriman dengan menemukan rute dengan biaya minimal (*minimum cost*) dengan kendaraan (*vehicles*) dan kapasitas yang ada. Pada perhitungan dari bulan Juli hingga September 2022, didapatkan penghematan jarak rata-rata 12,11 Km (17.1%) dan terdapat potensi penghematan jumlah kendaraan hingga 2 kendaraan. Selain itu, juga didapatkan peningkatan rata-rata utilitas kendaraan sebesar 20%. Implementasi *Saving Matrix* pada perusahaan akan membutuhkan investasi sedikit tambahan waktu untuk perencanaan pengiriman dan menggunakan Microsoft Excel yang sudah dimiliki perusahaan. Sehingga, usulan sangat prospektif untuk dapat dilakukan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- 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>. Accessed 15 September 2022.
- 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.
- 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.
- 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>. Accessed 18 September 2022.
- Heckman, K. (2014, September 29). Haversine-distance. Retrieved from <https://www.vcalc.com/wiki/vCalc/Haversine+-+Distance>. Accessed 10 September 2022.
- Hidayat, T. P. & Kristinawati, A., 2014. Usulan Penentuan Strategi Pendistribusian yang Optimal (Studi Kasus : PT. X). *Jurnal Metris*, 15: 111-118.
- Kargo. (2021, November 19). Perlancaan distribusi supply chain dengan mid mile delivery on call. Retrieved from <https://kargo.tech/blog/distribusi-logistik-mid-mile-delivery-on-call/>. Accessed 23 September 2022.
- Pujawan, I. N. & Mahendrawathi, E. (2017). *Supply chain management* (Edisi 3). Yogyakarta: Andi.
- 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>. Accessed 2 October 2022.
- 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. Accessed 3 October 2022.
- Service Club Delivery. (n.d.). What is a multi drop delivery driver?. Retrieved from [https://serviceclub.com/what-is-a-multi-drop-delivery-driver/#:~:text=Multi%2Ddrop%20delivery%20\(AKA%20multi,or%20address%20for%20each%20package](https://serviceclub.com/what-is-a-multi-drop-delivery-driver/#:~:text=Multi%2Ddrop%20delivery%20(AKA%20multi,or%20address%20for%20each%20package). Accessed 16 October 2022.
- 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.
- 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):100-107.
- Toth, P. & Vigo, D. (2002). *The vehicle routing problem*. Philadelphia : Society for Industrial and Applied Mathematics.
- 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): 14-21.
- Yuniarti, R. & Astuti, M., 2013. Penerapan Metode *Saving Matrix* Dalam Penjadwalan Dan Penentuan Rute Distribusi Premium Di SPBU Kota Malang. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4(1): 17-26.

ORIGINALITY REPORT

26%
SIMILARITY INDEX

25%
INTERNET SOURCES

14%
PUBLICATIONS

12%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	text-id.123dok.com Internet Source	3%
2	ejurnal.poltekpos.ac.id Internet Source	2%
3	adoc.pub Internet Source	2%
4	www.neliti.com Internet Source	2%
5	library.binus.ac.id Internet Source	1%
6	media.neliti.com Internet Source	1%
7	prosiding.unirow.ac.id Internet Source	1%
8	www.vcalc.com Internet Source	1%
9	www.researchgate.net Internet Source	1%

10	123dok.com Internet Source	1 %
11	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	1 %
12	repository.upstegal.ac.id Internet Source	1 %
13	docplayer.info Internet Source	1 %
14	journal.unpad.ac.id Internet Source	1 %
15	repository.setiabudi.ac.id Internet Source	1 %
16	Edwin Hendrawan, I Gede Agus Widyadana. "Optimasi Rute Pengiriman dengan Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Windows", Jurnal Sistem dan Manajemen Industri, 2018 Publication	<1 %
17	jrpb.unram.ac.id Internet Source	<1 %
18	dspace.uui.ac.id Internet Source	<1 %
19	ekonomi.bisnis.com Internet Source	<1 %

20	juminten.upnjatim.ac.id Internet Source	<1 %
21	www.scribd.com Internet Source	<1 %
22	j-ptiik.ub.ac.id Internet Source	<1 %
23	ejurnal.itenas.ac.id Internet Source	<1 %
24	journal.umg.ac.id Internet Source	<1 %
25	jurnal.yudharta.ac.id Internet Source	<1 %
26	Fandi Ahmad, Hafidz Fadel Muharram. "PENENTUAN JALUR DISTRIBUSI DENGAN METODE SAVING MATRIKS", Competitive, 2018 Publication	<1 %
27	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
28	iopscience.iop.org Internet Source	<1 %
29	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %

30 Lyoni Elisabet Marpaung, Jauhari Arifin, Winarno Winarno. "Optimalisasi Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Clarke and Wright Savings", Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri, 2022
Publication <1 %

31 id.123dok.com
Internet Source <1 %

32 Andhika Ayu Wulandari, Annisa Prima Exacta, Joko Sungkono. "EFEKTIVITAS SIMULASI "R" DALAM PEMBELAJARAN DISTRIBUSI PELUANG VARIABEL RANDOM", AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika, 2021
Publication <1 %

33 jlps.iblam.ac.id
Internet Source <1 %

34 publikasi.dinus.ac.id
Internet Source <1 %

35 repository.its.ac.id
Internet Source <1 %

36 repository.unpas.ac.id
Internet Source <1 %

37 vdocuments.site
Internet Source <1 %

38 www.science.gov
Internet Source <1 %

39	digilib.uin-suka.ac.id	<1 %
40	Arthur Y. Leiwakabessy, Benjamin G. Tentua, Fany Laamena. "ANALISIS SIFAT MEKANIS KOMPOSIT POLYESTER YANG DIPERKUAT SERAT KULIT DURIAN (DURIO ZIBETHINUS MURR) AKIBAT VARIASI FRAKSI VOLUME", ALE Proceeding, 2021 Publication	<1 %
41	D. B. Paillin, Fhony M. Kaihatu. "IMPLEMENTASI METODE SAVING MATRIX DALAM PENENTUAN RUTE TERBAIK UNTUK MEMINIMUMKAN BIAYA DISTRIBUSI (UD. Roti Arsita)", ARIKA, 2018 Publication	<1 %
42	Suparjo Suparjo. "Metode Saving Matrix Sebagai Alternatif Efisiensi Biaya Distribusi (Studi Empirik Pada Perusahaan Angkutan Kayu Gelondongan Di Jawa Tengah)", Media Ekonomi dan Manajemen, 2017 Publication	<1 %
43	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
44	jonikoidriss.wordpress.com Internet Source	<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 5 words

Exclude bibliography On