



Penentuan Rute Pengiriman untuk Meminimasi Jarak Tempuh Transportasi menggunakan Metode *Saving Matrix*

Puji Handayani Kasih^{1*}, Yasmin Maulidina²

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Jl. SWK Jl. Ring Road Utara No.104, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283, Indonesia

²Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Indonesia, Jl. Puspitex, Kota Tangerang Selatan, Banten 15314, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Artikel Masuk: 17 November 2022

Artikel direvisi: 22 Februari 2023

Artikel diterima: 12 Maret 2023

Kata kunci

Heuristik

Nearest Insertion

Nearest Neighbor

Transportasi

Vehicle Routing Problem.

Keywords

FMEA

Heuristics

Nearest Neighbor

Nearest Insertion

Transportation

Vehicle Routing Problem

ABSTRAK

Pandemi Covid-19 yang terjadi di Indonesia pada awal tahun 2020 mengakibatkan pemberlakuan physical distancing berskala besar sehingga berdampak pada meningkatnya permintaan terhadap pengiriman makanan secara online. Dalam usaha meningkatkan pelayanannya dengan jumlah permintaan yang meningkat, UMKM rumahan pada penelitian ini merancang rute pengiriman yang lebih efisien. Pada proses pengiriman sebelumnya hanya berdasarkan kapasitas armada pengiriman dan lokasi pelanggan yang terdekat dengan lokasi UMKM. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi rute awal pengiriman dan menentukan rute baru dan urutan kunjungan ke setiap titik lokasi pelanggan dengan menggunakan metode saving matrix dan dengan menggunakan algoritma nearest neighbor dan nearest insertion. Dengan menggunakan metode saving matrix didapatkan dua rute kunjungan. Berdasarkan perbandingan hasil pengurutan kunjungan pelanggan pada setiap rute, didapatkan jarak tempuh terpendek dengan menggunakan algoritma nearest neighbor. Total penghematan jarak tempuh yang didapatkan berdasarkan penentuan rute dengan menggunakan metode saving matrix dan algoritma nearest neighbor adalah sebesar 34.5% (dari total jarak tempuh pada rute awal adalah 77.19 km menjadi 50.59 km pada rute yang baru).

ABSTRACT

The Covid-19 pandemic in Indonesia in early 2020 resulted in the regulation of large-scale physical distancing, which impacted the increasing demand for online food delivery. The MSMEs in this study designed more efficient delivery routes to improve the services with increasing demands. Currently, the delivery process was it only based on the capacity of the delivery fleet and the location of the customer closest to the MSME location. This study aims to evaluate the initial delivery route, determine a new route, and the sequence of visits to each customer location using the saving matrix method, nearest neighbor, and nearest insertion algorithms. By using the saving matrix method, this study finds two visiting routes. The shortest distance was discovered through the comparison of the nearest neighbor and nearest insertion algorithms. The total mileage savings based on route acquisition using the saving matrix method and the nearest neighbor algorithm is 34.5% (the total travel on the initial route is 77.19 km, shifted to 50.59 km on the new route).

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

* Penulis Korespondensi

Puji Handayani Kasih

E-mail:

puji.handayani@upnyk.ac.id



© 2023. Some rights reserved

1. PENDAHULUAN

Pada awal tahun 2020 Pemerintah Indonesia mengumumkan bahwa penyebaran virus covid-19 dikategorikan sebagai pandemi. Pemerintah membolehkan beberapa aturan untuk meminimalkan

penyebaran covid-19. Salah satu aturan yang diberlakukan oleh pemerintah adalah pembatasan aktivitas sosial di luar rumah (*social distancing*), berskala besar (Candra et al., 2021).

Social distancing mengubah perilaku manusia

dengan lebih banyak melakukan aktivitas di dalam rumah termasuk bekerja dari rumah (*work from home*). Kebijakan tersebut berdampak pada meningkatnya minat masyarakat terhadap pengiriman makanan secara *online* (Candra et al., 2021). Meningkatnya minat terhadap pengiriman makanan secara *online* berdampak pada meningkatnya permintaan jasa pengantaran. Jasa pengantaran ini menjadi jasa yang mendukung berbagai sektor bisnis, walaupun bisnis utamanya bukanlah logistik atau pengantaran.

Usaha kecil menengah (UKM) berbasis rumahan (*home industry*) juga mulai menggalakan usaha pengantaran untuk produk-produknya, terutama sejak diterapkan pembatasan kegiatan masyarakat oleh pemerintah. Jasa pengantaran menjadi pilihan bagi pemilik usaha untuk tetap dapat beroperasi dengan melakukan pengantaran produknya ke pelanggan. Sistem pemesanan dan pengantaran berbasis *online* ini menjadi sebuah alternatif untuk pemenuhan kebutuhan pangan pelanggan tanpa harus ke luar rumah agar dapat mencegah penyebaran virus covid-19.

Salah satu UKM berbasis rumahan di daerah Bekasi memiliki produk utama berupa makanan jepang bernama Mentai. UKM rumahan memulai produknya di tengah pandemi pada bulan November 2020. UKM rumahan ini selain menyediakan produk berupa makanan, juga membuka jasa pengantaran untuk produknya yang akan disalurkan kepada pelanggan.

Distribusi produk (*physical distribution*) merupakan salah satu fungsi utama dalam sistem logistik, yang melibatkan aliran produk dari manufaktur atau *distribution center* ke pelanggan melalui jaringan transportasi dan merupakan fungsi yang sangat mahal (Montoya-Torres et al., 2015). Pada proses pengiriman produk (distribusi) kepada pelanggan, penentuan jadwal pengiriman serta rute yang akan dilewati untuk mengirimkan dari satu lokasi ke lokasi yang lain yang akan dituju adalah hal yang sangat penting (Pujawan & Mahendrawathi, 2010).

Penentuan jadwal pengiriman dan rute yang akan dilewati akan berpengaruh pada total jarak tempuh yang juga akan berpengaruh pada waktu tempuh dan biaya transportasi pada proses pengiriman. Sistem distribusi dapat dilakukan dengan pihak Ketiga (*third party logistics* – 3PL) ataupun dilakukan dalam internal perusahaan, namun tujuan utama dari penentuan jadwal dan rute adalah untuk meminimasi biaya (Chandra & Setiawan, 2018). Minimasi biaya ini berkaitan dengan jarak yang minimal (Slamet et al., 2014).

Penentuan jadwal dan rute pengiriman yang optimal dapat menggunakan *vehicle routing problem* (VRP). *Vehicle Routing Problem* (VRP)

merupakan optimasi kombinatorial yang dapat digunakan untuk menentukan rute optimal yang dilalui oleh kendaraan untuk mengirimkan produk kepada pelanggan. Setiap titik lokasi pelanggan dikunjungi hanya sekali oleh satu armada yang berawal dari depot dan berakhir di depot (Asghari & Mirzapour Al-e-hashem, 2021). Istilah “pelanggan” mengacu pada aktivitas pemberhentian untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang (Slamet et al., 2014).

Salah satu UMKM pada penelitian ini mengantarkan produknya berdasarkan kapasitas armada yang digunakan untuk mengantar dan belum mempertimbangkan jarak pelanggan dari toko. Dari sejumlah pesanan yang masuk UMKM akan mengirimkan pesanan berdasarkan pelanggan yang berlokasi terdekat dengan UMKM. Hal tersebut mengakibatkan pesanan yang dikirimkan sampai dengan total waktu tempuh dan jarak tempuh yang kurang optimal. Permasalahan yang dihadapi UMKM adalah menentukan rute dan urutan kunjungan yang optimal sehingga dapat mengirimkan pesanan dengan total waktu tempuh dan jarak tempuh yang lebih efisien. Sebuah perusahaan menentukan rute dengan jarak tempuh paling minimal dengan menggunakan metode *saving matrix* dapat menghemat jarak tempuh sebesar 45.91% atau 7,522 km (dari 1,638.3 km menjadi 886.2Km) (Damayanti et al., 2020). Penghematan total jarak tempuh dan total biaya transportasi juga dapat dilakukan oleh PT. Sukun *Transport Logistics* dengan menerapkan metode *saving matrix* untuk menentukan rute terbaik (Febriyanti et al., 2022).

Penentuan rute distribusi untuk meminimalkan biaya menggunakan *saving matrix*, telah diterapkan di berbagai contoh kasus untuk berbagai sektor. Salah satu penelitian tersebut terkait dengan penentuan rute distribusi bantuan sosial non-tunai oleh PT. Pos Kabupaten untuk meminimalisasi biaya transportasi di Kabupaten Semarang (Purnomo & Hidayat, 2021). Selain itu penelitian terkait penentuan rute distribusi bahan bakar premium di depot SPBU di Bandung (Supardi & Sianturi, 2020).

Selain menggunakan *saving matrix*, beberapa penelitian menggabungkan metode *saving matrix* untuk menentukan rute (mengalokasikan pelanggan ke dalam satu rute) dan menggunakan algoritma *nearest neighbor* (Amri et al., 2012; Arfana Perdana et al., 2021), algoritma *nearest insertion* (Hutami et al., 2017; Suparjo, 2017) atau kedua algoritma *nearest neighbor* dan *nearest insertion* (Fitriani et al., 2021; Supriyadi et al., 2017) sehingga dapat menempuh total jarak yang lebih efisien. Penelitian ini memperkuat penelitian sebelumnya yang telah dilakukan mengenai

efisiensi jarak tempuh dengan menggunakan *saving matrix*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jarak yang ditempuh UKM rumahan tersebut terhadap pelanggan, jarak antar pelanggan, serta mengidentifikasi penentuan rute untuk meminimalisir jarak tempuh (efisiensi rute pengantaran) dengan menggunakan *Saving Matrix*. Selanjutnya, Penelitian ini akan menentukan rute kunjungan pelanggan untuk mengirimkan mentai dengan menggunakan metode *nearest neighbor* dan *nearest insertion*. Sehingga dapat ditentukan rute kunjungan dan urutan kunjungan yang memiliki jarak yang paling minimal berdasarkan hasil perbandingan penentuan urutan rute dengan menggunakan algoritma *nearest neighbor* dan algoritma *nearest insertion*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data primer berupa data jumlah pesanan, spesifikasi armada pengiriman, alamat dari pelanggan, dan biaya pengiriman. Pada penelitian ini, makanan (barang) telah didistribusikan secara acak sehingga ongkos distribusi belum optimal. Metode yang digunakan untuk menghemat biaya transportasi pada penelitian ini adalah VRP (*vehicle route problem*). *Vehicle route problem* merupakan optimasi kombinatorial untuk menentukan rute optimal pada distribusi barang ke beberapa lokasi pelanggan (Herdianti et al., 2021). Data yang digunakan berdasarkan titik-titik lokasi UMKM dan pelanggan yang ada pada *google maps*. Berdasarkan titik lokasi pelanggan dan lokasi UMKM maka dapat dihitung jarak yang harus ditempuh dalam proses pengiriman. Asumsi pada penelitian ini adalah tidak mempertimbangkan faktor hambatan seperti kondisi jalan, dan tingkat kemacetan, serta jarak dari A ke B sama dengan jarak dari B ke A.

Setelah mendapatkan jarak tempuh dari UMKM ke masing-masing pelanggan maka tahap selanjutnya adalah mengelompokkan pelanggan ke dalam satu rute yang sama dengan menggunakan metode *saving matrix* untuk meminimasi jarak tempuh. Setelah mendapatkan kelompok pelanggan yang akan dikunjungi pada rute yang sama, tahap selanjutnya adalah menentukan urutan kunjungan pada rute tersebut dengan menggunakan algoritma *nearest insertion*, dan *nearest neighbor*.

2.1. Saving Matrix

Saving matrix adalah salah satu metode untuk meminimumkan jarak, waktu, atau ongkos kirim dengan mempertimbangkan kendala (*constraint*) yang ada (Kosasih et al., 2020). Berikut ini adalah tahapan dalam meminimumkan jarak tempuh dengan menggunakan metode

saving matrix:

- i. Mengidentifikasi matriks jarak berdasarkan jarak antara toko (UMKM) dengan pelanggan dan jarak antar pelanggan yang akan dituju. Pada tahap ini yang dilakukan adalah mengidentifikasi jarak antara toko dengan masing pelanggan dan jarak antar pelanggan. Pada penelitian ini menggunakan jarak riil berdasarkan *google maps*. Apabila tidak diketahui jarak riil maka jarak dapat dihitung berdasarkan koordinat lokasi yang diketahui dengan menggunakan rumus jarak standar sebagai berikut:

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

Dimana, (x_1, y_1) : Koordinat lokasi 1; (x_2, y_2) : Koordinat lokasi 2; $J(1,2)$: Jarak antar dua lokasi Dengan mengetahui letak koordinat masing masing lokasi maka jarak antar dua lokasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus tersebut. Matriks jarak pada penelitian ini yang ditunjukkan pada Tabel 1.

- ii. Mengidentifikasi dan menghitung matriks penghematan (*saving matrix*)

Pada saat menghitung matriks penghematan, di tahap awal diasumsikan bahwa setiap pelanggan akan dikunjungi oleh satu armada pengiriman secara eksklusif. Berdasarkan pada Tabel 2 maka akan terdapat 13 rute yang berbeda dengan mengunjungi satu satu pelanggan.

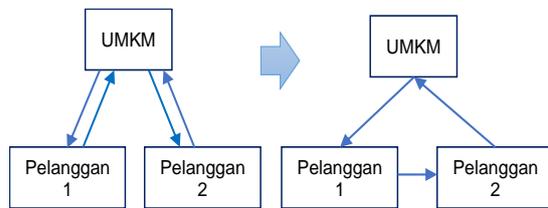
Tabel 2. Data Pelanggan, Jarak, dan Jumlah Permintaan

Pelanggan ke-	Jarak dari Toko (km)	Jumlah Permintaan (porsi)	Jumlah Kumulatif Porsi untuk Pengantaran	
7	1,10	9	89 porsi	
2	2,00	9		
12	2,60	9		
10	2,70	17		
6	2,70	14		
3	3,20	13		
9	3,50	11		
13	6,80	7		
5	3,60	16		70 porsi
11	4,20	19		
4	5,30	11		
8	5,80	14		
1	7,24	10		

Jika kunjungan dilakukan dengan menggabungkan dua atau lebih rute menjadi satu rute maka akan menghemat total jarak tempuh, Penghematan dilakukan dengan menggabungkan dua atau lebih pelanggan ke dalam satu rute,

Tabel 1. Matriks Jarak

		Pelanggan ke-												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pelanggan ke-	1	7,24												
	2	2,00	8,50	0,00										
	3	3,20	5,50	7,60	0,00									
	4	5,30	5,85	8,60	10,6	0,00								
	5	3,60	6,00	4,00	6,30	6,60	0,00							
	6	2,70	7,4	0,85	4,80	4,80	2,40	0,00						
	7	1,10	6,00	3,30	6,55	6,40	7,00	3,90	0,00					
	8	5,80	4,80	3,10	6,60	6,60	5,05	3,70	5,60	0,00				
	9	3,50	8,50	6,85	5,45	4,50	3,50	6,20	4,40	6,70	0,00			
	10	2,70	6,15	7,30	6,25	8,50	5,20	7,90	9,80	5,00	2,80	0,00		
	11	4,20	6,80	7,20	6,25	8,50	1,70	7,80	6,50	6,90	8,00	3,20	0,00	
	12	2,60	7,05	5,20	7,00	5,30	5,55	7,10	6,00	2,70	6,10	4,30	1,20	
	13	6,80	6,95	3,10	4,30	2,20	8,10	6,75	4,40	4,90	5,90	6,30	8,20	6,70



Gambar 1. Model penggabungan Pelanggan

Berdasarkan Gambar 1 perubahan jarak sama dengan total jarak pada saat kunjungan ke pelanggan 1 dan pelanggan 2 belum digabungkan dikurangi dengan total jarak pada saat kunjungan ke pelanggan 1 dan pelanggan 2 sudah digabungkan, Perhitungan penghematan jarak yang didapatkan dengan menggabungkan dua pelanggan ke dalam satu rute.

$$Saving = J(UMKM, 1) + J(UMKM, 2) - J(1,2) \tag{2}$$

Notasi 2 dapat digeneralisasi menjadi notasi 3 dimana UMKM dimisalkan G, pelanggan 1 dimisalkan x, dan pelanggan 2 dimisalkan y, sehingga menjadi notasi berikut:

$$S(x, y) = J(G, x) + J(G, y) - J(x, y) \tag{3}$$

Dimana, S(x,y): penghematan yang didapat dengan menggabungkan pelanggan x dan y menjadi satu rute; J(G,x): jarak antara lokasi Gudang(toko) dengan pelanggan x; J(G,y): jarak antara lokasi Gudang(toko) dengan pelanggan y; J(x,y): Jarak antara lokasi pelanggan x dengan pelanggan y.

Hasil pada notasi 2 dan 3 didapatkan dengan asumsi bahwa jarak (x,y) sama dengan jarak (y,x),

- iii. Mengidentifikasi dan menentukan rute kunjungan dari toko ke pelanggan.
- iv. Mengalokasikan urutan kunjungan dari toko ke semua pelanggan sampai kembali lagi ke toko berdasarkan rute yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya.

2.2. Nearest Neighbor

Metode *nearest neighbor* ditemukan pada tahun 1983, Metode ini dimulai dengan menentukan titik awal keberangkatan lalu kemudian melihat titik terdekat dari titik awal untuk selanjutnya dikunjungi (Kosasih et al., 2020), Titik awal keberangkatan pada penelitian ini adalah UMKM (depot) lalu selanjutnya dicari pelanggan dengan lokasi terdekat dengan UMKM, Kemudian pilih pelanggan terdekat dari pelanggan terakhir yang dikunjungi, Tahapan pada algoritma *nearest neighbor* adalah (Pop et al., 2011):

- 1) Titik awal keberangkatan dimulai dari depot, lalu selanjutnya cari pelanggan yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat dengan depot sebagai pelanggan pertama yang dikunjungi,
- 2) Lanjutkan kunjungan selanjutnya ke pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan yang telah dipilih untuk dikunjungi sebelumnya, Pastikan bahwa jumlah barang yang akan dikirimkan tidak melebihi kapasitas kendaraan yang digunakan untuk mengirimkan barang,
 - a. Jika terdapat pelanggan yang terpilih untuk dikunjungi selanjutnya dan masih terdapat kapasitas kendaraan untuk mengirimkan pesanan pelanggan tersebut maka lanjutkan tahap 2.

- b. Jika tidak tersedia kapasitas kendaraan untuk mengirimkan pesanan tersebut maka kembali ke tahap 1.
 - c. Jika tidak terdapat lokasi yang terpilih karena jumlah pengiriman telah melebihi kapasitas kendaraan maka kembali ke tahap 1, Mulai lagi dari depot dan kunjungi pelanggan terdekat yang belum dikunjungi.
- 3) Jika semua pelanggan telah dikunjungi tepat satu kali maka algoritma telah selesai.

2.3. Nearest insertion

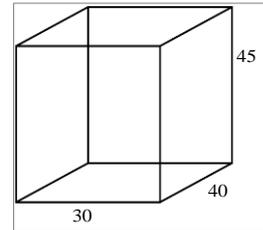
Nearest insertion adalah salah satu prosedur *insertion*, Prosedur *insertion* (penyisipan) melakukan *subtour* pada k node pada iterasi k , Prosedur *insertion* menentukan *subtour* k node pada iterasi k dan menentukan *node* mana yang belum dikunjungi (*subtour*) yang akan digabungkan dengan *subtour* berikutnya, Kemudian menentukan di mana *node* tersebut akan disisipkan (Bramel & Simchi-Levi, 1995), Berikut ini adalah prosedur pada metode *nearest insertion*:

- 1) Mulai dengan *subgraph* yang hanya terdiri dari *node* i , *Node* i adalah keberangkatan pertama (depot), Depot juga merupakan destinasi terakhir,
- 2) Temukan *node* j (C_{ij}) yang akan disisipkan ke dalam *subtour* i - j
- 3) Tentukan *node* j yang jika disisipkan akan menghasilkan total jarak tempuh paling minimal,
- 4) Berdasarkan *subtour* yang sudah ada temukan *node* k yang belum tergabung dalam *subtour* yang terdekat dengan *node* manapun yang ada di dalam *subtour*,
- 5) Tambahkan *arc* pada setiap kunjungan pada *subtour* yang dibentuk, Sisipkan *node* k diantara *node* i dan *node* j yang akan memberikan tambahan jarak paling minimal ($C_{ik} + C_{kj} - C_{ij}$). Pastikan pada saat menambahkan *node* k kapasitas kendaraan masih mencukupi,
- 6) Jika kapasitas tidak mencukupi maka kembali ke tahap 4.

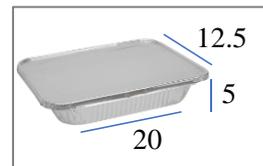
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Armada yang digunakan untuk pengiriman produk adalah sepeda motor yang dilengkapi oleh *container delivery* (Gambar 2), *Container delivery* yang digunakan memiliki ukuran dimensi $p \times l \times t$ sebagai (40 cm \times 30 cm \times 45 cm), Sedangkan kemasan yang digunakan untuk mengemas produk yang dikirim (Gambar 3), *Food container* yang digunakan untuk mengemas produk memiliki ukuran dimensi $p \times l \times t$ (20 cm \times 12,5 cm \times 5 cm), Berdasarkan ukuran *container delivery* dan *food delivery*, dapat diketahui bahwa dalam sekali

pengiriman *container delivery* dapat memuat 90 *food container*,



Gambar 2. Container Delivery



Gambar 3. Food Container

Data pada penelitian ini merupakan data mentah dari UMKM yang berupa data pelanggan, jumlah pesanan beserta alamat lokasi pelanggan, Lokasi pelanggan dan permintaan dari masing masing pelanggan ditunjukkan pada Tabel 2, Jarak antara lokasi UMKM dengan pelanggan dan jarak antar pelanggan didapatkan dari *google maps*, Selanjutnya untuk data jarak antar pelanggan dan jarak dari toko ke masing-masing pelanggan ditunjukkan pada Tabel 1 berupa matriks jarak, Matriks jarak didapatkan dengan menggunakan rumus 1, Jumlah titik lokasi pelanggan adalah 13 titik dan 1 lokasi UMKM yang tersebar di area Jabodetabek (Tabel 2).

3.1. Distribusi Awal

Berdasarkan data awal diketahui bahwa jumlah permintaan terdapat 13 pelanggan dalam satu periode pemesanan makanan dengan jumlah *pack* pesanan tiap, Kapasitas pengantaran adalah 90 porsi (*pack*), Berdasarkan permintaan yang masuk maka proses pengiriman dilakukan dengan cara mengirimkan pesanan ke pelanggan yang terdekat dari UMKM, Tabel 3 menunjukkan rute pengiriman awal, Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa Rute 1, pengantaran menempuh total jarak yang ditempuh adalah 44,75 km, sementara untuk rute 2 pengantaran, menempuh total jarak 32,44 km, Hal ini berarti total jarak keseluruhan yang ditempuh (rute 1 dan rute 2) adalah 77,19 km, Kunjungan pelanggan yang dilakukan oleh UMKM terdapat 2 rute yaitu Rute 1: Toko, pelanggan 7, pelanggan 2, pelanggan 12, Pelanggan 10, Pelanggan 6, Pelanggan 3, pelanggan 9, pelanggan 13, Toko, Rute 2: Toko, pelanggan 5, pelanggan 11, pelanggan 4, pelanggan 8, Pelanggan 1, toko.

Tabel 3. Rute Pengiriman Awal

Rute 1		
Urutan Pengantaran Awal	Jarak dari Toko (km)	Jumlah Kumulatif Porsi untuk Pengantaran
Toko	0,00	89 porsi
Pelanggan ke-7	1,10	
Pelanggan ke-2	3,30	
Pelanggan ke-12	5,20	
Pelanggan ke-10	4,30	
Pelanggan ke-6	7,90	
Pelanggan ke-3	4,80	
Pelanggan ke-9	5,45	
Pelanggan ke-13	5,90	
Toko	6,80	
Total Jarak Tempuh	44,75	
Rute 2		
Urutan Pengantaran Awal	Jarak dari Toko (km)	Jumlah Kumulatif Porsi untuk Pengantaran
Toko	0,00	70 porsi
Pelanggan ke-5	3,60	
Pelanggan ke-11	1,70	
Pelanggan ke-4	8,50	
Pelanggan ke-8	6,60	
Pelanggan ke-1	4,80	
Toko	7,24	
Total Jarak Tempuh	32,44	
Total Jarak Rute 1 dan 2		77,19 km

Berdasarkan hasil perhitungan total jarak tempuh pengiriman tersebut, penelitian ini bertujuan untuk dapat menghemat total jarak tempuh dengan menggunakan *saving matrix* untuk menentukan rute kunjungan, Setelah mendapatkan rute kunjungan maka selanjutnya menentukan urutan kunjungan pelanggan dengan menggunakan algoritma *nearest insertion* dan *nearest neighbor*, Berdasarkan kedua algoritma tersebut akan ditentukan rute dengan total jarak tempuh paling minimal.

3.2. Penentuan Rute Saving Matrix

Metode *Saving Matrix* digunakan untuk mengevaluasi rute pengantaran dan meminimalisasi total jarak tempuh pengantaran, Berdasarkan notasi 3 didapatkan matriks penghematan pada penelitian ini yang ditunjukkan pada Tabel 3, Setelah melakukan perhitungan *saving matrix* yang ditunjukkan pada Tabel 4 maka langkah selanjutnya adalah mengalokasikan pelanggan ke dalam rute (kendaraan), Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa penelitian ini memiliki 13 rute awal, Namun, pelanggan-pelanggan tersebut dapat digabungkan sampai dengan batas kapasitas *container delivery*,

Proses penggabungan pelanggan kedalam satu rute kunjungan dimulai dari nilai penghematan terbesar karena bertujuan untuk memaksimalkan penghematan, Nilai yang memiliki *saving* atau penghematan paling besar adalah 9,9 km yaitu penggabungan pelanggan pelanggan 4 dan pelanggan 13 kedalam satu rute kunjungan, diikuti oleh nilai yang memiliki penghematan terbesar kedua 8,24 km yaitu penggabungan pelanggan 1 dan pelanggan 8, berdasarkan kapasitas *container delivery* pelanggan 4, 13, 1, dan 8 dapat dijadikan menjadi satu rute (Tabel 4), Jika pada saat penggabungan ternyata kapasitas melebihi kapasitas *container delivery* maka harus membentuk rute baru, Pengelompokan tersebut terus dilakukan sampai semua pelanggan sudah dialokasikan ke dalam rute yang terbentuk tanpa melebihi kapasitas *container delivery*, Pengelompokan ini dilakukan untuk menentukan pelanggan yang akan dilakukan pengantaran pada rute 1, Proses pengelompokkan rute ini juga memperhatikan kapasitas pengantaran yaitu 90 porsi, Setelah mencapai kapasitas maksimal pengantaran, kelompok pelanggan selanjutnya akan diikutsertakan untuk dilakukan pengantaran pada rute 2.

Tabel 4. Perhitungan *Saving Matrix*

		Pelanggan ke-												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pelanggan ke-	1													
	2	0,74												
	3	4,94	2,40											
	4	6,69	1,30	2,10										
	5	4,84	1,60	0,50	2,30									
	6	2,54	3,85	1,10	3,20	3,90								
	7	2,34	0,20	2,25	0,00	2,30	0,10							
	8	8,24	4,70	2,40	4,50	4,35	4,80	1,3						
	9	2,24	1,35	1,25	4,30	3,60	0,00	0,2	2,60					
	10	3,79	2,60	0,35	0,50	1,10	2,50	6	3,50	3,40				
	11	4,64	1,00	1,15	1,00	6,10	0,90	1,2	3,10	0,30	3,70			
	12	2,79	0,60	1,20	2,60	0,65	1,80	2,3	5,70	0,00	1,00	5,60		
	13	7,09	5,70	5,70	9,90	2,30	2,75	3,5	7,70	4,40	3,20	2,80	2,70	0,00
Jumlah pesanan tiap pelanggan		10	10	9	13	11	16	14	9	14	11	17	19	9

Tabel 5. Alokasi Pelanggan ke dalam Rute

Rute 1	Rute 2
Pelanggan ke - 1	Pelanggan ke - 5
Pelanggan ke - 2	Pelanggan ke - 7
Pelanggan ke - 3	Pelanggan ke - 9
Pelanggan ke - 4	Pelanggan ke - 10
Pelanggan ke - 6	Pelanggan ke - 11
Pelanggan ke - 8	
Pelanggan ke - 12	
Pelanggan ke - 13	

Pengelompokkan rute 2 juga memperhatikan ketentuan yang sama seperti pada pengelompokkan rute 1, yaitu dimulai dari pelanggan yang memiliki penghematan terbesar (6,1), dan diikuti oleh pelanggan yang memiliki penghematan terbesar kedua (3,6), dan seterusnya hingga seluruh pelanggan telah diklasifikasikan. Penentuan pelanggan rute kedua juga, tidak boleh melewati batas kapasitas pengantaran (90 porsi). Setelah mempertimbangkan jarak dan kapasitas pengantaran, maka dilakukan pengelompokan

pengantaran tiap rute (Tabel 5).

3.3. Urutan Rute Pengiriman

Penentuan urutan pengantaran di tiap rute-nya menggunakan algoritma *nearest insertion* dan *nearest neighbor* (heuristik), dengan memperhatikan jarak toko dan antar pelanggan di tiap rute-nya, Tujuannya adalah untuk mendapatkan total jarak tempuh yang terpendek. Hasil penentuan urutan pengantaran dengan menggunakan algoritma *nearest insertion* dan *nearest neighbor* ditunjukkan pada Tabel 6. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode *nearest insertion* dan *nearest neighbor* didapatkan total jarak tempuh yang minimum. Berdasarkan Tabel 6 diperoleh total jarak tempuh minimum pada rute 1 sepanjang 33,79 km dengan menggunakan metode *nearest neighbor*. Total jarak tempuh pada rute 2 adalah sepanjang 16,8 km berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *nearest insertion* maupun *nearest neighbor*. Rekapitulasi penentuan jarak dan urutan pengantaran ditunjukkan pada Tabel 7, dimana total jarak tempuh pada rute usulan adalah sepanjang 50,59 km.

Tabel 6. Urutan Pengantaran Menggunakan *Nearest Insertion* dan *Nearest Neighbor*

Rute	Urutan Pengantaran	Metode	Total Jarak (Km)
Rute 1	T-P2-P6-P3-P12-P8-P13-P4-P1-T	<i>nearest insertion</i>	37,54
	T-P2-P6-P8-P12-P4-P13-P3-P1-T	<i>nearest neighbor</i>	33,79
Rute 2	T-P7-P9-P10-P11-P5-T	<i>nearest insertion</i>	16,80
	T-P7-P9-P10-P11-P5-T	<i>nearest neighbor</i>	16,80

Tabel 7. Rekapitulasi Jarak Tempuh Rute Pengantaran

Rute	Urutan Pengantaran	Total Jarak (km)
Rute 1	T-P2-P6-P8-P12-P4-P13-P3-P1-T	33,79
Rute 2	T-P7-P9-P10-P11-P5-T	16,8

Tabel 8. Perbandingan Total Jarak Tempuh Rute Awal dengan Rute Usulan

Rute	Total Jarak Tempuh (km)
Rute awal	77,19
Rute Usulan	50,59
Selisih	26,6

Tabel 8 menunjukkan perbandingan total jarak tempuh antara rute pengantaran awal dengan rute pengantaran usulan. Penentuan rute dengan menggunakan metode *saving matrix* dapat memperbaiki total jarak tempuh pengiriman sehingga dapat meminimasi total jarak tempuh. Penggunaan metode *nearest neighbor* dapat memperpendek total jarak tempuh pengantaran dari 77,19 km menjadi 50,59 km (menghemat sebesar 26,6 km). Penelitian ini mendukung beberapa referensi penelitian sebelumnya terkait dengan *saving matrix* dapat meminimasi jarak pengiriman (Tabel 9).

Tabel 9. Penelitian *Saving Matrix* Sebelumnya

Referensi	Total Jarak Tempuh Awal	Total Jarak Tempuh Akhir	% Minimasi Jarak
Febriyanti. et al. (2022)	313 km	299 km	4,47%
Damayanti et al. (2020)	1638,3 km	886,2 km	45,91%
Purnomo et al. (2021)	1021,6 km	844,6 km	17,32%
Yuniarti & Astuti (2013)	261 km	259 km	0,76%
Novianti et al. (2021)	1372,1 km	712,5 km	48,07%
Aditama et al. (2020)	2234 km	1106 km	54,07%

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi jadwal pengiriman produk dan menyusun perbaikan jadwal pengiriman produk ke pelanggan dengan mempertimbangkan jarak tempuh. Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan metode *saving matrix* dapat meminimasi total jarak tempuh pada proses pengantaran produk kepada pelanggan dari 77,19 km menjadi 50,59 km. Penggunaan metode *saving matrix*

dapat menghemat total jarak tempuh sebesar 26,6 km. Hasil penelitian ini dapat menjadi rekomendasi untuk meminimalkan total jarak tempuh. Penelitian ini belum mempertimbangkan kondisi *real time* kepadatan jalan raya serta belum mempertimbangkan total waktu pengiriman. Pada penelitian selanjutnya akan lebih baik jika mempertimbangkan kondisi *real time* kepadatan jalan raya serta total waktu pengiriman. Selain itu dapat menggunakan metode lain untuk dapat menyelesaikan permasalahan *vehicle routing problem* dengan lebih cepat dan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, R, R., Gustopo, D., & Adiantantri, E, (2020), Meminimalisir Biaya Distribusi Dengan Menentukan Jalur Optimal Menggunakan Metode Saving Matrix Kabupaten Kepanjen Malang Jawa Timur, *Jurnal Valtech*, 3(2), 1–4, <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/valtech/article/view/2741>
- Amri. M., Rahman. A., & Yuniarti. R. (2012). Penyelesaian Vehicle Routing Problem menggunakan Metode Nearest Neighbour. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri*. 2(1). 36–45. <http://jrmsi.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jrmsi/article/view/58>
- Arfana Perdana. V., Fatimah Hunusalela. Z., & Teja Prasasty. A. (2021). Penerapan Metode Saving Matrix Dan Algoritma Nearest Neighbor Dalam Menentukan Rute Distribusi Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi Pada PT. XYZ. *JATI UNIK: Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*. 4(2). 91–105. <https://doi.org/10.30737/jatiunik.v4i2.1000>
- Asghari. M., & Mirzapour Al-e-hashem. S. M. J. (2021). Green vehicle routing problem: A state-of-the-art review. *International Journal of Production Economics*. 231(2). 107899. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107899>
- Bramel. J., & Simchi-Levi. D. (1995). A Location Based Heuristic for General Routing Problems. *Operations Research*. 43(4). 649–660. <https://doi.org/10.1287/opre.43.4.649>
- Candra. S., Ayudina. M., & Arashi. M. A. (2021). The Impact of Online Food Applications

- during the Covid-19 Pandemic. *International Journal of Technology*. 12(3). 472–484. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i3.4195>
- Chandra. A.. & Setiawan. B. (2018). Optimasi Jalur Distribusi dengan Metode Vehicle Routing Problem (VRP). *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)*. 5(2). 105–116. <https://doi.org/10.54324/j.mtl.v5i2.233>
- Damayanti. T. R.. Kusumaningrum. A. L.. Susanty. Y. D.. & Islam. S. S. (2020). Route optimization using saving matrix method – a case study at public logistics company in Indonesia. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. August. 1583–1591. <http://www.ieomsociety.org/detroit2020/papers/372.pdf>
- Febriyanti. D. E.. Primadasa. R.. & Sutono. S. B. (2022). Determination of distribution routes using the saving matrix method to minimize shipping costs at PT. Sukun Transport Logistics. *Spektrum Industri*. 20(1). 79–90. <https://doi.org/10.12928/si.v20i1.18>
- Fitriani. N. A.. Pratama. R. A.. Zahro. S.. Utomo. P. H.. & Martini. T. S. (2021). Solving capacitated vehicle routing problem using saving matrix, sequential insertion, and nearest neighbor of product 'X' in Grobogan district. *AIP Conference Proceedings*. 2326(1). 020007. <https://doi.org/10.1063/5.0039295>
- Herdianti. W.. Gunawan. A. A. S.. & Komsiyah. S. (2021). Distribution Cost Optimization Using Pigeon Inspired Optimization Method with Reverse Learning Mechanism. *Procedia Computer Science*. 179(2019). 920–929. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.081>
- Hutami. D. W.. Mahmudy. W. F.. & Marji. M. (2017). Implementasi Algoritma Nearest Insertion Heuristic dan Modified Nearest Insertion Heuristic Pada Optimasi Rute Kendaraan Pengangkut Sampah (Studi Kasus: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*. 1(2). 95–99. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/25>
- Kosasih. W.. Ahmad. Laricha Salomon. L.. & Febricky. (2020). Comparison study between nearest neighbor and farthest insert algorithms for solving VRP model using heuristic method approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 852(1). 012090. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012090>
- Montoya-Torres. J. R.. López Franco. J.. Nieto Isaza. S.. Felizzola Jiménez. H.. & Herazo-Padilla. N. (2015). A literature review on the vehicle routing problem with multiple depots. *Computers & Industrial Engineering*. 79. 115–129. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.10.029>
- Novianti. N.. Kamila. A. N.. Febrianti. S.. & Fauzi. M. (2021). Penerapan Metode Saving Matrix Sebagai Program Pengurangan Biaya Distribusi di Perusahaan Kosmestik. *Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*. 1(1). 23–34. <https://www.taguchi.lppmbinabangsa.id/index.php/home/article/view/3>
- Pop. P. C.. Zelina. I.. Lupşe. V.. Sitar. C. P.. & Chira. C. (2011). Heuristic Algorithms for Solving the Generalized Vehicle Routing Problem. *International Journal of Computers Communications & Control*. 6(1). 158–165. <https://doi.org/10.15837/ijccc.2011.1.2210>
- Pujawan. I. N.. & Mahendrawathi. E. R. (2010). *Supply chain management*. Surabaya: Guna Widya. <https://www.onesearch.id/Record/IOS7356.slims-3179>
- Purnomo. Y.. & Hidayat. D. A. W. (2021). Saving Matrix Sebagai Metode Penentuan Rute Distribusi Bantuan Sosial Non Tunai untuk Meminimalisir Biaya Transportasi di PT Pos Indonesia Persero Kabupaten Semarang. *Jurnal Ekonomi Logistik*. 3(1). 163–187. <https://ojs.cendekiaku.ac.id/index.php/jurnal/article/view/75>
- Slamet. A. S.. Siregar. H. H.. & TIP. A. K. (2014). Vehicle routing problem (VRP) dengan algoritma genetika pada pendistribusian sayuran dataran tinggi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 24(1). <https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/8085>
- Supardi. E.. & Sianturi. R. C. (2020). Metode saving matrix dalam penentuan rute distribusi premium di Depot SPBU Bandung. *Jurnal Logistik Bisnis*. 10(1). 89–98. <https://ejurnal.poltekpos.ac.id/index.php/logistik/article/view/844>
- Suparjo. S. (2017). Metode Saving Matrix Sebagai Alternatif Efisiensi Biaya Distribusi (Studi Empirik Pada Perusahaan Angkutan Kayu Gelondongan Di Jawa Tengah). *Media Ekonomi Dan Manajemen*. 32(2). 137–153. <http://jurnal.untagsmg.ac.id/index.php/fe/article/view/513>
- Supriyadi. S.. Mawardi. K.. & Nalhadi. A. (2017).

Minimasi Biaya Dalam Penentuan Rute Distribusi Produk Minuman Menggunakan Metode Savings Matrix. *Seminar Nasional Institut Supply Chain Dan Logistik Indonesia (ISLI) Universitas Hasanuddin Makassar*. 1–7. <https://ejurnal.lppmunsera.org/index.php/senasset/article/view/475>

Yuniarti. R.. & Astuti. M. (2013). Penerapan metode saving matrix dalam penjadwalan dan penentuan rute distribusi premium di SPBU Kota Malang. *Rekayasa Mesin*. 4(1). 17–26. <https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/173>