

Penentuan Rute Distribusi *Feasible* untuk *Vehicle Routing Problem with Time Windows* dengan Metode *Sequential Insertion* Pada CV. Hagia Mitra Mandiri

Prayoga Hidayat^{1*}, Winarno², Wahyudin³

^{1,2,3}Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jawa Barat

*Koresponden email: phidayat96@gmail.com

Diterima: 19 Desember 2023

Disetujui : 25 Desember 2023

Abstract

CV. Hagia Mitra Mandiri is a company that distributes black queen bee honey products. Problems faced by CV. Hagia Mitra Mandiri in the distribution of its products, namely that the company has not yet planned product delivery routes to various customers of bitter black queen bee honey in the Jakarta, Bogor, Depok, Bekasi and Karawang areas. As a result, product delivery routes often exceed customer working hours, which can make delivery schedules less than optimal in terms of distance, travel time and delivery costs. This research aims to design the route that each vehicle must take according to the user's working hours, with the aim of optimizing the total travel distance. The method used is the sequential insertion algorithm method to solve the *Vehicle Routing Problem with Time Windows* problem model. The sequential insertion method is used to plan proposed distribution routes by considering travel distance, travel time and transportation costs. The research results show that there are differences in the proposed route from the initial route. The proposed route resulting from the calculation of the sequential insertion algorithm method produces the best distance, namely 307 km with a savings ratio of 18.13%, a comparison of total transportation cost savings of Rp. 58,758 and the difference in fuel usage is 7.55 liters. The total travel time is 667 minutes and the total travel time ratio is 9.01%..

Keywords: *distribution, transport equipment, sequential insertion, time windows*

Abstrak

CV. Hagia Mitra Mandiri merupakan perusahaan yang mendistribusikan produk madu hitam ratu lebah. Masalah yang dihadapi CV. Hagia Mitra Mandiri dalam pendistribusian produknya yaitu perusahaan belum melakukan perencanaan rute pengiriman produk ke berbagai customer madu pahit hitam ratu lebah yang berada di wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Bekasi, dan Karawang. Akibatnya, seringkali rute pengiriman produk melebihi jam kerja pelanggan sehingga dapat membuat jadwal pengiriman menjadi kurang optimal dari segi jarak, waktu tempuh, dan biaya pengiriman. Penelitian ini bertujuan untuk merancang rute yang harus ditempuh oleh setiap kendaraan sesuai dengan jam kerja pengguna, dengan tujuan mengoptimalkan total jarak perjalanan. Metode yang digunakan yaitu metode algoritma *sequential insertion* untuk menyelesaikan model permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows*. Metode *sequential insertion* digunakan untuk merencanakan usulan rute distribusi yang dituju dengan mempertimbangkan jarak tempuh, waktu tempuh dan biaya transportasi. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan rute usulan dari rute awal. Rute usulan yang dihasilkan dari perhitungan metode algoritma *sequential insertion* menghasilkan jarak yang terbaik yaitu 307 km dengan perbandingan penghematan sebanyak 18,13 %, perbandingan penghematan total biaya transportasi sebanyak Rp. 58.758 dan selisih penggunaan bahan bakar sebanyak 7,55 Liter. Total waktu tempuh 667 menit dan perbandingan total waktu tempuh sebanyak 9,01 %.

Kata Kunci: *distribusi, alat angkut, sequential insertion, time windows*

1. Pendahuluan

Distribusi dan transportasi mempunyai peranan yang cukup besar dalam sektor perekonomian [1]. Jaringan distribusi dan transportasi menawarkan pergerakan produk dari fasilitas produksi ke fasilitas pelanggan, yang seringkali dibatasi oleh jarak [2]. Kemampuan untuk memprediksi waktu pengiriman dan ketersediaan produk merupakan faktor penting dalam bisnis yang mencakup industri kecil dan besar [3]. Tantangan paling serius bagi sebuah bisnis adalah menemukan pembeli. Untuk meningkatkan kepuasan pelanggan, beberapa faktor harus ditangani di luar proses produksi. Penjualan mempunyai dampak yang signifikan terhadap dunia bisnis [4] Semua pihak mendapat manfaat dari distribusi yang tepat. Ini adalah distribusi produk dari bisnis ke konsumen tepat waktu dan efektif.

Distribusi dan pengangkutan yang benar sangat penting agar produk dapat sampai ke konsumen dengan cepat, benar, dan dalam kondisi baik [5]. Distribusi merupakan faktor penting karena tanpa distribusi yang tepat, proses ini dapat memakan biaya dan mengakibatkan pemborosan waktu, uang, dan tenaga [6]. Logistik terutama berkaitan dengan kegiatan transportasi yang tepat. Anda harus memutuskan pelanggan mana yang akan Anda hubungi terlebih dahulu dan dalam urutan apa Anda akan menghubungi mereka. Kegiatan ini meliputi pengangkutan produk, jadwal pengiriman, dan perencanaan rute distribusi [7]. Logistik merupakan bagian penting dari kemampuan perusahaan dalam mengirimkan produk ke pelanggan tepat waktu.

Pengiriman produk yang benar kepada pelanggan harus didasarkan pada perencanaan jangka panjang dan keputusan jalan sehingga pelanggan yang ingin mendapatkan izin dapat melakukannya tepat waktu [8]. Untuk dapat melaksanakan kegiatan logistik dengan lebih efektif dan efisien, perusahaan menetapkan jadwal dan aturan [9]. Berdasarkan observasi dan wawancara secara langsung kepada kepala gudang selaku pelaksana utama proses pendistribusian. Didapatkan gambaran kondisi perusahaan sebagai berikut. CV. Hagia Mitra Mandiri merupakan perusahaan yang berfokus untuk memproduksi dan mendistribusikan produk Madu Pahit Hitam Ratu Lebah. Salah satu jaminan yang harus dipenuhi perusahaan kepada customer adalah pengiriman produk sesuai dengan permintaan customer secara tepat waktu dan efisien. Sehingga proses distribusi yang dilaksanakan tidak mengakibatkan pemborosan dari segi waktu, jarak, dan biaya. CV. Hagia Mitra Mandiri memiliki 12 customer dan 1 jenis kendaraan untuk mendistribusikan produknya yaitu Grand Max Pick Up bak 2 pintu sebanyak 2 buah dengan kapasitas maksimal 1000 kg yang dioperasikan untuk produk Madu Hitam Ratu Lebah.

Masalah yang dihadapi CV. Hagia Mitra Mandiri dalam pendistribusian produknya yaitu perusahaan belum melakukan perencanaan rute pengiriman produk ke berbagai customer madu pahit hitam ratu lebah yang berada di wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Bekasi, dan Karawang. Perusahaan melakukan aktivitas distribusi produk secara internal tanpa mengenakan biaya tambahan kepada pihak lain untuk mengelola proses distribusi produk ke pelanggan. Namun, perusahaan menghadapi beberapa kendala terkait distribusi produk, termasuk penentuan rute pengiriman yang masih bersifat intuitif oleh staf pengiriman akibat absennya perencanaan rute distribusi. Akibatnya, dalam beberapa kasus, rute pengiriman produk melampaui jam operasional pelanggan, yang dapat mengakibatkan jadwal distribusi kurang optimal dari segi jarak, waktu, dan biaya. Oleh karena itu, kendala-kendala tersebut akan diinvestigasi dalam penelitian ini, yang mencakup *Vehicle Routing Problem with Time Windows*.

Vehicle Routing Problem with Time Windows adalah bentuk pengiriman produk yang dilakukan dalam satu kendaraan dengan mempertimbangkan pembatasan waktu kunjungan yang telah ditetapkan oleh pelanggan [10]. Dalam penelitian sebelumnya, Abadi (2013) mengadakan perbandingan antara pendekatan Nearest Neighbor dan pendekatan Sequential Insertion dalam menangani *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan single trip dan multiple trips. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pendekatan Sequential Insertion pada single trip mampu menghasilkan optimalisasi jarak tempuh hingga 9,8 km [11]. Sebaliknya, Putri (2016) melaporkan bahwa penerapan metode Sequential Insertion dalam menangani *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) untuk *Multiple Product and Multiple Route* berhasil meraih penghematan jarak sekitar 25,51 km dan efisiensi biaya distribusi mencapai 19,56% [10].

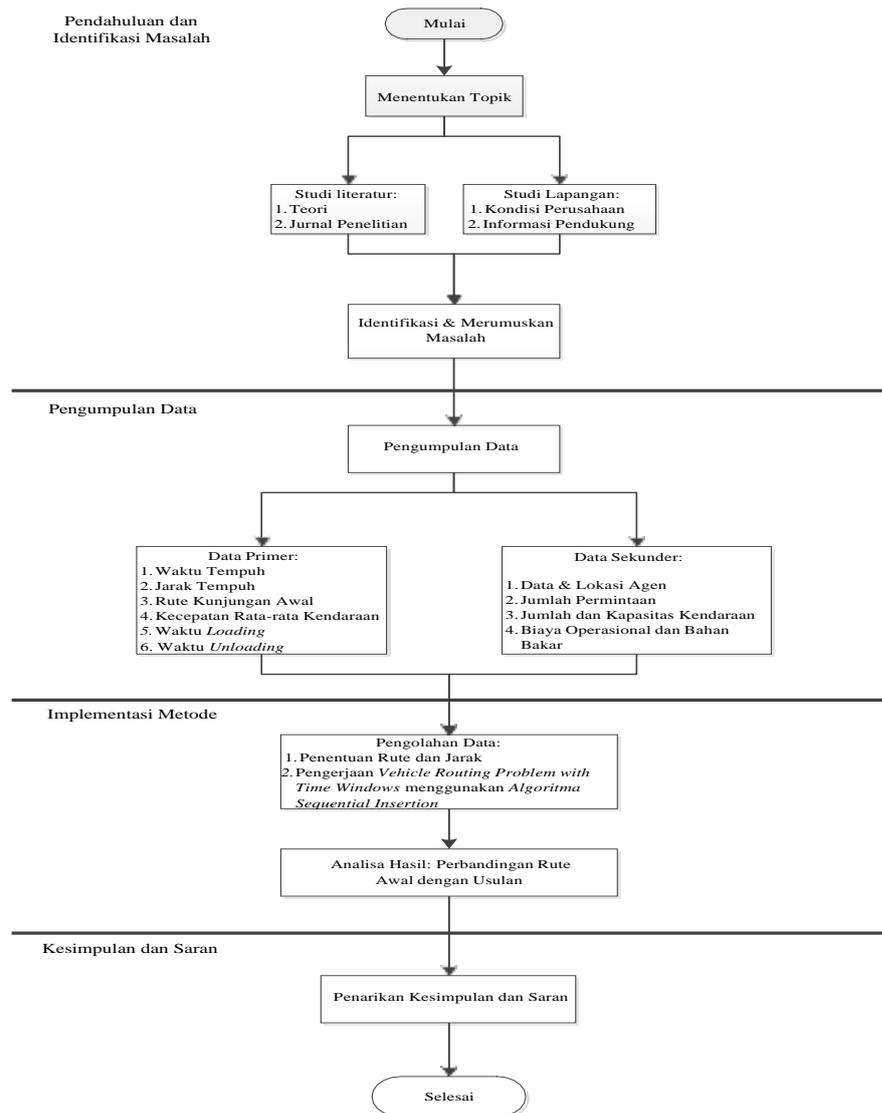
Metode Sequential Insertion memiliki keunggulan dalam proses pemilihan pelanggan dengan mempertimbangkan posisi pelanggan pada busur penyisipan yang tersedia. Hal ini bertujuan untuk mencapai hasil yang optimal. Temuan ini berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan [12]. Dengan menerapkan metode sequential insertion, permasalahan distribusi yang ada di perusahaan dapat diatasi dengan efektif.

Pemilihan Rute Distribusi yang Memungkinkan untuk *Vehicle Routing Problem with Time Windows* dengan Menggunakan Metode Sequential Insertion di CV [13]. Oleh karena itu, perusahaan dapat mengoptimalkan alokasi produknya pada kendaraan yang tersedia dan dapat merencanakan rute distribusi dengan lebih efektif. Dengan demikian, waktu, tenaga, dan biaya distribusi dapat dihemat. Usulan rute distribusi yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi pedoman bagi perusahaan dalam mendistribusikan produk secara lebih efisien di masa mendatang.

2. Metode Penelitian

Langkah-Langkah Penelitian

Dalam kerangka penelitian ini, akan dipersembahkan dalam wujud diagram alir atau *flowchart* untuk mempermudah pemahaman pembaca mengenai metode dan urutan langkah-langkah dalam proses penelitian. Diagram alir ini akan menjelaskan rangkaian proses penelitian dari awal hingga akhir, menggambarkan setiap tahap penelitian. Rincian langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Langkah-Langkah Penelitian

Sumber : Penulis, 2023

- a. Mulai
- b. Pemilihan Topik, Penelitian ini fokus pada permasalahan terkait distribusi Madu Pahit Hitam Ratu Lebah.
- c. Studi Literatur, Buku dan penelitian terdahulu yang membahas tentang pemecahan masalah *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) serta literatur-literatur yang telah diakses.
- d. Studi Lapangan, investigasi langsung di lokasi
- e. Identifikasi Masalah, proses mengenali, menyusun, dan merinci suatu kondisi.
- f. Pengumpulan Data, proses menghimpun informasi atau fakta-fakta yang relevan untuk tujuan penelitian, evaluasi, atau analisis yang terdiri dari data primer dan sekunder.
- g. Pengolahan data, kegiatan atau proses yang melibatkan organisasi, analisis, dan interpretasi data yang telah dikumpulkan.
- h. Analisis dan Pembahasan, Proses analisis yang diterapkan melibatkan perbandingan antara panjang perjalanan 34 rute yang dihasilkan oleh perusahaan dengan hasil yang diperoleh melalui penggunaan algoritma sequential insertion.
- i. Kesimpulan dan Saran, harus mencerminkan jawaban terhadap pertanyaan penelitian atau tujuan penelitian..
- j. Selesai

3. Hasil dan Pembahasan

Data Nama dan Alamat Customer

CV. Hagia Mitra Mandiri merupakan perusahaan yang fokus memproduksi produk Madu Pahit Hitam Ratu Lebah untuk para *customer* di beberapa lokasi. CV. Hagia Mitra Mandiri memiliki sebuah gudang yang berada di Jl. Cinyosog, Burangkeng, Kec. Setu, Kabupaten Bekasi. Saat ini gudang tersebut memiliki 12 *customer*. Nama dan lokasi *customer* pada tahun 2021 dapat dilihat di **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Nama dan Lokasi Konsumen

No.	Nama Customer	Kode	Lokasi	Jarak (KM)	Jam Buka Tutup
1.	CV. Hagia Mitra Mandiri	D	Jl. Cinyosog, Burangkeng, Kec. Setu, Kab. Bekasi	0	07.30 – 20.00
2.	Haifa Herbal Timur	C1	Jl. Djooyomartono Blok B, Margahayu, Kota Bekasi	14	08.00 – 20.30
3.	Haifa Pekayon	C2	Jl. Raya Jati Asih No.81, Pekayon, Kota Bekasi	11	09.00 – 20.30
4.	Ad Dawaa	C3	Jl. Ir. Juanda, Bulak Kapal, Kota Bekasi	15	08.00 – 18.00
5.	Shafa Marwah	C4	Jl. Randu Sari, Dramaga, Kab. Bogor	56	08.00 – 20.30
6.	Eko Abu Dhiyah	C5	Jl. Kp. Kobak, Tambun Selatan, Kab. Bekasi	15	07.00 – 20.30
7.	Ahmad Zaini	C6	Jl. Flamboyan, Sumurkondang, Klari, Kab. Karawang	54	08.30 – 20.00
8.	Rushendri Herbal	C7	Cimuning, Mustika Jaya, Kota Bekasi	3	06.30 – 17.00
9.	SHC	C8	Jl. Raya Cikarang – Cibusah, Cikarang Selatan, Kab. Bekasi	16	08.00 – 21.00
10.	MJH	C9	Gang H. Latif, Mutiara Gading Timur, Kota Bekasi	6	08.00 – 21.00
11.	Kang Yayan Herbal	C10	Jl. Kemang Raya, Cikarang Selatan, Kab. Bekasi	16	08.00 – 17.00
12.	Sumber Jaya Hebal	C11	Jl. Pramuka, Jakarta Timur	38	08.30 – 21.00
13.	As-Syfa	C12	Margonda, Depok	29	08.00 – 17.00

Sumber: CV. Hagia Mitra Mandiri, 2022

Data di **Tabel 1** merupakan *customer-customer* yang akan dikunjungi untuk melakukan pendistribusian produk. Batas waktu kunjungan merupakan data yang diperoleh dari hasil wawancara. Jarak pendistribusian merupakan jarak tempuh yang harus dilalui kendaraan dari CV. Hagia Mitra Mandiri ke *customer* atau jarak antar *customer*. Pengukuran jarak ini diperoleh menggunakan aplikasi *Google Maps*. Peta lokasi dari gudang ke konsumen dapat dilihat pada **Gambar 2** di bawah ini.



Gambar 2. Sebaran Lokasi Konsumen
Sumber: Google Maps, 2022

Permintaan Konsumen

Data permintaan *customer* yang digunakan adalah data permintaan dibulan Desember tahun 2021. Produk yang dimiliki CV. Hagia Mitra Mandiri adalah Madu Hitam Pahit Ratu Lebah dengan kemasan 1 Liter. Berdasarkan data perusahaan bahwasanya 1 koli sama dengan 15 Liter. Rincian permintaan *customer* pada bulan Desember tahun 2021 dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Permintaan Konsumen Pada Bulan Desember Tahun 2021

Permintaan		
Kode	Customer	Koli
C1	Haifa Herbal Timur	6
C2	Haifa Pekayon	4
C3	Ad Dawaa	5
C4	Shafa Marwah	16
C5	Eko Abu Dhiyah	4
C6	Ahmad Zaini	3
C7	Mitra Herbal Alami	6
C8	Sentra Herbal Cikarang	4
C9	Sahabat Muslim	5
C10	Kang Yayang Herbal	4
C11	Sumber Jaya Herbal	6
C12	As-Syifa	3
Total		66

Sumber : Penulis, 2023

Pada **Tabel 2** di atas menunjukkan data produk yang harus dikirim ke *customer* sesuai dengan permintaan *customer*. Dalam melakukan penelitian ini diperlukan data mengenai produk yang akan dikirim ke *customer*, oleh karena itu yang digunakan sebagai bahasan penelitian ini yaitu data permintaan *customer* selama 1 bulan pada Desember tahun 2021.

Data Kendaraan dan Kapasitas Kendaraan

Kapasitas alat angkut ini merupakan data jumlah armada alat angkut dan kapasitas beban maksimalnya yang berkaitan dengan permintaan *customer* agar dapat mengoptimalkan kapasitas alat angkut dengan menyesuaikan permintaan konsumen [14]. Pada CV. Hagia Mitra Mandiri terdapat 1 jenis kendaraan yang akan melaksanakan pendistribusian produk berdasarkan rute yang telah ditentukan, kendaraan tersebut yaitu Grand Max *Pick Up* bak 2 Pintu yang digunakan untuk distribusi ke semua konsumen dengan menyesuaikan kapasitas muatan dengan permintaan konsumen. Kapasitas alat angkut yang digunakan untuk distribusi adalah sebagai berikut pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Data Kapasitas Kendaraan

Alat Angkut	Tinggi	Panjang	Lebar	Kapasitas Koli	Ukuran	Kapasitas Tangki	Kecepatan Rata-rata	Konsumsi BBM
					Jenis Bahan Bakar			
Grand Max <i>Pick Up</i> bak 2 Pintu	360 mm	2350 mm	1585 mm	66	Bensin	43 liter	60 km/jam	9 km/liter

Sumber : CV. Hagia Mitra Mandiri, 2022

Dalam proses distribusi, langkah awal yang diambil oleh tim pemasaran adalah menyusun nota angkut untuk kendaraan sehari sebelum operasional dimulai [15]. Dengan demikian, pada pagi hari pukul 07:30, proses loading dapat dilaksanakan sesuai dengan detail yang tertera dalam nota yang telah disusun sebelumnya. Proses loading muatan dilakukan dalam rentang waktu 30 menit. Setelah itu, pada pukul 08.00, flotila kendaraan sudah dalam keadaan siap untuk memulai pelaksanaan proses distribusi sesuai dengan rute yang telah dirancang oleh tim pemasaran. Penutupan proses distribusi (jam tutup) dilakukan pada pukul 20:00. Tim pemasaran, yang memegang kendali atas pelaksanaan distribusi, menerapkan batasan kunjungan sesuai dengan horizon perencanaan yang telah ditetapkan. Pelanggan yang mengajukan permintaan tambahan hanya dapat dilayani setelah mendapatkan konfirmasi sebelum jam buka. Apabila permintaan tambahan tersebut berada di luar jendela waktu yang telah ditentukan, pelayanan kepada pelanggan akan dijadwalkan pada hari berikutnya atau tur distribusi berikutnya.

Merencanakan Usulan Rute Distribusi

Dalam proses menentukan rute pengiriman, peneliti mengimplementasikan langkah-langkah algoritma sequential insertion untuk menangani *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRP-TW)*. Matriks jarak dari **Tabel 4** dan **5** digunakan sebagai *input* untuk menghitung matriks penghematan.

Berdasarkan informasi yang diperoleh selama penelitian, permasalahan pembentukan rute distribusi di CV. Hagia Mitra Mandiri akan diatasi dengan menerapkan metode Sequential Insertion. Proses pengolahan data akan diselaraskan dengan langkah-langkah yang telah diuraikan dalam metode penelitian, yang melibatkan serangkaian iterasi dengan memilih pelanggan awal yang memiliki jarak terjauh dari depot. Setelah itu, pelanggan berikutnya yang memiliki jarak terpendek dengan pelanggan awal akan dipilih untuk disisipkan ke dalam rute distribusi. Proses penyisipan akan dijalankan dengan mempertimbangkan batasan-batasan yang diterapkan, yang melibatkan berbagai faktor seperti jendela waktu dan kapasitas kompartemen kendaraan. Pemilihan rute juga telah mempertimbangkan kondisi jalan yang dapat dilalui sesuai dengan kapasitas angkutan kendaraan barang, mengacu pada Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Barang Umum di Jalan yang telah dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. Kriteria-kriteria terkait pengangkutan barang dan muatan tersebut dijabarkan dalam Surat Keputusan Nomor 727 Tahun 2004.

Berdasarkan perhitungan menggunakan Algoritma *sequential insertion* diperoleh hasil jarak tempuh minimum pada rute alternatif 1, 2 dan 3 yang akan dipilih, Berikut adalah hasil dari proses perhitungan yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRP-TW)* menggunakan pendekatan Algoritma *Sequential Insertion*:

Tabel 4. Hasil Perhitungan Rute Alternatif 1 VRP-TW menggunakan Algoritma *Sequential Insertion*

Tur	Rute Alternatif	Node		Time Windows		Waktu Keberangkatan (Menit)	Waktu Tiba (Menit)	Waktu Pelayanan	Permintaan	Sisa Muatan	Penggunaan BBM	BBM Tersisa	Jarak Tempuh (Km)	Total Jarak (Km)	Total Penggunaan BBM (Liter)	Total Jarak Tempuh (Menit)
		Dari	Tujuan	Buka	Tutup											
1	1	D	C4	0	750	0	90	25	16	50	6,2	36,8	56	307	34,1	667
		C4	C12	0	540	115	168	5	3	47	4,8	32	43			
		C12	C11	30	780	173	202	15	6	41	3,3	28,7	30			
		C11	C10	0	540	217	267	15	4	37	4,8	23,9	43			
		C10	C6	0	720	282	330	15	3	34	3,9	20	35			
		C6	C8	0	780	345	415	20	4	30	4,8	15,2	43			
		C8	C7	0	540	435	479	15	6	24	1,9	13,3	17			
		C7	C9	0	780	494	505	15	5	19	0,4	12,9	4			
		C9	C5	0	750	520	546	10	4	15	1	11,9	9			
		C5	C1	0	750	556	569	15	6	9	0,6	11,3	5			
		C1	C3	0	600	584	586	15	5	4	0,1	11,2	1			
		C3	C2	60	750	601	625	10	4	0	1,1	10,1	10			
C2	D	0	720	635	667	0	0	0	1,2	8,9	11					

Sumber : Penulis, 2023

Tabel 5. Hasil Perhitungan Rute Alternatif 2 VRP-TW menggunakan Algoritma *Sequential Insertion*

Tur	Rute Alternatif	Node		Time Windows		Waktu Keberangkatan (Menit)	Waktu Tiba (Menit)	Waktu Pelayanan	Permintaan	Sisa Muatan	Penggunaan BBM	BBM Tersisa	Jarak Tempuh (Km)	Total Jarak (Km)	Total Penggunaan BBM (Liter)	Total Jarak Tempuh (Menit)
		Dari	Tujuan	Buka	Tutup											
1	2	D	C4	0	750	0	90	25	16	50	6,2	36,8	56	316	35,1	669
		C4	C12	0	540	115	168	5	3	47	4,8	32	43			
		C12	C11	30	780	173	202	15	6	41	3,3	28,7	30			
		C11	C10	0	540	217	267	15	4	37	4,8	23,9	43			
		C10	C8	0	780	282	304	20	4	33	1	22,9	9			
		C8	C6	0	720	324	394	15	3	30	4,8	18,1	43			
		C6	C7	0	540	409	481	15	6	24	5,8	12,3	52			
		C7	C9	0	780	496	507	15	5	19	0,4	11,9	4			
		C9	C5	0	750	522	548	10	4	15	1	10,9	9			
		C5	C1	0	750	558	571	15	6	9	0,6	10,3	5			
		C1	C3	0	600	586	588	15	5	4	0,1	10,2	1			
		C3	C2	60	750	603	627	10	4	0	1,1	9,1	10			
C2	D	0	720	637	669	0	0	0	1,2	7,9	11					

Sumber : Penulis, 2023

Tabel 6. Hasil Perhitungan Rute Alternatif 3 menggunakan Algoritma *Sequential Insertion*

Tur	Rute Alternatif	Node		Time Windows		Waktu Keberangkatan (Menit)	Waktu Tiba (Menit)	Waktu Pelayanan	Permintaan	Sisa Muatan	Penggunaan BBM	BBM Tersisa	Jarak Tempuh (Km)	Total Jarak (Km)	Total Penggunaan BBM (Liter)	Total Jarak Tempuh (Menit)
		Dari	Tujuan	Buka	Tutup											
1	3	D	C4	0	750	0	90	25	16	50	6,2	36,8	56	328	36,7	638
		C4	C12	0	540	115	168	5	3	47	4,8	32	43			
		C12	C11	30	780	173	202	15	6	41	3,3	28,7	30			
		C11	C10	0	540	217	267	15	4	37	4,8	23,9	43			
		C10	C8	0	780	282	304	20	4	33	1	22,9	9			
		C8	C7	0	540	324	368	15	6	27	1,9	21	17			
		C7	C9	0	780	383	394	15	5	22	0,4	20,6	4			
		C9	C6	0	720	409	476	15	3	19	5,4	15,2	49			
		C6	C5	0	750	491	517	10	4	15	5,6	9,6	50			
		C5	C1	0	750	527	540	15	6	9	0,6	9	5			
C1	C3	0	600	555	557	15	5	4	0,1	8,6	1					
C3	C2	60	750	572	596	10	4	0	1,1	7,5	10					
C2	D	0	720	606	638	0	0	0	1,2	6,3	11					

Sumber : Penulis, 2023

Pemanfaatan Algoritma *Sequential Insertion* dalam formulasi pembentukan rute alternatif adalah sebagaimana berikut.

Tabel 7. Rute Alternatif

Tur	Rute Alternatif	Pengiriman	Permintaan (Koli)	Total Jarak Tempuh/Tur (Km)	Total Waktu Tempuh (Menit)	Penggunaan BBM (Liter)
1	1	D-C4-C12-C11-C10-C6-C8-C7-C9-C5-C1-C3-C2-D	66	307	667	34,1
	2	D-C4-C12-C11-C10-C8-C6-C7-C9-C5-C1-C3-C2-D		316	669	35,1
	3	D-C4-C12-C11-C10-C8-C7-C9-C6-C5-C1-C3-C2-D		328	638	36,7

Sumber : Penulis, 2023

Dalam **Tabel 7**, terdapat variasi kombinasi rute yang dihasilkan melalui penerapan Algoritma *Sequential Insertion*. Jumlah total rute yang terbentuk adalah sebanyak 3 rute dalam satu tur. Dari hasil ini, selanjutnya akan dilakukan penelusuran untuk menentukan rute yang memberikan nilai jarak, waktu tempuh, dan konsumsi bahan bakar (BBM) yang minimal.

Perhitungan dan Perbandingan Total Biaya Distribusi

Setelah berhasil menyusun jadwal untuk seluruh pelanggan dan merumuskan alternatif rute dengan upaya meminimalkan waktu dan jarak tempuh, langkah selanjutnya melibatkan perhitungan yang komprehensif terkait total biaya distribusi yang diperlukan oleh masing-masing kendaraan. Penghitungan total biaya distribusi mencakup evaluasi biaya bahan bakar dan biaya operasional yang terjadi selama pelaksanaan distribusi. Biaya operasional ini melibatkan biaya perawatan kendaraan, upah tenaga kerja, dan variabel biaya lainnya yang menjadi bagian integral dalam pelaksanaan proses distribusi.

Dari hasil wawancara dengan personel distribusi, diketahui bahwa biaya operasional setiap tur atau per harinya adalah sejumlah Rp50.000. Informasi lainnya yang terkait mencakup harga bensin Paltalite pada bulan Desember 2021 sebesar Rp7.650,00 per liter, dengan asumsi rata-rata konsumsi bahan bakar sekitar 9 kilometer per liter. Oleh karena itu, terdapat hasil perhitungan biaya bahan bakar yang dapat diakses pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Perhitungan Biaya Transportasi Pada Rute Awal Perusahaan

Tur	Rute	Total Jarak Tempuh/Tur (Km)	Harga BBM/Liter	Penggunaan BBM (Liter)	Biaya Operasional	Biaya Transportasi
1	1	375	Rp7.650	41,66	Rp50.000	Rp369.699

Sumber : Penulis, 2023

Contoh perhitungan pada Tur 1 untuk rute awal perusahaan:

$$\text{Perhitungan Bahan Bakar} = \frac{\text{Jarak tempuh total (km)}}{\text{Konsumsi bahan bakar rata-rata } \left(\frac{\text{km}}{\text{liter}}\right)}$$

$$= \frac{375}{9\text{km/liter}} = 41,66$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Transportasi} &= (\text{Penggunaan bahan bakar} \times \text{harga bahan bakar}) + \text{Biaya operasional} \\ &= (41,66 \text{ liter} \times \text{Rp } 7.650) + \text{Rp } 50.000 \\ &= \text{Rp } 369.699 \end{aligned}$$

Berikut adalah tabel perhitungan total biaya transportasi yang dihasilkan berdasarkan rute alternatif 1, 2 dan 3 pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Biaya Transportasi pada Rute Alternatif

Tur	Rute Alternatif	Total Jarak Tempuh/Tur (Km)	Harga BBM/Liter	Penggunaan BBM (Liter)	Biaya Operasional	Biaya Transportasi
1	1	307	Rp7.650	34,1	Rp50.000	Rp310.941
	2	316		35,1		Rp318.591
	3	328		36,7		Rp331.290

Sumber : Penulis, 2023

Rute Awal Perusahaan

Pada saat ini, perusahaan dilengkapi dengan 2 unit kendaraan serupa, yakni dua unit Grand Max Pick-Up bak 2 pintu dengan kapasitas yang identik. Kendaraan-kendaraan tersebut digunakan untuk memenuhi permintaan pelanggan yang tersebar di wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Bekasi, dan Karawang. Dalam keadaan kosong, kendaraan *pick-up* memiliki kapasitas 1000 kg, yaitu sama dengan 66 koli produk Madu Pahit Hitam Ratu Lebah. CV. Hagia Mitra Mandiri berperan sebagai depot, dimana titik awal setiap kendaraan yang akan memulai pengiriman berada pada CV. Hagia Mitra Mandiri dan titik akhir setelah melakukan pengiriman akan kembali lagi ke CV. Hagia Mitra Mandiri. Pada bulan Desember, perusahaan memiliki rute yakni D-C7-C1-C3-C2-C9-C5-C8-C10-C12-C11-C4-C6,

Analisa Perencanaan Rute Alternatif dengan Algoritma Sequential Insertion

Penghitungan rute pengiriman dari Depot (D) ke setiap pelanggan dalam permasalahan *Vehicle Routing Problem* dilakukan melalui proses algoritma sequential insertion. Langkah-langkah ini mempertimbangkan faktor time windows dan permintaan produk dari pelanggan untuk mencapai tujuan meminimalkan jarak dan waktu tempuh kendaraan, sambil memaksimalkan penghematan biaya distribusi. Rute yang dihasilkan melalui penerapan algoritma sequential insertion menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan dengan rute awal yang digunakan oleh perusahaan. Algoritma ini mengusung kriteria di mana pemilihan pelanggan dilakukan dengan menjadwalkan pelanggan yang memiliki jarak tempuh terjauh sebagai pelanggan awal. Selanjutnya, pelanggan berikutnya disisipkan dengan mempertimbangkan hasil yang memberikan jarak dan waktu perjalanan minimal untuk rute tersebut. Setelah data yang diperlukan terkumpul, langkah-langkah perhitungan dan pemecahan dilakukan untuk mendapatkan rute distribusi alternatif. Dari serangkaian langkah tersebut, terbentuk tiga opsi rute alternatif yang memiliki kombinasi

rute yang berbeda. Setiap opsi rute alternatif tersebut menunjukkan total jarak tempuh, waktu tempuh, dan biaya transportasi yang berbeda-beda.

Analisa Penentuan Rute Distribusi dari CV. Hagia Mitra Mandiri Menuju Customer

Dalam rangkaian pengolahan data, muncul berbagai alternatif rute yang bisa dipertimbangkan dalam jangka waktu distribusi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Di antara ketiga opsi rute yang tersedia, teridentifikasi suatu kombinasi rute pada opsi rute pertama yang menghasilkan parameter terendah untuk jarak, waktu tempuh, dan biaya distribusi. Rute yang diusulkan, yang dihasilkan melalui implementasi algoritma sequential insertion, diperoleh dengan menyisipkan setiap pelanggan pada rute hingga seluruhnya terjadwalkan. Dengan mengadopsi kriteria penetapan pelanggan terjauh sebagai seed customer atau pelanggan awal yang disisipkan, Shafa Marwah (C1) yang memiliki jarak terjauh dipilih sebagai titik awal. Selanjutnya, pelanggan berikutnya dipilih berdasarkan jarak terpendek pada rute, dengan memperhitungkan sisa kompartemen kendaraan, waktu pelayanan, dan jadwal buka-tutup setiap pelanggan.



Gambar 3. Tur 1 – Rute Alternatif 1
Sumber : Google Maps, 2022

Analisa Jarak, Waktu dan Biaya Transportasi pada Rute Awal dan Rute Alternatif

Analisis ini dilaksanakan untuk memahami perbandingan jarak tempuh pengiriman selama periode perencanaan pada bulan Desember 2021 yang telah diimplementasikan oleh perusahaan dengan alternatif jarak tempuh. Tujuan utamanya adalah untuk menilai tingkat biaya dan penggunaan bahan bakar yang terkait. Dalam langkah berikutnya, jarak tempuh awal yang tercatat dalam **Tabel 10** akan dibandingkan dengan total jarak tempuh menggunakan rute usulan, yaitu rute alternatif 1, 2, dan 3. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk mengevaluasi persentase penghematan yang diperoleh dari setiap rute.

Tabel 10. Perbandingan Persentase Penghematan Jarak

Rute	Jarak Tempuh Total (km)	% Penghematan
Rute Awal Perusahaan	375	
Rute Alternatif 1	307	18,13 %
Rute Alternatif 2	316	15,73 %
Rute Alternatif 3	328	12,53 %

Sumber Penulis, 2023

Guna mengukur persentase penghematan jarak, dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 (\%) \text{ Penghematan} &= \frac{\text{Jarak tempuh awal} - \text{Jarak tempuh usulan}}{\text{Jarak tempuh awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{375 - 307}{375} \times 100\% \\
 &= 18,13 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 11. Perbandingan Persentase Penghematan Waktu

Rute	Jarak Tempuh Total (menit)	% Penghematan
Rute Awal Perusahaan	733	
Rute Alternatif 1	667	9,01 %
Rute Alternatif 2	669	8,07 %
Rute Alternatif 3	638	12,96 %

Sumber : Penulis, 2023

Untuk mengetahui persentase penghematan waktu yang dicapai, dapat dilakukan kalkulasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 (\%) \text{ Penghematan} &= \frac{\text{Waktu tempuh awal} - \text{Waktu tempuh usulan}}{\text{Waktu tempuh awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{733 - 667}{733} \times 100\% \\
 &= 9,01\%
 \end{aligned}$$

Jadi, dari tiga alternatif rute yang dihasilkan, rute alternatif pertama memiliki persentase penghematan total jarak dan waktu tempuh yang tertinggi. Jika CV. Hagia Mitra Mandiri mengadopsi rencana pengiriman dengan menggunakan rute alternatif pertama, perusahaan dapat menghemat jarak hingga 18,13% dari total jarak tempuh rute awal, dan menghemat waktu sebesar 9,01% dari total waktu tempuh rute awal. Keadaan ini terjadi karena perusahaan tidak melakukan perencanaan rute distribusi sebelumnya, yang mengartikan bahwa total jarak tempuh dan jendela waktu pelanggan tidak diperhitungkan. Sehingga, rute yang dipilih oleh staf distribusi secara intuitif tidak optimal. Tentu saja, upaya penghematan yang dihasilkan oleh rute usulan masih harus memperhatikan batasan-batasan dan hambatan yang mungkin terjadi di lapangan. Hal ini bertujuan agar perencanaan rute alternatif tetap memungkinkan dan realistis untuk diterapkan dalam situasi sebenarnya.

Analisa Total Biaya

Berdasarkan analisis mendalam terhadap data yang telah diolah, dapat disimpulkan bahwa rute alternatif 1 menunjukkan tingkat efisiensi tertinggi dengan total jarak tempuh dan biaya transportasi yang minimal, dibandingkan dengan rute awal, rute alternatif 2, dan rute alternatif 3. Pada rute awal, konsumsi bahan bakar mencapai 41,66 liter selama bulan Desember. Apabila tren ini berlanjut, perkiraan penggunaan bahan bakar dapat melampaui 450 liter per tahun, yang jelas tidak efisien. **Tabel 12** perbandingan biaya transportasi antara rute awal dengan rute alternatif 1, rute alternatif 2, dan rute alternatif 3, menegaskan keunggulan rute alternatif 1 dalam penghematan biaya distribusi.

Tabel 12. Perbandingan Total Biaya Transportasi

Rute	Perbandingan Total Biaya Distribusi
Rute Awal Perusahaan	Rp 369.699
Rute Alternatif 1	Rp 310.941
Rute Alternatif 2	Rp 318.591
Rute Alternatif 3	Rp 331.290

Sumber : Penulis, 2023

Rute perjalanan awal menimbulkan biaya transportasi sebesar Rp 369.699 pada bulan Desember, sedangkan penggunaan rute alternatif 1 akan menciptakan biaya bahan bakar yang setara dengan jumlah tersebut. Oleh karena itu, terpilihnya rute alternatif 1 sebagai opsi yang paling efisien, menurut perhitungan Algoritma *Sequential Insertion*, disebabkan oleh minimalisasi jarak tempuh yang berimplikasi pada penggunaan bahan bakar yang lebih rendah. Dengan menerapkan rute alternatif 1, perusahaan dapat menghemat biaya distribusi sekitar Rp 58.758 selama bulan Desember, dengan perbedaan penggunaan bahan bakar sebesar 7,55 liter.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan analisis pengolahan data dan pembahasan data Algoritma *Sequential Insertion* pada model masalah *Vehicle Routing Problem with Time Windows*, beberapa kesimpulan dapat diambil. Pertama, pembentukan perencanaan rute usulan menggunakan metode algoritma *sequential insertion* menghasilkan 3 rute alternatif. Kedua, dari hasil tersebut, terpilih rute alternatif 1 sebagai yang terbaik dengan jarak tempuh 307 km dan penghematan sebesar 18,13%. Ketiga, dalam hal biaya transportasi, terpilih rute alternatif 1 sebagai pilihan terbaik karena memiliki biaya minimum. Rute distribusi yang diusulkan menghasilkan penghematan total biaya transportasi sebesar Rp. 58.758 dan selisih penggunaan bahan bakar sebanyak 7,55 Liter. Terakhir, waktu tempuh distribusi menggunakan metode algoritma *sequential insertion*

menunjukkan bahwa rute alternatif 1 memiliki total waktu tempuh 667 menit dengan penghematan total sebesar 9,01%.

Beberapa saran yang dapat diberikan terhadap penelitian ini mencakup aspek-aspek berikut. Pertama, disarankan agar penelitian selanjutnya memperhatikan variabel lain yang berpengaruh terhadap perencanaan rute distribusi, dengan harapan bahwa rute distribusi yang dihasilkan dapat lebih baik dan dapat mengatasi permasalahan yang sebenarnya di lapangan. Kedua, untuk penelitian yang mempertimbangkan banyak variabel selain jarak dan kapasitas kendaraan angkut, disarankan untuk menambahkan metode yang lebih kompleks guna memperoleh hasil yang optimal. Ketiga, dalam proses pendistribusian barang perusahaan, sebaiknya lebih mempertimbangkan jam operasional agar proses tersebut dapat dilakukan dengan lebih efisien.

5. Referensi

- [1] N. P. D. Arwini and I. M. Juniastra, "Peran Transportasi Dalam Dunia Industri," *J. Ilm. Vastuwidya*, vol. 6, no. 1, pp. 70–77, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.universitasmahendradatta.ac.id/index.php/vastuwidya/article/view/794>
- [2] Y. Dinata and S. Kempa, "Supply Chain Drivers Pada Pt Magna Djatim Mandiri," *Agora*, vol. 5, no. 1, 2017.
- [3] H. Maulity, "Perencanaan Jumlah Pengalokasian Produk dan Rute Pengiriman untuk Meminimalkan Biaya Distribusi," *J. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 2, pp. 164–168, 2009, doi: 10.22219/jtiumm.vol9.no2.164-168.
- [4] S. L. Karundeng, Thessa Natasya Mandey and J. S. B. Sumarauw, "Analisis Saluran Distribusi Kayu (Studi Kasus Di Cv. Karya Abadi, Manado)," *J. EMBA J. Ris. Ekon. Manajemen, Bisnis dan Akunt.*, vol. 6, no. 3, pp. 1748–1757, 2018.
- [5] A. Noor Rahmah and N. Kusuma Ningrat, "Penentuan Moda Transportasi Untuk Efisiensi Biaya Kirim Dengan Metode Ahp Pada Ikm Kerupuk Idaman Ciamis," *J. Ind. Galuh*, vol. 2, no. 2, pp. 71–79, 2023, doi: 10.25157/jig.v2i2.2969.
- [6] N. K. Kertiasih, "Penggunaan Metode Transportasi Dalam Program Linier Untuk Pendistribusian Barang," *J. Pendidik. Teknol. dan Kejur.*, vol. 6, no. 2, pp. 27–35, 2012, doi: 10.23887/jptk.v6i2.24.
- [7] D. Dermawan, "Menentukan Rute Pengiriman Produk PT. Unicharm Indonesia Dengan Meminimalkan Biaya Transportasi Menggunakan Metode Saving Matrix di 'CV. Jaya Abadi,'" *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 8, no. 12, pp. 63–72, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6943407>
- [8] Z. Ulhaq Farid and E. Aristriyana, "Penjadwalan Distribusi Produk Dengan Metode Distribution Requirement Planing (Drp) Pada Cv. Kijang Mas 69 Di Ciamis," *J. Ind. Galuh*, vol. 3, no. 02, pp. 93–98, 2023, doi: 10.25157/jig.v3i02.2976.
- [9] N. Ikfan and Masudin, "Saving matrix untuk menentukan rute distribusi," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 14–17, 2014.
- [10] D. A. P. Putri, "Vehicle Routing Problem Dengan Time Window Untuk Multiple Product Dan Multiple Route Menggunakan Algoritma Sequential Insertion," *J. Tek. Ind.*, vol. 17, no. 1, p. 22, 2017, doi: 10.22219/jtiumm.vol17.no1.22-30.
- [11] S. Abadi, C., Susanty and H. Adiarto, "Penentuan rute kendaraan distribusi produk roti menggunakan metode Nearest Neighbor dan metode Sequential insertion," *Reka Integr.*, vol. 1, no. 3, 2013.
- [12] M. Sari, A. Dhoruri, and R. S. Eminugroho, "Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Menggunakan Saving Matriks, Sequential Insertion dan Nearest Neighbour di Victoria RO," *J. Mat.*, vol. 5, no. 3, pp. 1–11, 2016.
- [13] L. A. Valentina, "Penentuan Muatan Dan Usulan Rute Distribusi Pengiriman Buku Di Cv Y Untuk Meminimasi Keterlambatan Pengiriman," *Progr. Stud. Tek. Ind. Fak. Teknol. Ind. Univ. Atma Jaya Yogyakarta*, 2021, [Online]. Available: [http://e-journal.uajy.ac.id/23423/1/1606090591.pdf](http://e-journal.uajy.ac.id/23423/%0Ahttp://e-journal.uajy.ac.id/23423/1/1606090591.pdf)
- [14] B. Triputranto, "Pengaruh Segementasi Pasar Terhadap Optimasi Distribusi Produk (Studi kasus pada pengrajin sepatu Cibaduyut Bandung)," *Ind. Eng. J.*, vol. 12, no. 2, pp. 68–80, 2017.
- [15] P. Dewi *et al.*, "Analisis Pengendalian Persediaan dengan Metode (EOQ) Economic Order Quantity guna Optimalisasi Persediaan Bahan Baku Pengemas Air Mineral," *J. Akunt. Profesi*, vol. 10, no. 2, pp. 1–12, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal/undiksha.ac.id>