

Vehicle Routing Problem Dengan Time Window Untuk Multiple Product Dan Multiple Route Menggunakan Algoritma Sequential Insertion

Dita Ayu Pratama Putri

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas 246 Malang 65144 Jawa Timur

*Surel: ditaap12@gmail.com

Abstract

In this article is related to implemented a method in order to solve vehicle routing problem (VRP) for mineral water distribution activity from depot to customers which has particular constraints such as variant of product that has to be load at a vehicle (multiple product), vehicle's capacity and time window of each customers. One of the company's vehicle have 64 customers that must be visited in 6 days so there is a few route has been developed (multiple route). The constraint that set up sustained there might be few customers missed to be visited during horizon plan. Sequential Insertion Algorithm which is one of heuristic method for Vehicle Routing Problem with Time Window is chosen to built a vehicle routing solution. The result from this study show that this method in particular conditions and constraints give a better solution than the company actual routes. Moreover, in this article, the comparasion of distance and completion time between solution route and actual route, and also the saving in cost is also analyzed. The using of Sequential Insertion Algorithm in this article can be used and applied because its perform an optimal result.

Keywords : VRP, time window, multiple product, multiple route, sequential insertion

Abstrak

Artikel ini terkait dengan penerapan metode penyelesaian penentuan rute kunjungan kendaraan distribusi air minum dari gudang depot kepada pelanggan yang memiliki beberapa kendala seperti keberagaman produk yang harus dimuat dalam satu kendaraan (multi produk), kapasitas kendaraan dan juga adanya time window yang dimiliki oleh setiap pelanggan. Suatu kendaraan dalam perusahaan memiliki 64 pelanggan yang harus dilayani dalam 6 hari sehingga terdapat beberapa rute yang terbentuk (multi rute). Kendala yang diterapkan memungkinkan adanya pelanggan yang tidak dikunjungi dalam horison perencanaan. Penggunaan metode heuristik untuk Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW) dipilih dalam membangun solusi rute kunjungan kendaraan yaitu dengan menggunakan Algoritma Sequential Insertion. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode ini pada kondisi dan kendala yang ada memberikan solusi yang lebih baik dari rute aktual yang dimiliki oleh perusahaan. Selebihnya, dalam artikel ini akan dibahas mengenai perbandingan jarak dan waktu tempuh antara rute usulan dan rute aktual, serta penghematan yang didapatkan dari rute usulan. Penggunaan Algoritma Sequential Insertion dalam artikel ini dapat dinyatakan layak digunakan karena mampu memberikan hasil optimal.

Kata kunci : VRP, time window, multi produk, multi rute, sequential insertion

1. Pendahuluan

Persaingan pasar yang kompetitif membuat perusahaan harus bergerak cepat dalam ranah distribusi barang. Pelaksanaan distribusi menuntut perusahaan dapat

memenuhi kebutuhan pelanggan tepat waktu. Ketidaktepatan dalam waktu pengiriman menyebabkan timbulnya ketidakpuasan pada pelanggan.

Pemenuhan kebutuhan secara tepat waktu memerlukan biaya cukup besar dalam kegiatan distribusi. Ballou [1] menyebutkan bahwa biaya *transport* berkisar antara sepertiga atau duapertiga dari total biaya logistik sehingga peningkatan efisiensi dengan memaksimalkan utilitas alat dan personil transportasi menjadi permasalahan utama. Ketepatan melakukan *transport decision* dapat meningkatkan tingkat pelayanan perusahaan dan mereduksi biaya *transport*. Salah satu *transport decision* yang dilakukan dalam ranah distribusi adalah ketepatan menentukan konfigurasi rute kunjungan kendaraan yang optimal. Permasalahan dalam *transport decision* adalah menentukan atau mencari rute optimal. Rute optimal dapat meminimalkan biaya yang kemudian disebut dengan *Vehicle Routing Problem* (VRP)[2].

VRP menjadi salah satu topik menarik bagi para peneliti sejak diulas pertama kali oleh Danzig dan Ramser pada tahun 1959 yang terus dikembangkan seiring dengan kondisi, kebutuhan dan kendala-kendala yang dihadapi pada kondisi nyata. VRP merupakan permasalahan pencarian rute distribusi dengan ongkos minimal dari suatu depot ke pelanggan yang letaknya tersebar dengan jumlah *demand* yang berbeda-beda Bräysy and Gendreau [3]. Solusi dari VRP ditujukan untuk menentukan satu set rute yang dilakukan oleh kendaraan, dimulai atau berakhir di depot sehingga semua persyaratan pelanggan terpenuhi. Dengan berkembangnya permasalahan dalam penentuan rute maka dikenal pula batasan-batasan yang timbul karena suatu kondisi yang juga perlu dipertimbangkan oleh para pemegang keputusan dalam distribusi[4]. Batasan yang selalu dipertimbangkan selama ini dalam penentuan rute adalah kapasitas kendaraan. Kemudian VRP dengan adanya batasan *time window* diulas oleh Solomon (1987) dengan menggunakan metode *insertion heuristic*. VRPTW adalah dimana pelayanan pada setiap pelanggan harus didasarkan pada suatu interval waktu atau *time horizon* yang dikenal dengan jendela waktu[5]. Terdapat dua jenis jendela waktu yaitu *hard time window* dan *soft time window*. Dalam penelitian ini digunakan jenis *hard time window*, dimana waktu pengiriman disesuaikan dengan jam buka dan tutup pelanggan. Apabila kendaraan tiba sebelum jam buka maka diharuskan menunggu tanpa adanya biaya pinalti yang diberlakukan dan jika kendaraan tiba setelah jam tutup pelanggan maka dianggap tidak dapat dilakukan kunjungan.

VRP single *objective* terus dikembangkan menjadi VRP *multi objective*. Dalam VRP *multi objective* berbagai batasan atau kendala yang ada dikombinasikan untuk menciptakan suatu penyelesaian yang optimal[5]. Pada penelitian ini akan dikembangkan suatu model VRP *multi objective* dengan mempertimbangkan adanya varian produk yang harus dimuat dalam satu kendaraan atau disebut dengan *multiple product* dan adanya *multiple route* dimana satu kendaraan dapat melayani lebih dari satu rute selama horizon perencanaan. Batasan *multiple product* dan *multiple route* ini telah dibahas dalam beberapa penelitian diantaranya oleh Suprayogi dan Imawati (2005) yaitu VRP *Multi Trips and Time Window*. Penelitian tersebut kemudian dikembangkan lagi oleh Arvianto et al. (2014) [6], mengangkat tentang permasalahan VRPTW dengan penambahan kendala varian produk dan rute majemuk namun penerapannya digunakan dalam transportasi laut. *Multiple product* yang ada dalam kegiatan distribusi memungkinkan adanya pemisahan penempatan produk dengan kapasitas tertentu atau yang disebut dengan kompartemen.

Dalam penyelesaian masalah VRPTW pada penelitian ini digunakan metode heuristik. Heuristik adalah sebuah teknik yang mengembangkan efisiensi dalam proses pencarian, namun dengan kemungkinan mengorbankan kelengkapan (*completeness*). Metode heuristik yang dikenalkan salah satunya adalah Algoritma *Sequential Insertion*

yang dikatakan sukses diantara beberapa *insertion* heuristik yang ada dinilai dari jangka kualitas solusi yang terbentuk dan komputasi waktu yang dibutuhkan untuk menemukan solusi. Algoritma *sequential insertion* heuristik digunakan untuk membangun solusi yang layak dengan cara berulang kali mencoba memaksukkan pelanggan yang belum masuk ke dalam rute manapun kedalam bagian sementara dari rute yang terbentuk saat ini [6, 7].

Penelitian ini akan menerapkan Algoritma *Sequential Insertion* dalam membentuk rute distribusi yang diharapkan dapat memberikan solusi layak bagi permasalahan distribusi perusahaan dengan meminimalkan jarak dan waktu tempuh distribusi serta biaya yang dikeluarkan dalam kegiatan distribusi. Metode algoritma *sequential insertion* yang akan digunakan mengadaptasi dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arvianto dengan menerapkannya pada jalur transportasi darat dan disesuaikan dengan kriteria dan batasan yang terdapat dalam sistem distribusi perusahaan.

2. Metode Penelitian

2.1 Karakteristik Sistem

Penelitian ini dilakukan pada kegiatan distribusi perusahaan air minum dalam kemasan (AMDK). Perusahaan memiliki 5 varian produk yang dipasarkan yaitu kemasan gelas 240 ml, kemasan botol 600 ml, 1500 ml, 5000 ml, dan kemasan galon 19 liter. Seluruh produk dimuat dalam satu kendaraan pada saat proses distribusi. Sehingga produk dikategorikan kedalam 2 pengemasan yaitu produk dalam kardus dan galon. Kedua jenis produk ini dipisahkan penempatannya dalam kendaraan atau memiliki kompartemen dengan kapasitas muat berbeda.

Kendaraan yang digunakan dalam pendistribusian rute dalam kota hanya terdapat 1 unit yang beroperasi selama 6 hari. Dalam jangka waktu tersebut kendaraan diharuskan melayani 64 pelanggan yang terdaftar dalam sistem. Jam operasi kendaraan dimulai pada pukul 08.00 WIB hingga berakhir pada pukul 15.00 WIB. Selama rentang waktu tersebut kendaraan dapat membentuk lebih dari satu rute kunjungan dikarenakan adanya kendala kapasitas yang tidak memungkinkan untuk melayani permintaan pelanggan yang terdaftar pada hari tersebut.

Kendaraan memiliki kapasitas angkut sebesar maksimal 3 ton dalam sekali perjalanan. Penggunaan *box* menjadikan perhitungan kapasitas kompartemen didasarkan pada jumlah satuan produk yang dapat dimuat dalam kendaraan. Dari dua jenis kemasan produk maka kompartemen dibagi menjadi 2 bagian yaitu kompartemen kardus dan kompartemen galon. Kapasitas muat untuk kompartemen kardus dibatasi maksimal 150 kardus yang merupakan campuran dari 4 varian produk. Kompartemen galon memiliki kapasitas muat sebanyak 120 galon.

Perusahaan menetapkan batas kecepatan yang diijinkan oleh kendaraan dalam melakukan distribusi baik dalam keadaan dengan muatan maupun tanpa muatan. Kecepatan rata-rata kendaraan yang digunakan adalah 30 km/jam. Dari ketentuan tersebut kemudian akan didapatkan matriks waktu tempuh yang didapat dari jarak aktual dibagi dengan kecepatan rata-rata kendaraan.

2.2 Model VRPTW

VRPTW dapat didefinisikan dengan *graph* terarah $G = (V,A)$, dimana $|V|=n+2$, dan depot direpresentasikan dalam dua *node* atau *vertex* yaitu o (*origin*) dengan nilai 0 dan d (*destination*) dengan nilai $n+1$. Rute kendaraan dinyatakan *feasible* ketika rute dimulai dari titik 0 dan berakhir di titik atau *vertex* $n+1$. A merupakan himpunan simpul (i,j) yang menyatakan hubungan antara depot dan pelanggan, pelanggan dan

pelanggan, dimana $i \neq j$. Himpunan kendaraan dinyatakan dengan K , dimana $|K|=m$. Waktu pelayanan pada simpul i dinyatakan dengan s_i (dimana $s_0 = s_{n+1} = 0$) dan t_{ij} menyatakan waktu tempuh dari simpul i ke simpul j . Selain *time window* $[a_i, b_i]$ berkaitan dengan setiap *vertex* pelanggan i dimana $i \in N = V \setminus [0, d]$, *time window* $[a_0, b_0]$ dan $[a_{n+1}, b_{n+1}]$ juga dikaitkan dengan simpul depot. Simpul $[a_0, b_0]$ merupakan waktu tercepat kendaraan meninggalkan depot (departure) dan waktu paling lambat kendaraan tiba di depot (arrival). Jika tidak terdapat batasan khusus dalam ketersediaan jumlah kendaraan dapat dinyatakan bahwa himpunan $a_0 = \min_{i \in N} [a_i - t_{0i}] = \max_{i \in N} [a_i - t_{0i}]$. $a_{n+1} = \min_{i \in N} [a_i + s_i + t_{i, n+1}]$. $b_{n+1} = \max_{i \in N} [a_i + s_i + t_{i, n+1}]$ [8].

Model matematis untuk VRPTW melibatkan dua jenis variable yaitu variable biner dan variable *continous*. Variabel biner x_{ij}^k , $(i, j) \in A$, $k \in K$, yang bernilai sama dengan 1 jika dan hanya jika titik (i, j) digunakan oleh kendaraan k dan jika tidak maka bernilai 0. Variabel *continous* x_i^k , $i \in N$, $k \in K$, yang menunjukkan waktu ketika kendaraan k melayani pelanggan i . Ketika i menyatakan suatu simpul awal i ($i=0, 1, \dots, n$), himpunan simpul tujuan j dinyatakan dengan $\delta^+(i) = [j: (i, j) \in E]$ yang memiliki kemungkinan untuk dikunjungi setelah melayani simpul i . Himpunan j menyatakan simpul tujuan j ($j=1, 2, \dots, n+1$) dimana $\delta^-(j) = [i: (i, j) \in E]$ menyatakan himpunan asal i memiliki kemampuan untuk dilayani setelah mengunjungi simpul j [8].

2.3 Formulasi

Sesuai dengan karakteristik sistem distribusi yang terdapat dalam sistem maka dibuat suatu model matematis yang diadaptasi dari perumusan model yang dibentuk oleh Arvianto et al. (2014) [6] yang akan digunakan sebagai dasar pembentukan algoritma.

2.4 Jarak dan Waktu Tempuh

Pada saat penelitian berlangsung telah didapatkan data rute aktual distribusi kendaraan. Rute aktual berguna sebagai pengumpulan data jarak dari depot ke pelanggan, pelanggan ke pelanggan, dan pelanggan ke depot. Matriks jarak yang terbentuk berupa data asimetris disesuaikan dengan jalur yang dilalui kendaraan. Matriks jarak kemudian dikonversi menjadi matriks waktu tempuh yang dihitung dengan membagi jarak dengan kecepatan rata-rata kendaraan.

2.5 Waktu Perjalanan

Sementara untuk waktu perjalanan merupakan waktu yang dibutuhkan setiap kendaraan mulai dari keberangkatan dari depot ke pelanggan pertama ataupun dari pelanggan ke pelanggan. Kecepatan tempuh kendaraan dan jarak antar lokasi akan menjadi penentu waktu perjalanan dimana :

$$Wp = [k, [k+1]]$$

2.6 Waktu Penyelesaian Tur

Waktu penyelesaian tur merupakan penjumlahan dari waktu *setup*, waktu *loading*, waktu *discharging/unloading*, waktu perjalanan dan waktu tunggu. $C[t] = \sum Wp + WtL(i) + \text{waktu pelayanan}$

2.7 Minimasi Biaya

Perhitungan minimasi biaya dari penentuan rute kunjungan menggunakan algoritma *sequential insertion* akan dihitung dari biaya bahan bakar yang dibutuhkan selama menjalankan seluruh rute berdasarkan jarak yang ditempuh oleh kendaraan. Setiap tur yang terbentuk akan dihitung jarak tempuhnya kemudian akan dibagi dengan konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan kendaraan per kilomernya sehingga akan didapatkan biaya bahan bakar per tur yang kemudian dijumlahkan.

2.8 Metode Algoritma *Sequential Insertion*

Tahapan dalam penyelesaian VRP menggunakan Algoritma *Sequential Insertion* adalah sebagai berikut :

adalah sebagai berikut :

Langkah 1

Melakukan inisialisasi dimana $N = N$, $NT = 0$, $TCT = 0$.

Langkah 2

Menetapkan konsumen yang belum dilewati. Menentukan tur awal yang dimulai dari depot menuju pelanggan dengan jarak terjauh dari depot hingga kembali ke depot. Menghitung jumlah permintaan, waktu pelayanan, jarak perjalanan, waktu perjalanan, dan total waktu dari pelanggan pada tur. Jika semua konsumen telah dilewati maka lanjutkan ke langkah 11. Jika tidak maka dilanjutkan ke langkah 3.

Langkah 3

Menyisipkan semua konsumen yang belum dilewati pada busur penyisipan yang mungkin pada trip (t) saat ini. Untuk $i \in N$, coba masukkan lokasi pelanggan (i) diantara (k, k+1). Lakukan Update posisi, waktu keberangkatan dan waktu tiba kendaraan, waktu perjalanan, dan waktu penyelesaian (CT).

Jika $CT < H$, lanjutkan ke langkah 8.

Jika $CT > H$, tetapkan atau pilih pelanggan atau lokasi yang memberikan waktu penyelesaian tur terpendek. Kemudian dilanjutkan ke langkah 4.

Langkah 4

Jika permintaan pelanggan selanjutnya $\leq Qp$, maka sisipkan pelanggan. Kemudian update kapasitas kompartemen, dan besarnya muatan yang telah diantarkan.

Tetapkan sebagai pelanggan berikutnya yang dikunjungi (i^*), maka permintaan $[i^*, p]$ sudah terpenuhi.

Tetapkan $N = N$ yang baru, kemudian dilanjutkan ke langkah 5.

Langkah 5

Jika $N \neq \emptyset$, lanjutkan ke langkah 6. Jika sebaliknya maka lanjutkan ke langkah 10.

Langkah 6

Melakukan update waktu penyelesaian (CT). Dimana waktu keberangkatan ke pelanggan berikutnya ($Jm(i, i^*)$) sama dengan waktu penyelesaian pelayanan di pelanggan sebelumnya ($JSL(i, i^*)$).

Waktu penyelesaian dihitung dari penjumlahan waktu keberangkatan, waktu perjalanan, waktu tunggu, dan waktu pelayanan. $JSL[i, i^*] = JmL[i, i^*] + Wp + JtL[i, i^*] + WtL[i, i^*]$

Update $CT = Js_{[i, i^*]}$

Jika $CT < H$ dan $[i^*, p] \leq Q[p]$, lanjutkan ke langkah 7. Jika $CT < H$ dan $[i^*, p] \geq Q[p]$, lanjutkan ke langkah 8. Jika $CT > H$, lanjutkan ke Langkah 9.

Langkah 7

Memilih pelanggan berikutnya yang akan dikunjungi yang memberikan waktu penyelesaian tur terpendek. Jika dilakukan update kapasitas kompartemen dan jumlah muatan yang tersisa. Tetapkan i^* sebagai pelanggan berikutnya yang dikunjungi, maka permintaan terpenuhi. Update $CT = Js_{[i, i^*]}$.

Lanjutkan ke langkah 4.

Langkah 8

Jika terjadi kondisi $CT < H$ dan $[i^*, p] \geq Q[p]$, maka dibentuk rute baru.

Lanjutkan ke langkah 1.

Langkah 9

Jika $CT > H$, maka dibentuk tur baru $t = t + 1$.

Lanjutkan ke langkah 1.

Langkah 10

Menghitung waktu penyelesaian tur (TCT) dan rentang waktu penyelesaian tur (RCT).
 $RCT = \text{Max}\{CT_{[t,z]}\} - \text{Min}\{CT_{[t,z]}\}$

Langkah 11

Menghitung biaya distribusi yang dihitung dari biaya bahan bakar yang digunakan selama kegiatan distribusi.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini membandingkan hasil perhitungan jarak tempuh, waktu tempuh, dan biaya distribusi dari rute distribusi aktual yang dijalankan oleh perusahaan dan rute distribusi yang terbentuk dengan menggunakan Algoritma *Sequential Insertion*. Hasil yang diperoleh kemudian akan dijadikan acuan kelayakan solusi yang terbentuk dengan menggunakan metode terpilih. Perbandingan rute kunjungan aktual dan usulan dapat dilihat pada Tabel 1.

Dapat dilihat pada Tabel 1. bahwa alternatif rute kunjungan yang terbentuk dengan algoritma *sequential insertion* sangat berbeda dengan rute awal yang dijalankan oleh perusahaan. Pada rute awal, kendaraan harus menjalankan sembilan rute dalam 6 tur sedangkan dapat dilihat pada alternatif rute kunjungan terbentuk 8 rute dalam 6 tur. Perbedaan ini terjadi karena dalam algoritma *sequential insertion* terdapat aturan-aturan dalam penentuan kunjungan ke pelanggan. Dalam penelitian ini digunakan aturan dengan memilih pelanggan dengan jarak terjauh atau waktu tempuh terpanjang dari depot (aturan *longest travel time*) sebagai pelanggan pertama yang dikunjungi atau yang biasa disebut sebagai *seed customer*.

Sedangkan untuk penentuan pelanggan selanjutnya dapat ditentukan dengan melihat jarak terdekat atau pelanggan berikutnya yang memberikan waktu tempuh terpendek bagi rute. Hal ini juga mempertimbangkan *time window* yang diberlakukan setiap pelanggan sebagai prioritas utama dalam penentuan kunjungan berikutnya. Dengan mempertimbangkan batasan yang terdapat dalam sistem rute usulan mampu menghemat 1 rute yang dilakukan oleh kendaraan.

Pada rute awal yang dijalankan perusahaan saat ini, salesman atau pelaku distribusi tidak memperhatikan adanya *time window* dari pelanggan dan penentuan kunjungan didasarkan pada area terdekat. Kelemahan penentuan tersebut adalah terjadinya waktu menunggu yang harus dilakukan karena kendaraan datang sebelum jam buka pelanggan. Sehingga hal tersebut akan menambah lamanya waktu kunjungan.

Salah satu tujuan dari penggunaan algoritma *sequential insertion* dalam menyelesaikan *vehicle routing problem* adalah meminimasi jarak dan waktu tempuh dalam proses distribusi[7]. Perbedaan rute yang terbentuk dan jumlahnya tentu berpengaruh pada jarak dan waktu tempuh yang dihasilkan sehingga nantinya akan berpengaruh pula pada biaya distribusi yang harus dikeluarkan[9].

Tabel 1 Perbandingan Rute Kunjungan

Tur	Rute	Rute Awal	Alternatif Rute Kunjungan
-----	------	-----------	---------------------------

1	D-Aris Ban-UD.Xantri-Team Mart-Toko Pojok-Toko 2 Putri-Sumindo-Toko Lila-D	D-Toko Cemal Cemil-Tirta Segar-Tanhar-Toko Hadi-Toko Aurel-Bu Kus-Harjono-Toko Supi'i-Dept Kementrian Agama-Toko Amin-Toko Sari-Cuti Ariani-Toko Herbal-Toko Subiantoro-Toko Kusdi-Shin She-Toko Petra-D	
1		D-Toko Bu Ikhwan-Bu Mira-Toko Adit-Toko Bening-Depo Rahayu-Toko Surya-Toko Angkasa-Toko Taufik-Toko Denata-Toko Pak Tik-Toko Jaya Abadi-Toko Citra-Toko Nabillah-Toko Anugrah-D	
2	D-Toko Ilham-Depo 88-Jaya Abadi-UD.Kemuning-D		
2	3	D-Toko Erwin-UD.Kemuning-Toserba Gajahmada-Toko Malik-Toko Umi-Toko Petra-Shin She-Toko Rafi-Toko Ramadhani-Team Mart-D	D-Toko Erwin-Joyo Lestari-Toko Bu Pri-Disperta-Toko Karen-Toko Hana-Dinas Pemuda & Olahraga-PT. Bentoel-Depo Aini-D
4	D-Toko Bu Ikhwan-Toko Bu Mira-Toko Adit-Toko Bening-Depo Rahayu-Toko Surya-Toko Anugrah-Toko Nabillah-Toko Taufik-Toko Denata-Toko Angkasa-Toko Pak Tik-D	D-UD. Kemuning-Toserba Gajahmada-Toko Malik-Toko Umi-Toko Petra-Toko Citra-D	
3			
5	D-Dept. Kementrian Agama-Toko Amin-Toko 2 Putri-D	D-Team Mart-Toko 2 Putri-Toko Ramadani-Toko Pak Zen-D	
4	6	D-Joyo Lestari-Toko Bu Pri-Dinas Pertanian-Toko Karen-Toko Hana-Dinas Pemuda dan Olahraga-PT. Bentoel-Depo Aini-Toko Citra-D	D-UD. Kemuning-Al Karoman-Toko Alvian-Toko POGO-Toko Siliwangi-Toko Agus-Toko Setiawan-Toko Lutfi-Toko Yanto-Toko Rafi-D
7	D-Toko Subiantoro-Toko Kusdi-Toko Sari-Cuti Ariani-Toko Herbal-Cemal Cemil-Toko Tanhar-Tirta Segar-Toko Hardi-Toko Aurel-Toko Bu Kus-Toko Harjono-Toko Supi'i-D	D-Aris Ban-UD. Xantri-Toko Pojok-Toko 2 Putri-Sumindo-Toko Lila-D	
5			
8	D-UD. Kemuning-Toko Petra-D	D-Team Mart-UD. Kemuning-Toko Ilham-D	
6	9	D-Toko Yanto-Toko Lutfi-Toko Setiawan-Toko Agus-Toko Pogo-Toko Siliwangi-Toko Alvian-Toko Al Karoman-UD. Kemuning-Toko Pak Zen-Toko Citra-D	

Tabel 2 Perbandingan Jarak, Waktu, dan Biaya Bahan Bakar

Total	Total	Total	Total Biaya	Total Permintaan
-------	-------	-------	-------------	------------------

		Jarak Tempuh (meter)	Waktu Tempuh (menit)	Bahan Bakar (liter)	Bahan Bakar	(unit)	
						Kardus	Galon
1	Rute Awal	129783	2264,77	25,9566	Rp. 133,676,49		
2	Alternatif Rute	104273	1962,32	20,8546	Rp. 107.401,19	661	632

Dapat dilihat pada Tabel 2. rute awal yang dimiliki oleh perusahaan membutuhkan total waktu 2264,5 menit dan 129783 meter hingga semua permintaan pelanggan dalam sistem terlayani. Sedangkan dari 6 tur dan 8 rute yang terbentuk hasil pengerjaan dengan algoritma *sequential insertion* kendaraan membutuhkan waktu 1962,32 menit untuk melayani 64 pelanggan yang harus dikunjungi oleh kendaraan JBK. Selisih waktu yang cukup signifikan bila dibandingkan dengan rute awal yaitu sebanyak 302,45 menit atau 5,05 jam lebih cepat. Sementara untuk jarak yang ditempuh dalam rute usulan dapat menghemat jarak sebesar 25.510 meter dibandingkan dengan rute awal.

Presentase penghematan waktu usulan adalah sebagai berikut :

$$\text{Penghematan waktu} = \frac{2264,77 - 1962,32}{2264,77} \times 100\% = 13,35\%$$

Sementara untuk presentase penghematan jarak :

$$\text{Penghematan jarak} = \frac{129783 - 104273}{129783} \times 100\% = 19,65\%$$

Biaya dalam distribusi yang dilakukan oleh perusahaan dilihat dari sisi biaya yang dikeluarkan untuk transportasi yaitu meliputi bahan bakar yang digunakan atau dibutuhkan. Perhitungan biaya bahan bakar dihitung dengan membagi total jarak tempuh dari rute yang dijalankan dengan jarak tempuh per liternya. Dilihat dari kebutuhan bahan bakar untuk kendaraan pada rute awal, dibutuhkan 25,9566 liter solar untuk 9 rute perjalanan dengan biaya yang dibutuhkan sebesar Rp 133.676,49.

Pada rute usulan terpilih dengan menggunakan algoritma *sequential insertion* didapatkan biaya yang lebih kecil dibandingkan dengan rute awal dikarenakan jarak tempuh yang lebih minimum sehingga kebutuhan bahan bakarpun lebih sedikit. Selisih biaya yang dikeluarkan adalah sebesar Rp 26.275,30. Perusahaan dapat menghemat biaya distribusi sebesar 19,65%.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian dan pengolahan data yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan algoritma *sequential insertion* dalam penyelesaian *Vehicle Routing Problem* dalam penelitian ini dengan mempertimbangkan kendala kapasitas kendaraan dan juga *time windows* serta aturan – aturan yang digunakan dalam algoritma *sequential insertion* dapat dinyatakan layak untuk diterapkan pada kondisi nyata dan sebagai usulan untuk perbaikan rute distribusi perusahaan. Pengerjaan dengan algoritma *sequential insertion* yang mampu menunjukkan hasil yang optimal. Penerapan aturan-aturan dalam algoritma *sequential insertion* dalam menentukan rute kunjungan mampu meminimalkan jarak tempuh, waktu tempuh, dan juga biaya bahan bakar yang dibutuhkan. Langkah awal dalam penentuan kriteria *seed customer* dan kunjungan selanjutnya menjadi langkah penting dalam mendapatkan solusi optimal. Dengan menggunakan aturan *longest travel time* sebagai *seed customer* dan memprioritaskan jarak terpendek dan *time window* pada pelanggan berikutnya mampu memberikan penghematan yang cukup signifikan.

Referensi

- [1] R. Ballou, "Business Logistics Management: Planning, Organizing and Organizing the Supply Chain," ed: Prentice Hall, New Jersey, 1998.
- [2] M. Schneider, A. Stenger, and D. Goeke, "The electric vehicle-routing problem with time windows and recharging stations," *Transportation Science*, vol. 48, pp. 500-520, 2014.
- [3] O. Bräysy and M. Gendreau, "Genetic algorithms for the vehicle routing problem with time windows," *Arpakannus*,(1), pp. 33-38, 2001.
- [4] J. R. Montoya-Torres, J. L. Franco, S. N. Isaza, H. F. Jiménez, and N. Herazo-Padilla, "A literature review on the vehicle routing problem with multiple depots," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 79, pp. 115-129, 2015.
- [5] K. Govindan, A. Jafarian, R. Khodaverdi, and K. Devika, "Two-echelon multiple-vehicle location–routing problem with time windows for optimization of sustainable supply chain network of perishable food," *International Journal of Production Economics*, vol. 152, pp. 9-28, 2014.
- [6] A. Arvianto, A. H. Setiawan, and S. Saptadi, "Model Vehicle Routing Problem dengan Karakteristik Rute Majemuk, Multiple Time Windows, Multiple Products dan Heterogeneous Fleet untuk Depot Tunggal," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 16, pp. 83-94, 2014.
- [7] S. F. Ghannadpour, S. Noori, R. Tavakkoli-Moghaddam, and K. Ghoseiri, "A multi-objective dynamic vehicle routing problem with fuzzy time windows: Model, solution and application," *Applied Soft Computing*, vol. 14, pp. 504-527, 2014.
- [8] J.-F. Cordeau, Laporte, G., Savelsbergh, M. W. P. & Vigo, D, *Handbooks in Operations Research and Management Science*. North Holland, Elsevier B.V., 2007.
- [9] Y. Qi, Z. Hou, H. Li, J. Huang, and X. Li, "A decomposition based memetic algorithm for multi-objective vehicle routing problem with time windows," *Computers & Operations Research*, vol. 62, pp. 61-77, 2015.