

PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI PRODUK DI CV X MENGGUNAKAN METODE *SEQUENTIAL INSERTION* DAN *SWAP INTRA-ROUTE*

Fa'iz Alfarisi^{1*}

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi
Nasional

Email: faizalfarisi22@gmail.com

Received 24 01 2024| Revised 31 01 2024| Accepted 31 01 2024

ABSTRAK

CV X merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pendistribusian minuman kaleng. CV X memiliki permasalahan terkait rute distribusi yang belum dihitung secara matematis, sehingga mengakibatkan jarak dan waktu tempuh menjadi panjang. Perusahaan tidak memanfaatkan kapasitas alat angkut secara maksimal. Permasalahan tersebut termasuk ke dalam kategori Capacitated Vehicle Routing Problem. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada di perusahaan yaitu menggunakan metode sequential insertion dan swap intra route. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode sequential insertion dan swap intra route, metode sequential insertion menghasilkan 2 alternatif rute dengan total jarak sebesar 268,1 km. Metode swap intra route menghasilkan 2 alternatif rute dengan total jarak sebesar 252,9 km. Rata-rata utilitas alat angkut berdasarkan metode terpilih sebesar 97,43 %.

Kata kunci: *Capacitated Vehicle Routing Problem, Sequential Insertion, Swap Intra Route*

ABSTRACT

CV X is a company engaged in the distribution of canned drinks. CV X has problems related to distribution routes that have not been calculated mathematically, resulting in long distances and travel times. The company does not utilize the capacity of the conveyance to the maximum. These problems fall into the category of Capacitated Vehicle Routing Problems. The method used to solve problems in the company is using sequential insertion and intra-route swap methods. Based on the results of data processing using the sequential insertion method and intra route swap, the sequential insertion method produces 2 alternative routes with a total distance of 268.1 km. The intra route swap method produces 2 alternative routes with a total distance of 252.9 km. The average utility of transportation equipment based on selected methods is 97.43%.

Keywords: *Cavatitated Vehicle Routing Problem, Sequential Insertion, Swap Intra Route*

1. PENDAHULUAN

CV X merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dibidang pendistribusian barang, barang yang di distribusikan oleh CV X adalah produk minuman susu kaleng. Proses pendistribusian produk dibantu dengan menggunakan 3 buah mobil *box*, dimana dalam satu mobil terdiri dari 2 orang, 1 orang *driver* dan 1 orang helper untuk membantu proses loading dan *unloading*. Proses loading di gudang dilakukan secara manual oleh tenaga manusia. Helper bertugas untuk melakukan pengangkatan produk dalam bentuk karton ke dalam mobil, dalam satu kali pengangkatan helper dapat mengangkat 6-7 buah karton. Sedangkan *driver* bertugas untuk menyusun produk yang sudah di dalam mobil. Proses *unloading* dilakukan oleh *driver* dan helper, dimana *driver* bertugas untuk menyiapkan produk sesuai dengan dengan jumlah pesanan di dalam mobil, sedangkan helper bertugas untuk mengantarkan produk yang sudah disiapkan oleh *driver* tadi ke toko-toko dengan cara manual. Mobil *box* tersebut memiliki kapasitas angkut yang terbatas yaitu sebanyak 350 karton.

Perusahaan melakukan proses pendistribusian produk setiap hari Senin sampai dengan hari Sabtu. Jumlah toko yang harus dikunjungi oleh perusahaan dalam satu hari ialah sebanyak 123 toko dengan jumlah permintaan yang berbeda-beda untuk masing-masing toko, dalam satu hari perusahaan harus mendistribusikan produknya sebanyak 682 karton. CV X memiliki permasalahan terkait rute distribusi, dimana rute distribusi yang sudah ada belum dihitung secara matematis dan hanya berdasarkan perkiraan *driver* saja. Faktor tersebut lah yang dapat mengakibatkan jarak tempuh yang harus dilalui oleh *driver* menjadi lebih panjang dan secara otomatis waktu yang ditempuh juga semakin lama. Selain itu, kapasitas angkut yang dimiliki sekarang tidak dimanfaatkan secara maksimal, sehingga dapat terjadi pemborosan dari penggunaan alat angkut. Permasalahan yang terdapat di CV X tersebut termasuk ke dalam kategori *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). Menurut Toth & Vigo (2014) dalam *Vehicle Routing Problem, Methods and Applications*, *Capacitated Vehicle Routing Problem* adalah jumlah kapasitas produk atau barang yang diangkut tidak boleh melebihi kapasitas armada (Wardhana, Aurachman dan Santosa, 2019).

Permasalahan yang terdapat di CV X dapat diselesaikan melalui beberapa pendekatan metode. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan pemecahan masalah tersebut ialah dengan menggunakan metode *sequential insertion* dan Metode *local search swap intra-route*. Menurut Abd-Alsabour, (2018), *Local Search* merupakan algoritma yang sering digabungkan dengan algoritma lain untuk optimisasi. Solusi yang sudah diperoleh sebelumnya dengan menggunakan metode optimasi lain akan ditingkatkan atau dilakukan perbaikan menggunakan metode *local search*. *Swap intra route* digunakan untuk mengoptimalkan rute perjalanan yang sudah dibuat dengan menggunakan metode *sequential insertion* dengan cara menukar rute perjalanan yang sudah ada sehingga tercipta rute baru.

2. METODOLOGI

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah lokasi toko, jumlah toko, jumlah permintaan konsumen, kapasitas kendaraan, rute distribusi awal, jarak tempuh, dan kecepatan rata-rata. Data-data tadi kemudian dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode *sequential insertion*. Metode ini telah digunakan untuk menyelesaikan masalah penentuan rute seperti yang dilakukan oleh Rohandi dkk. (2014) dan Wahyuni dkk. (2020). Adapun langkah-langkah dalam melakukan pengerjaan dengan metode *sequential insertion* adalah sebagai berikut (Wahyuni dkk., 2020).

PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI PRODUK DI CV X MENGGUNAKAN METODE *SEQUENTIAL INSERTION* DAN *SWAP INTRA-ROUTE*

Langkah 1

Menentukan data pangkalan, jumlah permintaan, kapasitas kendaraan dan matriks jarak sebagai input yang dibutuhkan.

Langkah 2

Menentukan rute yang dimulai dari depot menuju ke pangkalan kemudian kembali lagi ke depot, dipilih pangkalan pertama dengan empat kriteria. Empat kriteria yang dimaksud ialah sebagai berikut:

- 1) Memilih pangkalan yang mempunyai batas akhir pelayanan terkecil (*earliest deadline*).
- 2) Memilih pangkalan yang mempunyai saat siap pelayanan yang terkecil (*earliest ready time*).
- 3) Memilih pangkalan yang mempunyai perbedaan antara batas akhir dan saat siap yang terkecil (*shortest time window*).
- 4) Memilih pangkalan yang mempunyai waktu perjalanan dari depot yang terlama (*longest travel time*).

Langkah 3

Hitung jumlah permintaan dan total jarak tempuh pangkalan pada rute.

Langkah 4

Pilih pangkalan dengan total waktu penyelesaian terkecil untuk dipilih ditugaskan ke dalam rute. Apabila jumlah permintaan kurang dari kapasitas kendaraan maka dilanjutkan ke langkah 5.

Langkah 5

Apabila jumlah permintaan lebih dari kapasitas kendaraan maka dilanjutkan ke langkah 6.

Langkah 6

Pangkalan kemudian ditugaskan ke dalam rute dan rute pertama terbentuk kembali ke langkah 4.

Langkah 7

Jika semua pangkalan telah terpilih maka proses pengerjaan algoritma *sequential insertion* telah selesai. Apabila masih ada pangkalan yang masih belum terpilih maka lanjut ke langkah 7.

Langkah 8

Pembentukan rute baru.

Langkah 9

Masukan pangkalan yang belum terpilih untuk ditugaskan ke dalam rute yang terbentuk selanjutnya, lanjut ke langkah 4.

Langkah 10

Setelah semua rute telah dikunjungi dan semua permintaan telah terpenuhi maka didapat rute-rute kendaraan.

Hasil dari pembuatan rute menggunakan metode *sequential insertion* di atas kemudian menjadi input an untuk melakukan pengolahan data menggunakan metode *swap intra route*. Metode ini telah digunakan untuk mendapatkan solusi VRP dan variannya seperti yang dilakukan oleh Ramadhan dkk (2019), Imran (2013) dan Imran dan Okdinawati (2012). Menurut Ramadhan & Imran (2018), langkah-langkah dalam penyelesaian masalah rute distribusi dengan menggunakan algoritma *local search (swap intra-route)* adalah sebagai berikut:

1. Mengambil satu node secara random
2. Node tersebut kemudian dipindahkan ke rute lain secara sistematis
3. Mencari posisi yang paling meminimumkan travel cost.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan metode *sequential insertion* dan *swap intra route*, kedua metode digunakan untuk menentukan distribusi baru. Contoh pembentukan rute distribusi menggunakan metode *sequential insertion* untuk rute 1 dapat dilihat pada Tabel 3.1, 3.2 dan 3.3.

Tabel 3.1 Pembentukan Rute Distribusi menggunakan Metode *Sequential Insertion* Iterasi 1

Rute	Jarak (km)		Rute	Jarak (km)		Rute	Jarak (km)
G - 1 - G	78		G - 26 - G	96,2		G - 51 - G	80
G - 2 - G	3,2		G - 27 - G	86,2		G - 52 - G	84
G - 3 - G	24,6		G - 28 - G	90,4		G - 53 - G	77,4
G - 4 - G	27,8		G - 29 - G	92,4		G - 54 - G	78
G - 5 - G	94,4		G - 30 - G	89,8		G - 55 - G	79,6
G - 6 - G	104,4		G - 31 - G	90,2		G - 56 - G	80
G - 7 - G	101,2		G - 32 - G	88,6		G - 57 - G	88,4
G - 8 - G	97,8		G - 33 - G	93,2		G - 58 - G	85
G - 9 - G	100,4		G - 34 - G	96,6		G - 59 - G	79
G - 10 - G	102		G - 35 - G	94,6		G - 60 - G	94
G - 11 - G	85		G - 36 - G	2		G - 61 - G	80
G - 12 - G	94,4		G - 37 - G	14,4		G - 62 - G	94
G - 13 - G	94,2		G - 38 - G	90		G - 63 - G	94,8
G - 14 - G	93,6		G - 39 - G	90,2		G - 64 - G	94,6
G - 15 - G	99,6		G - 40 - G	78		G - 65 - G	93,2
G - 16 - G	97,4		G - 41 - G	82			
G - 17 - G	94,2		G - 42 - G	78			
G - 18 - G	94		G - 43 - G	86,4			
G - 19 - G	94,8		G - 44 - G	81,2			
G - 20 - G	94		G - 45 - G	76			
G - 21 - G	84,4		G - 46 - G	78,6			
G - 22 - G	95,8		G - 47 - G	80,8			
G - 23 - G	88,2		G - 48 - G	80			
G - 24 - G	86,4		G - 49 - G	78			
G - 25 - G	86		G - 50 - G	78			

Berdasarkan Tabel 3.1 dapat diketahui bahwa toko 36 merupakan toko yang terpilih untuk disisipkan karena memiliki total jarak terkecil yaitu 2 km, adapun permintaan dari toko 36 adalah sebanyak 2 karton.

PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI PRODUK DI CV X MENGGUNAKAN METODE *SEQUENTIAL INSERTION* DAN *SWAP INTRA-ROUTE*

Tabel 3.2 Pembentukan Rute Distribusi menggunakan Metode *Sequential Insertion* Iterasi 2

Rute	Jarak (km)		Rute	Jarak (km)		Rute	Jarak (km)
G - 36 - 1 - G	79		G - 36 - 26 - G	96,1		G - 36 - 52 - G	83
G - 36 - 2 - G	3		G - 36 - 27 - G	87,1		G - 36 - 53 - G	78,7
G - 36 - 3 - G	25,3		G - 36 - 28 - G	91,2		G - 36 - 54 - G	78
G - 36 - 4 - G	28,5		G - 36 - 29 - G	92,2		G - 36 - 55 - G	79,8
G - 36 - 5 - G	95,2		G - 36 - 30 - G	90,9		G - 36 - 56 - G	80
G - 36 - 6 - G	105,2		G - 36 - 31 - G	91,1		G - 36 - 57 - G	87,2
G - 36 - 7 - G	101,6		G - 36 - 32 - G	89,3		G - 36 - 58 - G	85,5
G - 36 - 8 - G	100,9		G - 36 - 33 - G	50,7		G - 36 - 59 - G	49,8
G - 36 - 9 - G	101,2		G - 36 - 34 - G	98,3		G - 36 - 60 - G	95
G - 36 - 10 - G	104		G - 36 - 35 - G	94,3		G - 36 - 61 - G	81
G - 36 - 11 - G	84,5		G - 36 - 37 - G	15,1			
G - 36 - 12 - G	92,2		G - 36 - 38 - G	84			
G - 36 - 13 - G	92,1		G - 36 - 39 - G	52,7			
G - 36 - 14 - G	91,8		G - 36 - 40 - G	79			
G - 36 - 15 - G	102,8		G - 36 - 41 - G	83			
G - 36 - 16 - G	99,7		G - 36 - 42 - G	79			
G - 36 - 17 - G	95,1		G - 36 - 43 - G	87,2			
G - 36 - 18 - G	95		G - 36 - 44 - G	81,6			
G - 36 - 19 - G	95,4		G - 36 - 45 - G	79			
G - 36 - 20 - G	94		G - 36 - 46 - G	79,3			
G - 36 - 21 - G	84,2		G - 36 - 47 - G	81,4			
G - 36 - 22 - G	95,9		G - 36 - 48 - G	80			
G - 36 - 23 - G	89,1		G - 36 - 49 - G	79			
G - 36 - 24 - G	87,2		G - 36 - 50 - G	79			
G - 36 - 25 - G	87		G - 36 - 51 - G	80			

Berdasarkan Tabel 3.2 dapat diketahui bahwa toko 2 merupakan toko yang terpilih untuk disisipkan karena memiliki total jarak terkecil yaitu 3 km, adapun total permintaan dari toko yang sudah terpilih adalah sebanyak 3 karton.

Tabel 3.3 Pembentukan Rute Distribusi menggunakan Metode *Sequential Insertion* Iterasi 3

Rute	Jarak (km)	Rute	Jarak (km)	Rute	Jarak (km)
G-36-1-2-G	80,6	G-36-27-2-G	88,6	G-36-53-2-G	80,6
G-36-3-2-G	25,6	G-36-28-2-G	92,6	G-36-54-2-G	81,6
G-36-4-2-G	29,3	G-36-29-2-G	89,6	G-36-55-2-G	81,6
G-36-5-2-G	96,6	G-36-30-2-G	89,6	G-36-56-2-G	81,6
G-36-6-2-G	106,6	G-36-31-2-G	92,6	G-36-57-2-G	88,6
G-36-7-2-G	102,6	G-36-32-2-G	91,6	G-36-58-2-G	86,6
G-36-8-2-G	104,6	G-36-33-2-G	51,7	G-36-59-2-G	50,9
G-36-9-2-G	102,6	G-36-34-2-G	99,6	G-36-60-2-G	96,6
G-36-10-2-G	106,6	G-36-35-2-G	95,6	G-36-61-2-G	82,6
G-36-11-2-G	84,6	G-36-37-2-G	16,4	G-36-62-2-G	96,6
G-36-12-2-G	90,6	G-36-38-2-G	80,6	G-36-63-2-G	96,6
G-36-13-2-G	90,6	G-36-39-2-G	49,2	G-36-64-2-G	96,6
G-36-14-2-G	90,6	G-36-40-2-G	80,6	G-36-65-2-G	96,6
G-36-15-2-G	106,6	G-36-41-2-G	84,6		
G-36-16-2-G	103,6	G-36-42-2-G	80,6		
G-36-17-2-G	57,4	G-36-43-2-G	88,6		
G-36-18-2-G	96,6	G-36-44-2-G	82,6		
G-36-19-2-G	96,6	G-36-45-2-G	82,6		
G-36-20-2-G	94,6	G-36-46-2-G	80,6		
G-36-21-2-G	84,6	G-36-47-2-G	82,6		
G-36-22-2-G	97,6	G-36-48-2-G	80,6		
G-36-23-2-G	90,6	G-36-49-2-G	80,6		
G-36-24-2-G	88,6	G-36-50-2-G	80,6		
G-36-25-2-G	88,6	G-36-51-2-G	80,6		
G-36-26-2-G	96,6	G-36-52-2-G	83,6		

Berdasarkan tabel 3.3 dapat diketahui bahwa toko 37 merupakan toko yang terpilih untuk disisipkan karena memiliki total jarak terkecil yaitu 16,4 km, adapun total permintaan dari toko yang sudah terpilih adalah sebanyak 8 karton.

Penyisipan toko terus dilakukan apabila kapasitas kendaraan masih tersedia, apabila kapasitas kendaraan sudah terpenuhi maka dilanjutkan dengan pembuatan rute baru, dengan catatan toko yang sudah terpilih tidak dimasukan lagi ke dalam kategori toko yang akan disisipkan. Rekapitulasi dari hasil pembentukan rute menggunakan metode *sequential insertion* dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Rekapitulasi Hasil Pembentukan Rute menggunakan Metode *Sequential Insertion*

Rute	<i>Sequential Insertion</i>	Jarak (km)	Permintaan
1	G-36-37-3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	122,8	350
2	G-59-44-57-38-29-33-20-17-18-19-35-63-13-22-26-7-6-15-16-10-9-8-34-12-62-64-5-60-14-65-28-30-39-43-58-47-G	145,3	332
		268,1	682

Berdasarkan tabel 3.4 di atas dapat diketahui bahwa terdapat dua rute yang terbentuk. Total jarak yang ditempuh untuk rute 1 yaitu sebesar 122,8 km dengan jumlah permintaan sebanyak 350 karton. Total jarak yang ditempuh untuk rute 2 yaitu sebesar 145,3 km dan untuk jumlah permintaannya sebanyak 332 karton. Total jarak dari rute 1 dan rute 2 adalah sebesar 268,1 km dan permintaan sebanyak 682 karton.

Perbandingan total jarak yang dihasilkan dari rute distribusi awal dan rute baru hasil pembentukan menggunakan metode *sequential insertion* dapat dilihat pada tabel 3.5

PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI PRODUK DI CV X MENGGUNAKAN METODE *SEQUENTIAL INSERTION* DAN *SWAP INTRA-ROUTE*

Tabel 3.5 Perbandingan Total Jarak Rute Distribusi Awal dengan Rute Baru Hasil Pembentukan menggunakan Metode *Sequential Insertion*.

	Rute Distribusi Awal	Rute Hasil Pembentukan menggunakan <i>Sequential Insertion</i>
Total Jarak	317,2 km	268,1 km
Permintaan	682 karton	682 karton
Kendaraan yang Digunakan	3 unit truk kapasitas 350 karton	2 unit truk kapasitas 350 karton
Rute	3 rute	2 rute

Hasil pembentukan rute menggunakan metode *sequential insertion* di atas digunakan sebagai input an untuk melakukan pembentukan rute dengan menggunakan metode *swap intra route*. Contoh pembentukan menggunakan metode *swap intra route* dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7.

Tabel 3.6 Pembentukan Rute menggunakan Metode *Swap Intra Route* Iterasi 1

	Rute 1	Jarak (km)		Rute 1	Jarak (km)
Rute Awal	G - 36 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	122,8	Rute Awal	G - 36 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	122,8
36	G - 37 - 36 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	123	36	G - 32 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 36 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	290,1
	G - 3 - 37 - 36 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	128,1		G - 25 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 26 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	288,1
	G - 48 - 37 - 3 - 36 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	164,2		G - 24 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 36 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	285,3
	G - 1 - 37 - 3 - 48 - 36 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	269,6		G - 11 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 36 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	279,4
	G - 51 - 37 - 3 - 48 - 1 - 36 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	271,6		G - 41 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 36 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	273,7
	G - 46 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 36 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	274,6		G - 56 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 36 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	269,8
	G - 53 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 36 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	269,7		G - 54 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 36 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	267,8
	G - 42 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 36 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	269,1		G - 49 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 36 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	269
	G - 61 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 36 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	271,5		G - 50 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 36 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	270,3
	G - 52 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 36 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	276,5		G - 40 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 36 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	268,6
	G - 21 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 36 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	283		G - 55 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 36 - 45 - 4 - 2 - G	269,7
	G - 27 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 36 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	283,1		G - 45 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 36 - 4 - 2 - G	226,4
	G - 23 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 36 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	288,7		G - 4 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 36 - 2 - G	146,5
	G - 31 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 36 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 2 - G	292		G - 2 - 37 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 36 - G	123,3

Berdasarkan Tabel 3.6 di atas menjelaskan bahwa toko 36 dicoba untuk dilakukan pertukaran posisi dengan toko yang lain secara satu persatu. Hasil penukaran posisi toko 36 dengan yang lainnya tidak menghasilkan rute distribusi yang lebih optimal dibandingkan dengan rute distribusi awal. Rute distribusi yang terpilihnya yaitu masih rute distribusi awal hasil pembentukan menggunakan *sequential insertion* dengan total jarak sebesar 122,8 km.

Tabel 3.7 Pembentukan Rute menggunakan Metode *Swap Intra Route* Iterasi 2

	Rute 1	Jarak (km)		Rute 1	Jarak (km)
Rute Awal	G-36-37-3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	122,8	Rute Awal	G-36-37-3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	122,8
37	G-36- 3 -37-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	120,9	37	G-36- 25 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32- 37 -24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	282,1
	G-36- 48 -3-37-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	192,7		G-36- 24 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25- 37 -11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	278,1
	G-36- 1 -3-48- 37 -51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	219,6		G-36- 11 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24- 37 -41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	269,9
	G-36- 51 -3-48-1- 37 -46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	262,6		G-36- 41 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11- 37 -56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	262,7
	G-36- 46 -3-48-1-51- 37 -53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	263,3		G-36- 56 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41- 37 -54-49-50-40-55-45-4-2-G	257,8
	G-36- 53 -3-48-1-51-46- 37 -42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	219		G-36- 54 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56- 37 -49-50-40-55-45-4-2-G	258,8
	G-36- 42 -3-48-1-51-46-53- 37 -61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	259,1		G-36- 49 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54- 37 -50-40-55-45-4-2-G	258
	G-36- 61 -3-48-1-51-46-53-42- 37 -52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	265,5		G-36- 50 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49- 37 -40-55-45-4-2-G	258,3
	G-36- 52 -3-48-1-51-46-53-42-61- 37 -21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	268,5		G-36- 40 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50- 37 -55-45-4-2-G	263,6
	G-36- 21 -3-48-1-51-46-53-42-61-52- 37 -27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	266,8		G-36- 55 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40- 37 -45-4-2-G	257,7
	G-36- 27 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21- 37 -23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	276		G-36- 45 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55- 37 -4-2-G	204,2
	G-36- 23 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27- 37 -31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	282,6		G-36- 4 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45- 37 -2-G	159,3
	G-36- 31 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23- 37 -32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	280,9		G-36- 2 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4- 37 -G	109,2
	G-36- 32 -3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31- 37 -25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	282,8			

Berdasarkan tabel 3.7 di atas merupakan penukaran posisi toko 37 dengan toko lain secara satu persatu. Hasil pertukaran posisi toko 37 dengan toko 2 menghasilkan rute distribusi yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan rute distribusi awal. Rute distribusi awal menghasilkan total jarak sebesar 122,8 km, sedangkan rute hasil pertukaran toko 37 dengan toko 2 menghasilkan total jarak sebesar 109,2 km.

Tabel 3.8 Pembentukan Rute menggunakan Metode *Swap Intra Route* Iterasi 3

	Rute 1	Jarak (km)		Rute 1	Jarak (km)
Rute Awal	G-36-37-3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	122,8	Rute Awal	G-36-37-3-48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	122,8
3	G-36-37- 48 -3-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	187,6	3	G-36-37- 25 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32- 3 -24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	212,1
	G-36-37-1-48- 3 -51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	187,7		G-36-37- 24 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25- 3 -11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	207,2
	G-36-37- 51 -48-1- 3 -46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	192,8		G-36-37- 11 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24- 3 -41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	201,5
	G-36-37- 46 -48-1-51- 3 -53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	194,4		G-36-37- 41 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11- 3 -56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	192,9
	G-36-37- 53 -48-1-51-46- 3 -42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	192,3		G-36-37- 56 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41- 3 -54-49-50-40-55-45-4-2-G	190,3
	G-36-37- 42 -48-1-51-46-53- 3 -61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	193,4		G-36-37- 54 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56- 3 -49-50-40-55-45-4-2-G	187,3
	G-36-37- 61 -48-1-51-46-53-42- 3 -52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	190,6		G-36-37- 49 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54- 3 -50-40-55-45-4-2-G	190,4
	G-36-37- 52 -48-1-51-46-53-42-61- 3 -21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	200,2		G-36-37- 50 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49- 3 -40-55-45-4-2-G	195,3
	G-36-37- 21 -48-1-51-46-53-42-61-52- 3 -27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	201,5		G-36-37- 40 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50- 3 -55-45-4-2-G	187,6
	G-36-37- 27 -48-1-51-46-53-42-61-52-21- 3 -23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	205,1		G-36-37- 55 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40- 3 -45-4-2-G	185,7
	G-36-37- 23 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27- 3 -31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	206,7		G-36-37- 45 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55- 3 -4-2-G	160,3
	G-36-37- 31 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23- 3 -32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	215		G-36-37- 4 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45- 3 -2-G	124,1
	G-36-37- 32 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31- 3 -25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4-2-G	212,1		G-36-37- 2 -48-1-51-46-53-42-61-52-21-27-23-31-32-25-24-11-41-56-54-49-50-40-55-45-4- 3 -G	135,3

PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI PRODUK DI CV X MENGGUNAKAN METODE *SEQUENTIAL INSERTION* DAN *SWAP INTRA-ROUTE*

Berdasarkan Tabel 3.8 di atas merupakan pertukaran urutan posisi toko 3 dengan semua toko yang ada pada rute 1. Hasil pertukaran posisi toko 3 dengan semua toko yang ada, tidak menghasilkan rute distribusi yang lebih baik dibandingkan dengan rute distribusi awal. Rute distribusi awal masih lebih baik karena memiliki total jarak yang lebih kecil yaitu 122,8 km.

Pertukaran urutan posisi toko terus dilakukan sampai semua toko yang ada di rute 1 dan rute 2 sudah dilakukan penukaran posisi. Setelah semua toko dilakukan penukaran, kemudian dilakukan analisis untuk mencari tahu apakah terdapat total jarak hasil *swap intra-route* yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan rute distribusi awal hasil *sequential insertion*. Rekapitulasi hasil rute 1 menggunakan metode *swap intra-route* dapat dilihat pada Tabel 3.9

Tabel 3.9 Rekapitulasi Hasil Pembentukan Rute menggunakan Metode *Swap Intra Route*

Rute	<i>Swap Intra-route</i>	Jarak (km)	Permintaan
1	G - 36 - 2 - 3 - 48 - 1 - 51 - 46 - 53 - 42 - 61 - 52 - 21 - 27 - 23 - 31 - 32 - 25 - 24 - 11 - 41 - 56 - 54 - 49 - 50 - 40 - 55 - 45 - 4 - 37 - G	109,2	350
2	G - 59 - 44 - 57 - 38 - 29 - 33 - 20 - 17 - 18 - 19 - 35 - 63 - 13 - 22 - 26 - 8 - 6 - 15 - 16 - 10 - 9 - 7 - 34 - 12 - 62 - 64 - 5 - 60 - 14 - 65 - 28 - 30 - 39 - 43 - 58 - 47 - G	143,7	332
		252,9	682

Berdasarkan Tabel 3.9 dapat diketahui bahwa terdapat dua alternatif rute yang dihasilkan. Rute 1 menghasilkan total jarak sebesar 109,2 km, rute 2 menghasilkan total jarak sebesar 143,7 km. Total jarak keseluruhan dari rute 1 dan rute 2 adalah 252,9 km.

Perbandingan total jarak yang dihasilkan dari rute baru hasil pembentukan menggunakan metode *sequential insertion* dengan rute baru hasil pembentukan menggunakan metode *swap intra-route* dapat dilihat pada tabel 3.10.

Tabel 3.10 Perbandingan Total Jarak Rute Distribusi menggunakan Metode *Sequential Insertion* dengan Rute Distribusi menggunakan Metode *Swap Intra-route*

	Rute Hasil Pembentukan menggunakan <i>Sequential Insertion</i>	Rute Hasil Pembentukan menggunakan <i>Swap Intra-route</i>
Total Jarak	268,1 km	252,9 km
Permintaan	682 karton	682 karton
Kendaraan yang Digunakan	2 unit truk kapasitas 350 karton	2 unit truk kapasitas 350 karton
Rute	2 rute	2 rute

Berdasarkan Tabel 3.10 dapat diketahui bahwa total jarak yang dihasilkan dari rute hasil pembentukan menggunakan metode *swap intra route* menghasilkan total jarak yang lebih kecil dibandingkan dengan rute hasil pembentukan menggunakan metode *sequential insertion*. Rute hasil pembentukan menggunakan metode *swap intra route* menghasilkan total jarak sebesar 252,9 km, sedangkan rute hasil pembentukan menggunakan *sequential insertion* menghasilkan total jarak sebesar 268,1 km. Selisih total jarak berdasarkan kedua metode di atas adalah sebesar 15,2 km.

Rata-rata utilitas alat angkut berdasarkan metode terpilih (*swap intra route*), menghasilkan rata-rata sebesar 97,43%. Rata-rata utilitas alat angkut pada rute distribusi awal sebesar 64,95%. Tabel 3.11 merupakan tabel rata-rata utilitas alat angkut berdasarkan rute distribusi awal dengan rata-rata utilitas alat angkut berdasarkan rute distribusi menggunakan

metode terpilih (*swap intra route*).

Tabel 3.11 Rata-Rata Utilitas Alat Angkut berdasarkan Rute Distribusi Awal dengan Rute Distribusi menggunakan Metode *Swap Intra Route*

Rute	Rute Distribusi Awal	Permintaan (karton)	Kapasitas (karton)	Utilitas (%)
1	G - (1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24) - 85 - 120 - 95 - 96 - 118 - (41-52-86-87-88-89-90-91-92-93-94-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-119-121-122-123) - G	293	350	83,71
2	G - 26 - 25 - 27 - 44 - 34 - 40 - 37 - 42 - 41 - 84 - 36 - 35 - 28 - 43 - 31 - 30 - 32 - 29 - 33 - 39 - 38 - G	171	350	48,86
3	G - 60 - 61 - 78 - 77 - 83 - 73 - 70 - 79 - 71 - 69 - 66 - 72 - 64 - 75 - 74 - 80 - 68 - 82 - 67 - 81 - 62 - 63 - 53 - 55 - 54 - 57 - 51 - 52 - 49 - 45 - 58 - 59 - 56 - 46 - 47 - 48 - 50 - 76 - 65 - G	218	350	62,29
Rata-rata Utilitas (%)				64,95
Rute	Swap Intra-route	Permintaan (karton)	Kapasitas (karton)	Utilitas (%)
1	G - 60 - 25 - 26 - 72 - (1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24) - 75 - 70 - 77 - 66 - 85 - 76 - 44 - 50 - 46 - 55 - 56 - 48 - 47 - 34 - 65 - 80 - 78 - 73 - 74 - 64 - 79 - 69 - 27 - 61 - G	350	350	100
2	G - 83 - 68 - 81 - 62 - 53 - 57 - 43 - 40 - (41-52-86-87-88-89-90-91-92-93-94-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-119-121-122-123) - 42 - 59 - 96 - 36 - 45 - 49 - 31 - 29 - 38 - 39 - 33 - 32 - 30 - 58 - 35 - 95 - 118 - 28 - 84 - 37 - 120 - 51 - 54 - 63 - 67 - 82 - 71 - G	332	350	94,86
Rata-rata Utilitas (%)				97,43

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Utilitas Rute 1 (Rute Distribusi Awal)} &= \frac{\text{Permintaan}}{\text{Kapasitas}} \times 100\% \\
 &= \frac{293}{350} \times 100\% \\
 &= 83,71 \%
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata Utilitas (Rute Distribusi Awal)} &= \frac{\text{Utilitas Rute 1} + \text{Utilitas Rute 2} + \text{Utilitas Rute 3}}{\text{Jumlah Rute}} \\
 &= \frac{83,71 + 48,86 + 62,29}{3} \\
 &= 64,95 \%
 \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Rute hasil pembentukan menggunakan metode *sequential insertion* menghasilkan 2 buah alternatif rute yang sebelumnya pada rute distribusi awal terdapat 3 buah alternatif rute. Total jarak yang dihasilkan dari kedua alternatif rute tersebut adalah 268,1 km. Rute yang dibentuk menggunakan metode *sequential insertion* lebih baik dibandingkan dengan rute distribusi awal.

Rute hasil pembentukan menggunakan metode *swap intra-route* menghasilkan 2 buah rute alternatif. Total jarak yang dihasilkan dari kedua alternatif rute tersebut adalah 252,9 km. Rute yang dibentuk menggunakan metode *swap intra-route* sedikit lebih baik dibandingkan dengan rute yang dibentuk menggunakan metode *sequential insertion*. Rata-rata utilitas alat angkut dengan penggunaan metode terpilih (*swap intra-route*) menjadi meningkat. Rata-rata utilitas angkut sebelum dilakukan perbaikan rute adalah 64,95% dan setelah dilakukan perbaikan rute, rata rata utilitas kendaraan menjadi 97,43%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd-alsabour, N. (2018). *Local Search* for Parallel Optimization Algorithms for High Dimensional Optimization Problems. In MATEC Web of Conferences (Vol. 210, p. 04052). EDP Sciences.
- Imran, A. (2013). A variable neighborhood search-based heuristic for the multi-depot vehicle routing problem. *Jurnal Teknik Industri* 15 (2), 95-102
- Imran, A., & Okdinawati, L. (2012). Adaptation of the variable Neighborhood search heuristic to solve the vehicle routing problem. *Jurnal Teknik Industri* 12 (1), 10-15
- Rohandi, S.M., Imran, A., & Prasetiyo, H. (2014). Penentuan rute distribusi produk obat menggunakan metode *sequential insertion* dan Clarke & Wright savings (Studi kasus di PT X bandung). *Reka Integra* 2 (2)
- Ramadhan, F., & Imran, A. (2018). Penentuan Rute Dan Jumlah Kendaraan Pada Kasus School Bus Routing Problem: Penerapan Algoritma Record-to-record Travel. *JRSI (Jurnal Rekayasa Sistem dan Industri)*, 5(01), 15-22.
- Ramadhan, F., & Imran, A., & Rizana, A.F.(2019). Threshold based algorithms for the multi-product multi-period inventory routing problem. *Journal of Engineering Science and Technology* 14 (5), 2703-2715.
- Wahyuni, S. R. E., & Mariatul Kiftiah, Y. (2020). PENGOPTIMALAN RUTE PENDISTRIBUSIAN TABUNG GAS LPG 3 KG DENGAN ALGORITMA *SEQUENTIAL INSERTION* (Studi Kasus: Koperasi Pegawai Kantor Gubernur Kalimantan Barat). *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 9(4).
- Wardhana, P. A., Aurachman, R., & Santosa, B. (2019). Penentuan Rute Armada Pengiriman PT. AAA Menggunakan Algoritma Two-phase Tabu Search Pada Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleet and TIME Windows Untuk Mengatasi Keterlambatan Pengiriman. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 6(2), 135-143.