



PENGOPTIMALAN RUTE DISTRIBUSI PRODUK MENGGUNAKAN METODE SAVING MATRIX DAN NEAREST INSERTION

Suparmi[✉], Hardi Suyitno, dan Isnaini Rosyida

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 1, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Juni 2020
Disetujui Desember 2020
Dipublikasikan Desember 2020

Keywords:
CVRP, Saving Matrix Method, Nearest Insertion Method

Abstrak

Permasalahan pengiriman barang atau yang disebut dengan distribusi merupakan salah satu aspek penting dalam pemasaran. Salah satu permasalahan distribusi yang terjadi adalah distribusi tisu dari distributor tisu di Kota Semarang yaitu CV Maple Semarang ke beberapa pelanggan yang termasuk dalam permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*. Tujuan dalam penelitian ini adalah menganalisis penyelesaian rute pendistribusian tisu dari depot ke pelanggan dan kembali ke depot dengan menggunakan metode *saving matrix* dan *nearest insertion*. Pencarian rute tersebut dilakukan secara hitung manual, selanjutnya akan ditentukan keefektifan dari penggunaan kedua metode tersebut. Pengambilan data dilakukan dengan metode observasi dan wawancara secara langsung dan menggunakan *google maps* untuk menentukan jarak dari depot/distributor CV Maple Semarang ke pelanggan-pelanggan. Dari penelitian ini solusi dengan menggunakan metode *saving matrix* diperoleh jarak minimal sebesar 63,8 km dan metode *nearest insertion* diperoleh jarak minimal sebesar 60,5 km. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rute yang terbentuk dengan metode *nearest insertion* lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan metode *saving matrix*.

Abstract

The problem of shipping goods or what is called distribution is one of the important aspects in marketing. One of the distribution problems that occur is the distribution of tissue from tissue distributors in Semarang, namely CV Maple Semarang to some customers who are included in the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). The purpose of this study was to analyze the completion of tissue distribution routes from the depot to the customer and back to the depot using the saving matrix and nearest insertion methods. The seeking for the route is done by manual, then the effectiveness of the two methods will be determined. Data collection is done by direct observation and interview methods and using google maps to determine the range from the depot/distributor CV Maple Semarang to customers. From this study, the solution using the saving matrix method obtained a minimum range of 63,8 km and the nearest insertion method obtained a minimum range of 60,5 km. Thus, it can be concluded that the route formed by the nearest insertion method is more effective than using the saving matrix method.

How to Cite

Suparmi, H. Suyitno, & I. Rosyida. 2020. Pengoptimalan Rute Distribusi Tisu di CV Maple Semarang dengan Menggunakan Metode Saving Matrix dan Nearest Insertion. *Unnes Journal of Mathematics*, 9(2) : 49- 57.

© 2020 Universitas Negeri Semarang

[✉]Alamat korespondensi:

E-mail: suparmi012@students.unnes.ac.id

p – ISSN 2252-6943

e – ISSN 2460-5859

PENDAHULUAN

Teori graf merupakan salah satu ilmu matematika yang banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu masalah yang dapat diselesaikan dengan menggunakan aplikasi teori graf adalah masalah transportasi yaitu dengan mencari rute optimalnya. Permasalahan transportasi yang banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah masalah pengiriman barang. Permasalahan pengiriman barang ini dapat diselesaikan dengan membentuk suatu jaringan yang terdiri dari titik-titik dan sisi yang menghubungkan titik tertentu dengan pasangannya.

Distribusi dan transportasi memiliki peranan yang penting dalam suatu perusahaan. Distribusi adalah kegiatan memindahkan barang dari produsen kepada konsumen secara tepat waktu, dalam jumlah yang sesuai dan dalam kondisi yang baik. Secara umum fungsi dasar distribusi dan transportasi adalah mengantarkan produk dari lokasi dimana produk tersebut diproduksi sampai dimana mereka akan digunakan (Pujawan & Mahendrawathi, 2010:192). Salah satu keputusan terpenting dalam manajemen distribusi adalah penentuan jadwal serta rute pengiriman dari satu titik ke beberapa titik tujuan (Harry & Syamsudin, 2011).

CV Maple Semarang merupakan salah satu distributor tisu di Kota Semarang. Selanjutnya tisu tersebut akan didistribusikan ke beberapa pelanggan/toko di Kota Semarang. CV Maple telah memiliki pelanggan tetap dalam setiap harinya. Sistem pengiriman ke pelanggan/toko-toko tersebut dilakukan secara berkala yaitu setiap seminggu sekali dan sistem pengirimannya dilakukan setelah pelanggan melakukan pemesanan jumlah tisu melalui *pre-order* baik secara *online* maupun secara langsung. Pengiriman produk tersebut juga memperhatikan kapasitas kendaraan yang tersedia. Permasalahan distribusi tersebut merupakan salah satu contoh permasalahan CVRP.

Vehicle routing problem (VRP) merupakan masalah penentuan rute kendaraan yang memegang peranan penting dalam dunia industri yaitu pada masalah manajemen distribusi dan transportasi (Dantzig & Ramzer, 1959). Permasalahan yang terjadi pada VRP umumnya berkaitan dengan beberapa angkutan untuk menyelesaikan permasalahan rute distribusi serta terdapat batasan kapasitas pada saat pendistribusianya. Menurut Toth dan Vigo (2002), karakteristik pada beberapa komponen-komponen VRP perlu diperhatikan. Komponen-komponen tersebut antara lain

sebagai berikut: jaringan jalan, konsumen, depot, kendaraan dan pengemudi. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai penerapan VRP untuk menyelesaikan masalah rute terpendek seperti pada penelitian Irman, dkk (2017) tentang Optimalisasi Rute Distribusi Air Minum Quelle dengan *Algoritma Clarke and Wright Saving* dan model *Vehicle Routing Problem*.

Menurut Joubert (2007:15) ada beberapa jenis VRP, salah satunya adalah *Capacitated VRP* (CVRP). CVRP adalah masalah optimasi untuk menemukan rute dengan biaya minimal (*minimum cost*) untuk sejumlah kendaraan (*vehicles*) dengan kapasitas tertentu yang homogen (*homogeneous fleet*), yang melayani permintaan sejumlah pelanggan yang kuantitas permintaannya telah diketahui sebelum proses pengiriman berlangsung (Gunawan, et all, 2012). Menurut Braysy & Gendreau (2005) konsep dasar dari CVRP adalah sebagai berikut,

- (1) Setiap kendaraan berangkat dari depot dan berakhir di depot setelah mengunjungi beberapa pelanggan.
- (2) Sebuah rute dibentuk dari sebuah depot dan pelanggan-pelanggan yang dikunjungi pada rute tersebut.
- (3) Dengan asumsi bahwa banyaknya kendaraan sama dengan banyaknya rute, maka setiap pelanggan hanya dikunjungi oleh satu kendaraan.
- (4) Setiap pelanggan memperoleh alokasi sebesar $q_i (i = 1, 2, \dots, N)$ dan kapasitas maksimal kendaraan sebesar U .
- (5) Solusi dari CVRP yaitu sebuah rute dimana alokasi pelanggan tiap rute tidak melebihi U .
- (6) Total jarak dari semua rute diminimumkan.

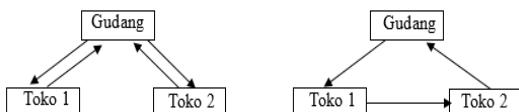
Metode *savings matrix* (Pujawan & Mahendrawathi, 2010:199) pada hakekatnya adalah metode untuk menemukan jarak atau waktu atau ongkos dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada. Dalam metode ini digunakan jarak sebagai fungsi tujuan apabila diketahui koordinat tujuan pengiriman, kemudian jarak yang akan ditempuh oleh semua kendaraan pengirim diminimumkan. Langkah-langkah yang perlu diperhatikan dalam metode ini adalah sebagai berikut:

- (1) Mengidentifikasi matriks jarak
Misalkan dua lokasi masing-masing diketahui dengan koordinat (X_1, Y_1) dan (X_2, Y_2) maka jarak antara dua lokasi tersebut adalah (Li, 2007):

$$r(1,2) = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2} \quad (2.1)$$

- Matriks jarak yang terbentuk merupakan matriks simetris
- (2) Mengidentifikasi matriks penghematan (*savings matrix*)

Untuk mengidentifikasi matriks penghematan perlu diasumsikan bahwa setiap toko akan dikunjungi oleh suatu kendaraan secara terpisah dengan toko yang lainnya. Jika dua atau lebih rute digabungkan menjadi satu rute, maka akan diperoleh suatu penghematan. *Saving matrix* mempresentasikan penghematan yang bisa direalisasikan dengan menggabungkan dua toko atau konsumen ke dalam satu rute.



Gambar 1 Ilustrasi Matriks Penghematan

Melalui Gambar 2.12 dapat dilihat bahwa perubahan jarak (penghematan) adalah sebesar total jarak kiri dikurangi total jarak kanan yang besarnya adalah : $2J(G, 1) + 2J(G, 2) - [J(G, 1) + J(1,2) + J(2,G)] = J(G, 1) + J(G, 2) - J(1,2)$, di mana $J(G, 1)$ adalah jarak dari gudang ke toko 1, $J(G, 2)$ adalah jarak dari gudang ke toko 2 dan $J(1,2)$ adalah jarak dari toko 1 ke toko 2.

Dari ilustrasi di atas diperoleh asumsi bahwa jarak (i,j) sama dengan jarak (j,i) . Misalkan $S(i,j)$ adalah penghematan jarak (*savings*) yang diperoleh dengan menggabungkan rute i dan j menjadi satu. Hasil di atas bisa digeneralisasikan sebagai berikut:

$$S(i,j) = C_{0i} + C_{0j} - C_{ij} \quad (2.2)$$

- (3) Mengalokasikan konsumen dalam rute perjalanan kendaraan

Pertama urutkan nilai *saving matrix* dari yang terbesar sampai kapasitas kendaraan yang digunakan dapat menampung semua permintaan. Apabila kapasitas sudah maksimal, maka prosedur tersebut akan berulang sampai semua konsumen teralokasi dalam suatu rute perjalanan.

- (4) Mengurutkan toko (tujuan/konsumen) dalam rute yang telah teridentifikasi

Metode *nearest insertion* merupakan metode untuk menentukan jarak optimum dari sebuah jalur distribusi dengan tujuan mempersingkat jarak pendistribusian dengan cara menyisipkan rute dalam subtour jalur distribusi (Suryani dkk, 2018). Berikut merupakan langkah cara penyelesaian pada metode ini menurut Suryani dkk:

- (1) Penelusuran dimulai dari kota pertama yang dihubungkan dengan kota terakhir.

Dalam hal ini kota pertama dan kota terakhir adalah sama yaitu depot.

- (2) Pilih kota terdekat dari kota asal pertama atau kota depot.
- (3) Buat sebuah subtour antara dua kota tersebut, artinya perjalanan dimulai dari kota pertama dan berakhir di kota pertama serta dilakukan penyisipan untuk kota yang memiliki jarak terdekat dengan kota pertama. Misal dari toko (1,3), menuju toko (3,2), menuju toko (2,1).
- (4) Ganti salah satu arah hubungan (arc) dari dua kota dengan kombinasi dua arc yaitu arc (i,j) dengan arc (i,k) , dan arc (k,j) dengan k diambil dari jarak yang belum masuk subtour dan dengan tambahan nilai terkecil, sehingga jarak diperoleh melalui Persamaan 2.3.

$$Z = d(i, k) + d(k, j) - d(i, j)$$

(2.3)

dengan d : jarak, k : titik yang belum terpilih, i : titik pertama dalam insertion dan j : titik kedua dalam insertion

- (5) Ulangi langkah 3 sampai seluruh kota masuk dalam subtour.

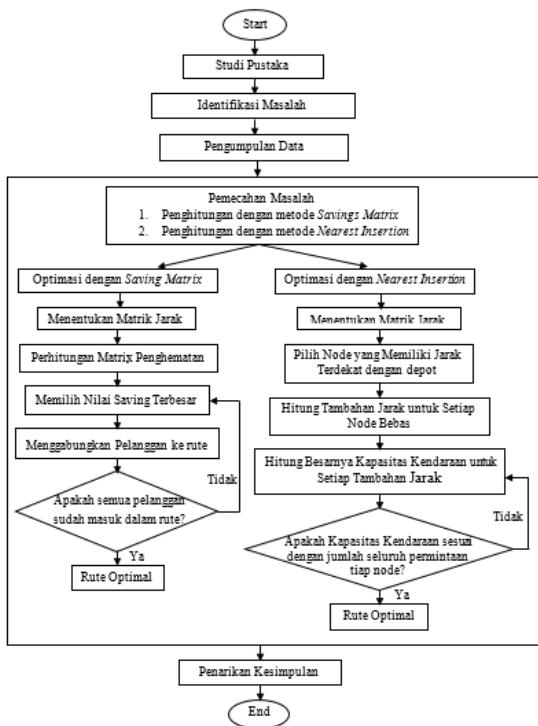
Berdasarkan penelitian terdahulu, permasalahan dalam penelitian ini yaitu bagaimana rute optimal dari distribusi tisu pada CV Maple Semarang dengan metode *saving matrix*, bagaimana rute optimal dari distribusi tisu pada CV Maple Semarang dengan metode *nearest insertion* dan metode manakah yang lebih efektif dari pendistribusian tisu pada CV Maple Semarang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kajian pustaka. Dalam langkah ini dilakukan penelaahan sumber-sumber pustaka dengan cara mengumpulkan data atau informasi yang berkaitan dengan masalah, sehingga didapatkan suatu ide mengenai bahan dasar pengembangan upaya pemecahan masalah. Dalam tahap kajian pustaka dilakukan pengumpulan referensi, dan pengupasan teori yang dapat dijadikan sebagai suatu masalah. Dari berbagai sumber pustaka yang sudah menjadi bahan kajian, diperoleh suatu pemecahan masalah sebagai berikut:

Representasi data: dari data jumlah permintaan, kapasitas kendaraan dan rute awal pendistribusian tidak di CV Maple Semarang dibuat matrik jarak dengan titik awal atau depot adalah CV Maple dan titik-titik pelanggannya berjumlah 15. Pencarian rute distribusi menggunakan metode *saving matrix* dan *nearest insertion*. Berikut merupakan peta konsep pencarian rute distribusi tisu di CV

Maple Semarang dengan metode *saving matrix* dan *nearest insertion*.



Gambar 2 Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendistribusian tisu menjadi salah satu permasalahan dalam pendistribusian melihat masyarakat sekarang yang memiliki gaya hidup konsumtif dan serba praktis. CV Maple Semarang merupakan salah satu distributor tisu di Kota Semarang. Permasalahan yang terjadi di CV Maple Semarang dalam mendistribusikan tisu ke beberapa wilayah di Kota Semarang adalah dalam setiap minggunya tidaklah sama rute yang dilalui oleh kurir pengantar tisu. Oleh karena itu, akan dibentuk rute pendistribusian setiap seminggu sekali yaitu pada hari Kamis agar diperoleh jarak yang minimum sehingga biaya pengiriman yang dikeluarkan juga dapat diminimalkan. Pendistribusian tisu dimulai dari depot atau kantor distributor yaitu CV Maple Semarang, selanjutnya tisu tersebut akan didistribusikan ke pelanggan-pelanggan sesuai dengan jumlah permintaan yang telah dipesan oleh pelanggan-pelanggan kepada CV Maple Semarang, kemudian kembali ke depot setelah tisu selesai terdistribusi semua.

Data yang diperoleh dari pihak perusahaan dicari jaraknya dengan menggunakan bantuan aplikasi *google maps* pada *android phone*. Dengan menggunakan bantuan *google maps* kita dapat memperoleh data jarak secara tepat dan lebih cepat. Selain dengan menggunakan cara tersebut, penulis

mengumpulkan data dengan melakukan wawancara secara langsung pada karyawan CV Maple Semarang. Berdasarkan pengumpulan data tersebut diperoleh rute yang biasa dilalui oleh supir distributor dalam pendistribusian tisu dengan data permintaan Januari 2020 di area Kota Semarang:

- 1) Rute Pendistribusian Tisu pada Hari Kamis Minggu Pertama
Rute 1: Depot - Kayarasa Dapur Nusantara - Seven Pavillon - Seorae - Beringin Residence Guest House - Boskaf Coffee - Hakata Ikkousha - Nine bar - Waroeng Kaligarong - Depot.
- Rute 2: Depot - Welcome Pusat Pijat Refleksi Kaki - Gulai Kepala Ikan Pak Untung - Anak panah kopi semarang - Mitracom Ekasarana 1 - Waroeng Spesial Sambel "SS" Lampersari - Star steak - Mitracomm Ekasarana 2 - Depot.
- 2) Rute Pendistribusian Tisu pada Hari Kamis Minggu Kedua
Rute 1: Depot - Mitracomm Ekasarana 2 - Star steak - Mitracom Ekasarana 1 - Waroeng Spesial Sambel "SS" Lampersari - Anak panah kopi semarang - Gulai Kepala Ikan Pak Untung - Nine bar - Depot.
- Rute 2: Depot - Waroeng Kaligarong - Hakata Ikkousha - Welcome Pusat Pijat Refleksi Kaki - Boskaf Coffee - Seorae - Beringin Residence Guest House - Kayarasa Dapur Nusantara - Seven Pavillon-Depot.
- 3) Rute Pendistribusian Tisu pada Hari Kamis Minggu Ketiga
Rute 1: Depot - Waroeng Kaligarong - Nine bar- Hakata Ikkousha - Boskaf Coffee - Beringin Residence Guest House - Seven Pavillon - Kayarasa Dapur Nusantara - Depot.
- Rute 2: Depot - Welcome Pusat Pijat Refleksi Kaki - Gulai Kepala Ikan Pak Untung - Anak panah kopi semarang - Star steak - Waroeng Spesial Sambel "SS" Lampersari Mitracom Ekasarana 1 - Mitracomm Ekasarana 2 - Depot.
- 4) Rute Pendistribusian Tisu pada Hari Kamis Minggu Keempat
Rute 1: Depot - Waroeng Kaligarong - Hakata Ikkousha - Boskaf Coffee - Beringin Residence Guest House - Seorae - Kayarasa Dapur Nusantara - Nine bar - Anak panah kopi semarang - Depot.

Rute 2: Depot - Mitracom Ekasarana 1 - Waroeng Spesial Sambel "SS" Lampersari - Star steak - Gulai Kepala Ikan Pak Untung - Welcome Pusat Pijat Refleksi Kaki - Seven Pavillon - Mitracomm Ekasarana 2 - Depot.

Dari data di atas rata-rata rute 1 memiliki jarak tempuh 26,925 km dan rata-rata rute 2 memiliki jarak tempuh 36,95 km. Sehingga rata-rata total jarak tempuh untuk setiap hari Kamis pada bulan Januari adalah 63,875 km. CV Maple Semarang menggunakan 2 kendaraan jenis Daihatsu Gran Max Blind Van untuk pendistribusian tisu dengan kapasitas angkut maksimum masing-masing kendaraan 63 kardus.

Langkah selanjutnya akan dibuat matriks jarak yang berisi jarak antara depot dan pelanggan-pelanggan serta jarak antar pelanggan. Berikut tabel matrik jarak asal dan tujuan (km).

Tabel 1. Matrik Jarak Asal dan Tujuan (km)

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D	0														
1	3,6	0													
2	8,3	4,5	0												
3	2,8	4,8	8,2	0											
4	3,1	3,3	6,7	3	0										
5	3,6	1,8	5,2	4,8	3,7	0									
6	3,4	1,7	5	3,5	2,3	1	0								
7	5,2	1,6	4,1	6,5	5,3	3,2	3,2	0							
8	3,2	5,4	8,8	1,9	3	4,7	4	6,9	0						
9	3,3	6,4	9,7	2,9	3,5	5,6	4,8	7,7	1,6	0					
10	7,4	5,5	8,9	4,2	4,2	4,9	4,1	5,1	4,5	6,2	0				
11	3,4	3,7	7,2	2,8	1	3,1	2,3	5,2	1,1	2,5	4,6	0			
12	4,2	2,5	5,9	4,5	3,7	1,9	1,1	2,8	4,1	5,5	3,6	3,4	0		
13	2,6	2,8	6,2	3,4	0,9	2,2	1,3	4,3	2,3	3,7	4,5	1,6	2,4	0	
14	12	12	16	9,1	10	12	11	14	9,3	10	10	11	12	11	0
15	4,2	1,8	5,1	5,8	4,3	2,2	2,3	1,4	5,4	6,8	4,3	4,7	1,5	3,4	0

Berikut merupakan langkah-langkah penyelesaian CVRP dengan menggunakan metode *Saving Matrix* adalah sebagai berikut:

Langkah 1: Mengidentifikasi matrik jarak serta jumlah permintaan masing-masing pelanggan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Permintaan tisu CV Maple Semarang untuk Kota Semarang

No	Nama	Alamat	Jumlah Permintaan dalam Minggu				Rata-rata
			1	2	3	4	
1	Mitracom Ekasarana 1	Jl kelinci raya no 1, pandean lamper, gajahmarsi	9	6	5	8	7
2	Mitracom Ekasarana 2	Jl Gemah Raya No.15, Gemah, Kec. Pedurungan	8	6	5	5	6
3	Seorae PARAGON Mall lantai 3., Jl Pemuda No.118, Sekayu, Kec. Semarang Tengah	Jl Erlangga Timur, Pleburan, Kec. Semarang Selatan	8	10	9	9	9
4	Hakata Ikkousha Mal Ciputra, Jl Simpang Lima No.1 Pekunden, Kec. Semarang Tengah	Lampung Tengah, Kec. Semarang Selatan	5	6	5	4	5
5	Anak Panah Kopi Semarang Selatan Nine Bar	Jl MT. Haryono No.681, Wonodri, Kec. Semarang Selatan	8	7	8	9	8
6	Star Steak Residense Guest House	Jl Erlangga Timur, Pleburan, Kec. Semarang Selatan	7	8	7	6	7
7	Beringin Residence Semarang Tengah	Lampung Tengah, Kec. Semarang Selatan	10	11	9	10	10
8	Seven Pavillon "SS"	Jl Karel Sasuit Tubun No.32, Sekyru, Kec. Semarang Tengah	5	6	5	4	5
9	Kayarasa Dapur Nusantara	Jl Peres No.197, Kuningan, Kec. Semarang Utara	9	8	9	6	8
10	Welcome Pusat Pijat Refleksi Kaki	Jl Slamet No.17, Gajahmungkur, Kec. Gajahmungkur	7	6	4	7	6
11	Boscaf Coffe	Jl Moh. Syuudi No.28, Miroto, Kec. Semarang Tengah	8	9	8	7	8
12	Gulai Kepala Ikan Pak Untung Waroeng Kaligarong	Jl Singoarsi Raya No.79, Pleburan, Kec. Semarang Selatan	10	9	8	9	9
13	Kaligarong	Jl Mayor Jend. D.I. Parjatanan No.64, Brumbungan, Kec. Semarang Tengah	11	10	9	10	10
14	Seven Pavillon Waroeng Lampersari	Jl Prof. Dr. Hamka No.A8, Bringin, Kec. Ngaliyan Jl Lamper Sari No.29, Lamper Kidul, Kec. Semarang Selatan	7	8	9	8	8
		Jumlah Permintaan	121	116	109	110	114

Langkah 2: akan dibuat matrik jarak antara depot dengan pelanggan-pelanggan dan antar pelanggan, yang disajikan pada Tabel 1.

Langkah 3: Akan dibuat matriks penghematan berdasarkan persamaan 2.2 Berikut adalah salah satu contoh perhitungan nilai penghematan untuk Mitracom Eksarana 1 dan Mitracom Eksarana 2 dengan menggunakan persamaan (2.2), masukkan nilai jarak berdasarkan Tabel 4.2, maka diperoleh nilai penghematan sebagai berikut:

$S(1,2) = C_{0,1} + C_{0,2} - C_{1,2} = 3,6 + 8,3 - 4 = 7,4$. Dengan menggunakan cara yang sama, diperoleh matriks penghematan untuk semua titik yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Matrik Penghematan (km)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0													
2	7,4	0												
3	1,6	2,9	0											
4	3,4	4,7	2,9	0										
5	5,4	6,7	1,6	3	0									
6	5,3	6,7	2,7	4,2	6	0								
7	7,2	9,4	1,5	3	5,6	5,4	0							
8	1,4	2,7	4,1	3,3	2,1	2,6	1,5	0						
9	0,5	1,9	3,2	2,9	1,3	1,9	0,8	4,9	0					
10	5,5	6,8	6	6,3	6,1	6,7	7,5	6,1	4,5	0				
11	3,3	4,5	3,4	5,5	3,9	4,5	3,4	3,5	4,2	6,2	0			
12	5,3	6,6	2,5	3,6	5,9	6,5	6,6	3,3	2	8	4,2	0		
13	3,4	4,7	2	4,8	4	4,7	3,5	3,5	2,2	5,5	4,4	4,4	0	
14	3,6	4,3	5,7	5,1	3,6	4,4	3,2	5,9	5,3	9,4	4,4	4,2	3,6	0
15	6	7,4	1,2	3	5,6	5,3	0	2	0,7	7,3	2,9	6,9	3,4	3,2

Langkah 4: Selanjutnya adalah menetapkan pelanggan ke dalam rute kendaraan.

Langkah pertama dalam tahap ini adalah buat masing-masing pelanggan sebagai rute yang independen yang artinya ada 15 rute untuk memulai. Kemudian cari penghematan terbesar pada Tabel 4.3. Penghematan terbesar terletak pada jarak pelanggan 10 dan pelanggan 14 dengan nilai penghematan sebesar 9,4. Selanjutnya pelanggan 10 dan pelanggan 14 dapat digabungkan untuk membentuk rute baru dengan total permintaan $6 + 8 = 14 < 63$. Kemudian akan disisipkan pelanggan yang memiliki penghematan terbesar lainnya ke dalam rute $D \rightarrow 10 \rightarrow 14 \rightarrow D$. Sehingga rute yang memungkinkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rute tambahan ke-1

Rute Asal	Rute Tujuan	Penghematan dengan $10 \rightarrow 14$
10 dan 14	1	9,1
	2	11,1
	3	11,7
	4	11,4
	5	9,7
	6	11,1
	7	10,7
	8	12
	9	9,8
	11	10,6
	12	12,2
	13	9,1
	15	10,5

Pilih nilai penghematan yang terbesar yaitu 12,2 pada pelanggan 12.Tambahkan pelanggan 12 ke dalam rute yang telah terbentuk. Karena pelanggan 12 memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 14, maka rutanya menjadi $D \rightarrow 10 \rightarrow 12 \rightarrow 14 \rightarrow D$ dengan total jarak $7,4 + 3,6 + 12 + 12 = 35$ atau $D \rightarrow 10 \rightarrow 14 \rightarrow 12 \rightarrow D$ dengan total jarak $7,4 + 10 + 12 + 4,2 = 33,6$. Pilih rute $D \rightarrow 10 \rightarrow 14 \rightarrow 12 \rightarrow D$ yang memiliki jarak minimal dan total permintaan pada rute tersebut adalah $6 + 8 + 9 = 23 < 63$.

Langkah 5: Sisipkan pelanggan yang memiliki penghematan terbesar yaitu pelanggan 2, pilih rute $D \rightarrow 10 \rightarrow 14 \rightarrow 2 \rightarrow 12 \rightarrow D$ yang memiliki jarak minimum dan total permintaan $6 + 8 + 9 + 6 = 29 < 63$.

Langkah 6: Sisipkan pelanggan yang memiliki penghematan terbesar yaitu pelanggan 12, pilih rute $D \rightarrow 10 \rightarrow 14 \rightarrow 2 \rightarrow 7 \rightarrow 12 \rightarrow D$ yang memiliki jarak minimum dan total permintaan $6 + 8 + 9 + 6 + 10 = 39 < 63$.

Langkah 7: Sisipkan pelanggan yang memiliki penghematan terbesar yaitu pelanggan 15, pilih rute $D \rightarrow 10 \rightarrow 14 \rightarrow 2 \rightarrow 7 \rightarrow 15 \rightarrow 12 \rightarrow D$ yang memiliki jarak minimum dan total permintaan $6 + 8 + 9 + 6 + 10 + 8 = 47 < 63$.

Langkah 8: Sisipkan pelanggan yang memiliki penghematan terbesar yaitu pelanggan 1, pilih

rute $D \rightarrow 10 \rightarrow 14 \rightarrow 2 \rightarrow 7 \rightarrow 1 \rightarrow 15 \rightarrow 12 \rightarrow D$, yang memiliki jarak minimum dan total permintaan $6 + 8 + 9 + 6 + 10 + 8 + 7 = 54 < 63$.

Langkah 9: Sisipkan pelanggan yang memiliki penghematan terbesar yaitu pelanggan 6, pilih rute $D \rightarrow 10 \rightarrow 14 \rightarrow 2 \rightarrow 7 \rightarrow 1 \rightarrow 15 \rightarrow 12 \rightarrow 6 \rightarrow D$, yang memiliki jarak minimum dan total permintaan $6 + 8 + 9 + 6 + 10 + 8 + 7 + 7 = 61 < 63$.

Langkah 10: Karena jumlah permintaan dari pelanggan yang belum masuk ke dalam rute melebihi kapasitas kendaraan, maka akan dibentuk rute baru. Pilih pelanggan yang memiliki penghematan terbesar yaitu pelanggan 8 dan pelanggan 11. Sehingga rutanya adalah $D \rightarrow 8 \rightarrow 11 \rightarrow D$ dengan total permintaan $5 + 8 = 13 < 63$.

Langkah 11: Sisipkan pelanggan yang memiliki penghematan terbesar yaitu pelanggan 9, pilih rute $D \rightarrow 9 \rightarrow 8 \rightarrow 11 \rightarrow D$, yang memiliki jarak minimum dan total kapasitas $5 + 8 + 8 = 21 < 63$.

Langkah 12: Sisipkan pelanggan yang memiliki penghematan terbesar yaitu pelanggan 4, pilih rute $D \rightarrow 9 \rightarrow 8 \rightarrow 11 \rightarrow 4 \rightarrow D$, yang memiliki jarak minimum dan total kapasitas $5 + 8 + 8 + 5 = 26 < 63$.

Langkah 13: Sisipkan pelanggan yang memiliki penghematan terbesar yaitu pelanggan 13, pilih rute $D \rightarrow 9 \rightarrow 8 \rightarrow 11 \rightarrow 4 \rightarrow 13 \rightarrow D$, yang memiliki jarak minimum dan total kapasitas $5 + 8 + 8 + 5 + 10 = 36 < 63$.

Langkah 14: Sisipkan pelanggan yang memiliki penghematan terbesar yaitu pelanggan 3, pilih rute $D \rightarrow 9 \rightarrow 3 \rightarrow 8 \rightarrow 11 \rightarrow 4 \rightarrow 13 \rightarrow D$, yang memiliki jarak minimum dan total kapasitas $5 + 8 + 8 + 5 + 10 + 9 = 45 < 63$.

Langkah 15: Sisipkan pelanggan terakhir yaitu pelanggan 5, karena pelanggan 5 memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 13, pilih rute $D \rightarrow 9 \rightarrow 3 \rightarrow 8 \rightarrow 11 \rightarrow 4 \rightarrow 13 \rightarrow 5 \rightarrow D$, yang memiliki jarak minimum dan total kapasitas $5 + 8 + 8 + 5 + 10 + 9 + 8 = 53 < 63$.

Dari langkah-langkah di atas diperoleh dua rute distribusi yaitu

Rute 1 : $D \rightarrow 10 \rightarrow 14 \rightarrow 2 \rightarrow 7 \rightarrow 1 \rightarrow 15 \rightarrow 12 \rightarrow 6 \rightarrow D$ dengan total jarak $7,4 + 10 + 16 + 4,1 + 1,6 + 1,8 + 1,5 + 1,1 + 3,4 = 46,9$ dan total permintaan $6 + 8 + 9 + 6 + 10 + 8 + 7 + 7 = 61 < 63$.

Rute 2 : $D \rightarrow 9 \rightarrow 3 \rightarrow 8 \rightarrow 11 \rightarrow 4 \rightarrow 13 \rightarrow 5 \rightarrow D$ dengan total jarak $3,3 + 2,9 + 1,9 + 1,1 + 1 + 0,9 + 2,2 + 3,6 = 16,9$ dan total permintaan $5 + 8 + 8 + 5 + 10 + 9 + 8 = 53 < 63$.

Langkah-langkah penyelesaian CVRP menggunakan metode Nearest Insertion adalah sebagaimana berikut:

Langkah 1: Pilih titik D sebagai titik awal atau depot.

Langkah 2: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan depot yaitu pelanggan 13. Pemilihan pelanggan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Jarak dari titik D ke titik-titik yang belum masuk rute

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D	3,6	8,3	2,8	3,1	3,6	3,4	5,2	3,2	3,3	7,4	3,4	4,2	2,6	12	4,2

Sehingga diperoleh rute $D \rightarrow 13 \rightarrow D$ dengan total jarak $2,6 + 2,6 = 5,2$ dan total permintaan $10 < 63$.

Langkah 3: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 13 dan depot yaitu pelanggan 4. Pemilihan pelanggan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jarak dari titik D dan 13 ke titik-titik yang belum masuk rute

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D	3,6	8,3	2,8	3,1	3,6	3,4	5,2	3,2	3,3	7,4	3,4	4,2	12	4,2	
13	2,8	6,2	3,4	0,9	2,2	1,3	4,3	2,3	3,7	4,5	1,6	2,4	11	3,4	

Dengan menggunakan persamaan 2.3 akan dihitung insertionnya sebagai berikut:

$$D - 13 \text{ (insertion 4)} = (D, 4) + (4, 13) - (D, 13) = 3,1 + 0,9 - 2,6 = 1,4$$

$$13 - D \text{ (insertion 4)} = (13, 4) + (4, D) - (13, D) = 0,9 + -2,6 = 1,4$$

Karena insertion 4 pada $D - 13$ dan $13 - D$ memiliki nilai yang sama, maka rute yang terpilih adalah $D \rightarrow 13 \rightarrow 4 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $2,6 + 0,9 + 3,1 = 6,6$ dan total permintaan $10 + 5 = 15 < 63$.

Langkah 4: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 13, pelanggan 4 dan depot yaitu pelanggan 11. Pilih insertion yang memiliki nilai terkecil, sehingga terpilih rute $D \rightarrow 13 \rightarrow 4 \rightarrow 11 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $2,6 + 0,9 + 1 + 3,4 = 7,9$ dan total permintaan $10 + 5 + 8 = 23 < 63$.

Langkah 5: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 13, pelanggan 4, pelanggan 11 dan depot yaitu pelanggan 8. Pilih insertion yang memiliki nilai terkecil, maka rute yang terpilih adalah $D \rightarrow 13 \rightarrow 4 \rightarrow 11 \rightarrow 8 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $2,6 + 0,9 + 1 + 1,1 + 3,2 = 8,8$ dan total permintaan $10 + 5 + 8 + 5 = 28 < 63$.

Langkah 6: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 13, pelanggan 4, pelanggan 11, pelanggan 8 dan depot yaitu pelanggan 6. Pilih insertion yang memiliki nilai terkecil, maka rute yang terpilih adalah $D \rightarrow 6 \rightarrow 13 \rightarrow 4 \rightarrow 11 \rightarrow 8 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $3,4 + 1,3 + 0,9 + 1 + 1,1 + 3,2 = 10,9$

dan total permintaan $10 + 5 + 8 + 5 + 7 = 35 < 63$.

Langkah 7: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 13, pelanggan 4, pelanggan 11, pelanggan 8, pelanggan 6 dan depot yaitu pelanggan 5. Pilih insertion yang memiliki nilai terkecil, maka rute yang terpilih adalah $D \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 13 \rightarrow 4 \rightarrow 11 \rightarrow 8 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $3,5 + 1 + 1,3 + 0,9 + 1 + 1,1 + 3,2 = 12$ dan total permintaan $10 + 5 + 8 + 5 + 7 + 8 = 43 < 63$.

Langkah 8: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 13, pelanggan 4, pelanggan 11, pelanggan 8, pelanggan 6, pelanggan 5 dan depot yaitu pelanggan 12. Pilih insertion yang memiliki nilai terkecil, maka rute yang terpilih adalah $D \rightarrow 5 \rightarrow 12 \rightarrow 6 \rightarrow 13 \rightarrow 4 \rightarrow 11 \rightarrow 8 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $3,6 + 1,9 + 1,1 + 1,3 + 0,9 + 1 + 1,1 + 3,2 = 14,1$ dan total permintaan $10 + 5 + 8 + 5 + 7 + 8 + 9 = 52 < 63$.

Langkah 9: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 13, pelanggan 4, pelanggan 11, pelanggan 8, pelanggan 6, pelanggan 5, pelanggan 12 dan depot yaitu pelanggan 15. Pilih insertion yang memiliki nilai terkecil, maka rute yang terpilih adalah $D \rightarrow 5 \rightarrow 15 \rightarrow 12 \rightarrow 6 \rightarrow 13 \rightarrow 4 \rightarrow 11 \rightarrow 8 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $3,6 + 2,2 + 1,5 + 1,1 + 1,3 + 0,9 + 1 + 1,1 + 3,2 = 15,9$ dan total permintaan $10 + 5 + 8 + 5 + 7 + 8 + 9 + 8 = 60 < 63$.

Langkah 10: Karena jumlah permintaan dari pelanggan yang belum masuk ke dalam rute melebihi kapasitas kendaraan, maka akan dibentuk rute baru. Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat (yang belum masuk rute) dengan depot yaitu pelanggan 3. Sehingga diperoleh rute $D \rightarrow 3 \rightarrow D$ dengan total jarak $2,8 + 2,8 = 5,6$ dan total permintaan $9 < 63$.

Langkah 11: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 3 dan depot yaitu pelanggan 9. Karena insertion 9 pada $D - 3$ dan $3 - D$ memiliki nilai yang sama, maka rute yang terpilih adalah $D \rightarrow 3 \rightarrow 9 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $2,8 + 2,9 + 3,3 = 9$ dan total permintaan $9 + 8 = 17 < 63$.

Langkah 12: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 3, pelanggan 9 dan depot yaitu pelanggan 1. Pilih insertion yang memiliki nilai terkecil, maka rute yang terpilih adalah $D \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 9 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $3,6 + 4,8 + 2,9 + 3,3 = 14,6$ dan total permintaan $9 + 8 + 7 = 24 < 63$.

Langkah 13: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 9, pelanggan 3, pelanggan 1 dan depot yaitu pelanggan 7. Pilih insertion yang memiliki nilai terkecil, maka

rute yang terpilih adalah $D \rightarrow 7 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 9 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $5,2 + 1,6 + 4,8 + 2,9 + 3,3 = 17,8$ dan total permintaan $9 + 8 + 7 + 10 = 34 < 63$.

Langkah 14: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 9, pelanggan 3, pelanggan 1, pelanggan 7 dan depot yaitu pelanggan 2. Pilih *insertion* yang memiliki nilai terkecil, maka rute yang terpilih adalah $D \rightarrow 7 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 9 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $5,2 + 4,1 + 4,5 + 4,8 + 2,9 + 3,3 = 24,8$ dan total permintaan $9 + 8 + 7 + 10 + 6 = 40 < 63$.

Langkah 15: Pilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan 9, pelanggan 3, pelanggan 1, pelanggan 7, pelanggan 2 dan depot yaitu pelanggan 10. Pilih *insertion* yang memiliki nilai terkecil, maka rute yang terpilih adalah $D \rightarrow 7 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 10 \rightarrow 3 \rightarrow 9 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $5,2 + 4,1 + 4,5 + 5,5 + 4,2 + 2,9 + 3,3 = 29,7$ dan total permintaan $9 + 8 + 7 + 10 + 6 + 6 = 46 < 63$.

Langkah 16: Masukkan pelanggan terakhir yaitu pelanggan 14 ke dalam rute. Pilih *insertion* yang memiliki nilai terkecil, maka rute yang terpilih adalah $D \rightarrow 7 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 10 \rightarrow 14 \rightarrow 3 \rightarrow 9 \rightarrow D$ dengan jarak tempuh $5,2 + 4,1 + 4,5 + 5,5 + 10 + 9,1 + 2,9 + 3,3 = 44,6$ dan total permintaan $9 + 8 + 7 + 10 + 6 + 6 + 8 = 54 < 63$.

Dari langkah-langkah di atas diperoleh dua rute distribusi yaitu

Rute 1 : $D \rightarrow 5 \rightarrow 15 \rightarrow 12 \rightarrow 6 \rightarrow 13 \rightarrow 4 \rightarrow 11 \rightarrow 8 \rightarrow D$ dengan total jarak $3,6 + 2,2 + 1,5 + 1,1 + 1,3 + 0,9 + 1 + 1,1 + 3,2 = 15,9$ dan total permintaan $10 + 5 + 8 + 5 + 7 + 8 + 9 + 8 = 60 < 63$.

Rute 2 : $D \rightarrow 7 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 10 \rightarrow 14 \rightarrow 3 \rightarrow 9 \rightarrow D$ dengan total jarak $5,2 + 4,1 + 4,5 + 5,5 + 10 + 9,1 + 2,9 + 3,3 = 44,6$ dan total permintaan $9 + 8 + 7 + 10 + 6 + 6 + 8 = 54 < 63$.

Pembahasan

(1) Kondisi Perusahaan saat ini

Pada pengiriman hari Kamis minggu pertama rute 1 memiliki jarak tempuh 32,6 km dan rute 2 memiliki jarak tempuh 30,3 km, sehingga total jarak tempuh pada hari Kamis minggu pertama adalah 62,9 km. Pada hari Kamis minggu kedua rute 1 memiliki jarak tempuh 24,4 km dan rute 2 memiliki jarak tempuh 38,7 km, sehingga total jarak tempuh pada hari Kamis minggu kedua adalah 63,1 km. Pada hari Kamis minggu ketiga rute 1 memiliki jarak tempuh 30,9 km dan rute 2 memiliki jarak tempuh 31,3 km, sehingga total jarak tempuh pada hari Kamis minggu ketiga adalah 62,2 km. Pada hari Kamis minggu

keempat rute 1 memiliki jarak tempuh 19,8 km dan rute 2 memiliki jarak tempuh 47,5 km. Sehingga total jarak tempuh pada hari Kamis minggu keempat adalah 67,3 km. Dari data di atas rata-rata rute 1 memiliki jarak tempuh 26,925 km dan rata-rata rute 2 memiliki jarak tempuh 36,95 km. Sehingga rata-rata total jarak tempuh untuk setiap hari Kamis pada bulan Januari adalah 63,875 km.

(2) Solusi dengan metode *saving matrix*

Dengan menggunakan metode *saving matrix* maka pengiriman untuk setiap hari Kamis disetiap minggu pada bulan Januari rute 1 memiliki jarak tempuh 16,9 km dan rute 2 memiliki jarak tempuh 46,9 km. Sehingga total jarak tempuh pada hari Kamis setiap minggunya adalah 63,8 km.

(3) Solusi dengan metode *nearest insertion*

Dengan menggunakan metode *nearest insertion* maka pengiriman untuk setiap hari Kamis disetiap minggu pada bulan Januari rute 1 memiliki jarak tempuh 15,9 km dan rute 2 memiliki jarak tempuh 44,6 km. Sehingga total jarak tempuh pada hari Kamis setiap minggunya adalah 60,5 km.

Tabel 7. Perbandingan Rute Perusahaan dengan Rute Penelitian

Hari	Rute	Perusahaan	Hasil Perbandingan Jarak Tempuh Rute Distribusi Tisu	
			Metode saving matrix	Metode nearest insertion
Kamis	Rute 1	26,925 km	16,9 km	15,9 km
	Rute 2	36,95 km	46,9 km	44,6 km
Jumlah Jarak Total		63,875 km	63,8 km	60,5 km

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

(1) Penyelesaian masalah distribusi tisu menggunakan metode *saving matrix* menghasilkan rute sebagai berikut:

Depot - Welcome Pusat Pijat Refleksi Kaki - Seven Pavillon - Mitracom Ekasarana 2 - Star Steak - Mitracom Ekasarana 1 - Waroeng Spesial Sambel "SS" Lampersari - Gulai Kepala Ikan Pak Untung - Nine Bar - Depot, Depot - Kayarasa Dapur Nusantara - Seorae - Beringin Residence Guest House - Boskaf Coffee - Hakata Ikkousha - Waroeng Kaligarong - Anak Panah Kopi Semarang - Depot. Total jarak tempuh dengan menggunakan metode ini adalah 63,8 km.

(2) Penyelesaian masalah distribusi tisu menggunakan metode *nearest insertion* menghasilkan rute sebagai berikut:

Depot - Anak Panah Kopi Semarang - Waroeng Spesial Sambel "SS" Lampersari - Gulai Kepala Ikan Pak Untung - Nine

- Bar - Waroeng Kaligarong - Hakata Ikkousha - Boskaf Coffee - Beringin Residence Guest House – Depot, Depot - Star Steak - Mitracom Ekasarana 2 - Mitracom Ekasarana 1 - Welcome Pusat Pijat Refleksi Kaki - Seven Pavillon – Seorae - Kayarasa Dapur Nusantara – Depot. Total jarak tempuh dengan metode ini adalah 60,5 km.
- (3) Rute pengiriman dengan menggunakan metode *nearest insertion* terbukti lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan metode *saving matrix*. Hasil perbandingan rute perusahaan dengan rute penelitian menggunakan metode *saving matrix* dan *nearest insertion* dapat dilihat pada Tabel 7.
- Saran**
- (1) Berdasarkan kesimpulan di atas, disarankan kepada CV Maple Semarang untuk menggunakan metode *nearest insertion* dalam proses pendistribusian tisu dikarenakan jarak tempuh yang lebih optimal, sehingga memungkinkan perusahaan untuk menghemat biaya transportasi untuk proses distribusi.
 - (2) Berdasarkan penghitungan secara manual di atas, disarankan untuk peneliti selanjutnya untuk membuat aplikasi program komputasi untuk metode *nearest insertion*.
- Joubert, J. W. 2007. An Integrated and Intelligent Metaheuristic for Constrained Vehicle Routing. Pretoria : Industrial and Systems Engineering University of Pretoria.
- Li, L. 2008. *Supply Chain Management*. Singapore : World Scientific Printers.
- Pujawan, I. N. & E. R. Mahendrawathi. 2010. *Supply Chain Management*. Surabaya : Guna Widya.
- Suryani., D. K. R. Kuncoro, & L. D. Fathimahayati. Perbandingan Penerapan Metode Nearest Neighbour dan Insertion untuk Penentuan Rute Distribusi Optimal Produk roti pada UKM Hasan Bakery Samarinda. *Jurnal Profesiensi*. Vol.6 No.1.
- Toth, P. & D. Vigo. 2002. An Overview of Routing Problem. In *Handbook of The Vehicle Routing Problem*. Edited by Toth, P. et al. Philadelphia: Siam. pp. 1-26.

DAFTAR PUSTAKA

- Braysy, O.B., Gendreau, M . (2005). Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part 1: Route Construction and Local Search Algorithms. *Inform. System Operational Resarch*. 39(1), 104-118.
- Dantzig, G. B. & J. T. Ramser. 1959. The truck dispatching problem. *Management Science* 6 (1).
- Gunawan, Maryati, I., & Wibowo, H. K. 2012. Optimasi Penentuan Rute Kendaraan pada Sistem Distribusi Barang dengan Ant Colony Optimization. Surabaya : Sekolah Tinggi Teknik Surabaya.
- Harry, S. & Syamsudin, N. 2011. Penerapan Supply Chain Management pada Proses Management Distribusi dan Transportasi untuk Meminimasi Waktu dan Biaya Pengiriman. *Jurnal Poros Teknik*. Vol. 3.
- Irman, A.S.M., R. Ekawati, & N. Febriana. 2017. Optimalisasi Rute Distribusi Air Minum Quelle dengan Algoritma Clarke and Wright Saving dan model Vehicle Routing Problem.