

PENYELESAIAN MASALAH RUTE TERPENDEK DISTRIBUSI KERTAS DI CV. MARGOTAMA FANCINDO YOGYAKARTA MENGGUNAKAN METODE NEAREST NEIGHBOUR DAN METODE SAVING MATRIX

PROBLEM SOLVING SHORTEST ROUTE DISTRIBUTION OF PAPER IN CV. MARGOTAMA FANCINDO YOGYAKARTA USING NEAREST NEIGHBOR METHOD AND SAVING MATRIX METHOD

Oleh: Shifa Siti Fatimah Addini's¹, Muhammad Fauzan²

¹Mahasiswa Program Studi Matematika FMIPA UNY, ²Program Studi Matematika FMIPA UNY

¹shifasfa56@gmail.com; ²mfauzan@uny.ac.id

Abstrak

Kertas merupakan salah satu kebutuhan manusia dalam kehidupan sehari-hari, sehingga pemakaian kertas setiap harinya berjumlah sangat besar. Tingginya permintaan kertas membuat perusahaan distribusi kertas pun semakin meningkat. Agar pendistribusian dapat mencapai hasil yang optimal, maka diperlukan solusi dalam masalah sistem transportasi. Permasalahan sistem transportasi ini termasuk dalam *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yaitu permasalahan penentuan rute kendaraan untuk melayani beberapa pelanggan dengan batasan kapasitas. Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah rute distribusi kertas di CV. Margotama Fancindo Yogyakarta menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dan Metode *Saving Matrix*, kemudian membandingkan hasil penyelesaian dua metode tersebut.

Penelitian ini dilakukan di CV. Margotama Fancindo Yogyakarta dalam pendistribusian kertas. Data yang diperlukan antara lain jarak antara depot dengan pelanggan dan jarak antar pelanggan, jumlah permintaan masing-masing pelanggan, jumlah kendaraan yang dioperasikan, dan kapasitas setiap kendaraan. Data penelitian kemudian diolah dan diselesaikan dengan Metode *Nearest Neighbour* dan Metode *Saving Matrix*. Metode *Nearest Neighbour* secara umum merupakan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah pemilihan rute dengan cara mencari jarak terpendek untuk menempuh lokasi pengiriman. Sementara, secara umum langkah-langkah Metode *Saving Matrix* adalah menentukan matriks jarak, menentukan matriks penghematan, mengalokasikan kendaraan dan rute, dan mengurutkan pelanggan pada suatu rute.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Metode *Nearest Neighbour* lebih baik dalam segi jarak dibandingkan Metode *Saving Matrix* dalam menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). Metode *Nearest Neighbour* menghasilkan jarak tempuh 236,85 km dan Metode *Saving Matrix* menghasilkan total jarak tempuh 240,62 km.

Kata kunci: CVRP, Metode *Nearest Neighbour*, Metode *Saving Matrix*, rute, distribusi

Abstract

Paper is one of the human needs in everyday life, so the use of it every day is very high. The high demand for paper makes the number of paper distribution companies increasing. In order to achieve optimal distribution results, a solution is needed to the problem of the transportation system. The problems of this transportation system are included in the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) which is the problem of determining the route of the vehicle to serve several customers with capacity limitation. This research aims to solve the problem of paper distribution route in CV. Margotama Fancindo Yogyakarta using the Nearest Neighbour Method and the Saving Matrix Method then compares the results of the two methods.

This research was conducted at CV. Margotama Fancindo Yogyakarta in the distribution of paper. The required data were the distance between the depot with the customer and the distance between customers, the number of requests of each customer, the number of vehicles operated, and the capacity of each vehicle.

Research data is then processed and completed with the Nearest Neighbour Method and Saving Matrix Method. The Nearest Neighbors method is generally the method used to solve the problem of route selection by finding the shortest distance to travel to the delivery location. In general, the steps of the Saving Matrix Method are to determine the distance matrix, determine the austerity matrix, allocate vehicles and routes, and sort customers on a route.

The results show that the Nearest Neighbors Method is better in terms of distance than the Saving Matrix Method in solving the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). The Nearest Neighbors method yielded 236.85 km of distance and the Saving Matrix Method resulted in a total distance of 240.62 km.

Keywords: CVRP, Nearest Neighbors Method, Saving Matrix Method, route, distribution

PENDAHULUAN

Kertas merupakan salah satu kebutuhan manusia dalam kehidupan sehari-hari, sehingga pemakaian kertas setiap harinya berjumlah sangat besar. Pada tahun 2017, Kementerian Perindustrian menyatakan bahwa jumlah kapasitas terpasang industri pulp (bubur kertas) nasional tahun ini akan mencapai 10,43 juta ton. Angka ini melonjak 31,52 persen dari 7,93 juta ton pada tahun 2016 (Aria, 2017).

Tingginya permintaan kertas membuat perusahaan distribusi kertas semakin meningkat. Agar pendistribusian dapat mencapai hasil yang optimal, maka diperlukan solusi dalam masalah sistem transportasi. Suatu sistem transportasi erat kaitannya dalam masalah pendistribusian, karena harus menjamin mobilitas produk di antara berbagai sistem dengan efisiensi tinggi dan ketepatan waktu serta pada saat yang sama harus dapat mengurangi biaya distribusi dengan rute pendistribusian agar optimal. Biaya distribusi tergantung pada rute kendaraan pengiriman dan kapasitas angkut kendaraan yang dikaitkan dengan total permintaan pelanggan yang akan dilayani pada suatu rute.

Permasalahan rute ini termasuk dalam *Vehicle Routing Problem* (VRP) yaitu permasalahan penentuan rute kendaraan untuk melayani beberapa pelanggan. Bentuk dasar VRP secara umum berkaitan dengan masalah penentuan suatu rute kendaraan (*vehicle*) yang melayani suatu pelanggan yang diasosiasikan dengan *node* dengan *demand* atau permintaan yang diketahui dan rute yang menghubungkan depot dengan pelanggan, dan antar pelanggan yang lainnya (Toth & Vigo, 2002).

Vehicle Routing Problem (VRP) dapat didefinisikan sebagai permasalahan mencari rute dari suatu depot ke agen yang letaknya tersebar dengan jumlah permintaan yang berbeda-beda. Rute dibuat sedemikian rupa sehingga setiap agen dikunjungi hanya satu kali oleh satu kendaraan. Seluruh rute berawal dan berakhir di depot, dan jumlah permintaan dalam satu rute tidak boleh

melebihi kapasitas kendaraan. Salah satu variasi dari VRP adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). Menurut Kara *et al* (2003), masalah CVRP adalah masalah pengoptimalan jarak tempuh perjalanan kendaraan dalam pendistribusian barang/jasa dari depot ke sejumlah pelanggan sehingga menghasilkan rute dengan total jarak tempuh yang minimum. Penentuan rute optimal kendaraan tersebut harus memperhatikan beberapa batasan yaitu setiap kendaraan harus memulai rute perjalanan dari depot dan setelah melayani sejumlah pelanggan juga harus kembali ke depot. Setiap pelanggan hanya dilayani tepat satu kali oleh satu kendaraan yang memiliki kapasitas tertentu. Panjang rute yang dilalui oleh setiap kendaraan dalam melayani setiap pelanggan sesuai dengan kapasitasnya agar suatu sistem pelayanan pada penentuan rute distribusi yang optimal menjadi lebih efektif, efisien dan dapat meningkatkan kemampuan perusahaan untuk dapat memenuhi permintaan barang/jasa secara lebih cepat agar kepercayaan dan kepuasan pelanggan meningkat.

Optimasi rute pendistribusian juga dilengkapi dengan beberapa kendala seperti batasan kapasitas kendaraan, batasan waktu, dan jumlah depot. Beberapa metode penyelesaian yang dapat digunakan adalah antara lain : *Nearest Neighbour*, Algoritma Genetika, *Saving Matrix*, *Ant Colony Optimization*, dan *Sweep*.

Beberapa penelitian tentang CVRP dan menurut Mardiani *et al* (2014), Metode *Nearest Neighbour* merupakan suatu metode yang paling alami dalam menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem*. Kendaraan bergerak menuju ke pelanggan-pelanggan terdekat yang belum dikunjungi dengan permintaan dari pelanggan tersebut tidak melebihi kapasitas kendaraan, tetapi apabila melebihi maka pengiriman dilakukan lebih dari satu kali namun setelah itu kendaraan menuju depot untuk *loading* kemudian menuju ke pelanggan terdekat selanjutnya.

Selanjutnya, Metode *Saving Matrix* telah banyak dilakukan. Salah satunya yang dilakukan

oleh Ikfan dan Masudin (2013), penelitian tersebut menilai bahwa Metode *Saving Matrix* merupakan metode yang dapat memberikan suatu hasil mengenai penugasan kendaraan sesuai kapasitas muatan pada sejumlah daerah pengiriman berdasarkan penghematan terbesar.

Berdasarkan uraian, penelitian ini bertujuan menyelesaikan masalah rute distribusi kertas menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dan Metode *Saving Matrix*, kemudian membandingkan hasil antara keduanya.

KAJIAN PUSTAKA

Berikut ini akan dijelaskan teori tentang masalah optimisasi, distribusi, graf, *Vehicle Routing Problem* (VRP), *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), Metode *Nearest Neighbour*, dan Metode *Saving Matrix*

1. Masalah Optimisasi

Masalah optimisasi merujuk pada studi permasalahan yang mencoba untuk mencari nilai minimal atau maksimal dari suatu fungsi nyata. Banyak masalah dalam dunia nyata yang dapat direpresentasikan dalam kerangka permasalahan ini, misal pendapatan yang maksimum, biaya yang minimum dan lain sebagainya. Apabila hal yang dioptimalkan ternyata kuantitatif, maka masalah optimal akan menjadi masalah maksimum dan minimum (Susanta, 1994).

2. Distribusi

Menurut Sari (2014), distribusi adalah kegiatan penyaluran hasil produksi barang dan jasa dari produsen ke konsumen guna memenuhi kebutuhan manusia. Distribusi merupakan kegiatan yang harus dilakukan oleh pengusaha untuk menyalurkan, mengirimkan, menyebarkan, serta menyampaikan barang yang dipasarkannya kepada konsumen.

3. Graf

a. Defini Graf

Menurut Munir (2010:291), graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E) , ditulis dengan notasi $G = (V, E)$. Dalam hal ini, V merupakan himpunan tak kosong dari simpul-

simpul (*vertex* atau *node*) digambarkan dalam titik, dan E adalah himpunan sisi-sisi (*edges* atau *arcs*) digambarkan dalam garis-garis yang menghubungkan sepasang simpul. Dapat disimpulkan bahwa graf merupakan sekumpulan titik-titik yang dihubungkan dengan garis-garis.

b. Jenis-Jenis Graf

Graf dapat dikelompokkan beberapa kategori (jenis) bergantung pada sudut pandang pengelompokkannya. Pengelompokkan graf dapat dipandang berdasarkan ada tidaknya sisi ganda atau sisi gelang (*loop*), berdasarkan jumlah simpul atau berdasarkan orientasi arah pada sisi. Berdasarkan ada tidaknya gelang atau sisi ganda pada suatu graf, maka secara umum graf dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu graf sederhana (*simple graph*) dan graf tak sederhana (*unsimple graph*).

4. *Vehicle Routing Problem* (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) didefinisikan sebagai masalah penentuan rute optimal untuk pendistribusian barang/jasa ke pelanggan-pelanggan dengan pelanggan yang berbeda dengan permintaan yang sudah diketahui, dari satu atau lebih depot yang memenuhi beberapa kendala (Liong *et al*, 2008).

Terdapat empat tujuan umum dari VRP (Toth dan Vigo, 2002) yaitu:

- Meminimalkan biaya transportasi global, terkait dengan jarak dan biaya tetap yang berhubungan dengan kendaraan.
- Meminimalkan jumlah kendaraan (atau pengemudi) yang dibutuhkan untuk melayani semua konsumen.
- Menyeimbangkan rute, untuk waktu perjalanan dan muatan kendaraan.
- Meminimalkan pinalti akibat *service* yang kurang memuaskan terhadap konsumen, seperti keterlambatan pengiriman dan lain sebagainya.

Beberapa komponen beserta karakteristiknya yang terdapat dalam masalah VRP (Toth dan Vigo, 2002) yaitu :

a. Jaringan jalan

Jaringan jalan biasanya direpresentasikan dalam sebuah graf. Jaringan jalan terdiri *edge* (rusuk) yang mempresentasikan bagian jalan

yang digunakan, dan *vertex* (titik/simpul) yang mempresentasikan konsumen dan depot.

b. Konsumen

Konsumen atau pelanggan direpresentasikan dengan *vertex* (titik/simpul). Setiap konsumen memiliki jumlah permintaan yang berbeda-beda yang dapat mempengaruhi lamanya waktu bongkar muat (*loading unloading*) barang. Pada beberapa konsumen, biasanya *time windows* atau rentang waktu kapan konsumen tersebut dapat dilayani.

c. Depot

Depot direpresentasikan oleh *vertex* (titik). Depot merupakan tempat awal dan akhir dari suatu rute kendaraan. Depot memiliki sejumlah kendaraan dengan jenis dan kapasitas tertentu yang dapat digunakan dalam mendistribusikan barang atau jasa pada jam operasional depot yang telah ditentukan (*time windows depot*).

d. Kendaraan

Kendaraan yang digunakan dalam proses distribusi memiliki kapasitas yang membatasi permintaan konsumen, yaitu dimana jumlah permintaan konsumen tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan tersebut. Selain itu, kendaraan juga memiliki biaya yang berhubungan dengan penggunaan kendaraan, baik yang meliputi biaya pengeluaran untuk bahan bakar maupun sewa kendaraan.

e. Pengemudi

Pengemudi memiliki kendala seperti jam kerja harian, tambahan waktu lembur apabila diperlukan, jumlah dan jam istirahat, serta durasi maksimum perjalanan.

Terdapat beberapa variasi dalam permasalahan utama VRP (Toth dan Vigo, 2002) yaitu :

a. *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*

CVRP merupakan jenis *VRP* yang setiap kendaraannya memiliki kapasitas terbatas.

b. *Vehicle Routing Problem with Pick up and Delivery (VRPPD)*

VRPPD merupakan jenis *VRP* dengan pelayanan jemput dan pelayanan antar dalam setiap permintaan pelanggan.

c. *Distance Constrained Vehicle Routing Problem (DCVRP)*

DCVRP merupakan jenis *VRP* dengan kendala batasan panjang rute.

d. *Vehicle Routing Problem with Multiple Depot (MDVRP)*

MDVRP merupakan jenis *VRP* yang memiliki banyak depot dalam melakukan pelayanan terhadap pelanggan.

e. *Split Delivery Vehicle Routing Problem (SDVRP)*

SDVRP merupakan jenis *VRP* di mana pelayanan terhadap pelanggan dilakukan dengan menggunakan kendaraan yang berbeda-beda.

f. *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)*

VRPTW merupakan jenis *VRP* dengan kendala kapasitas kendaraan dan batasan waktu (*time windows*) pada setiap pelanggan dan depot.

5. *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*

Menurut Kara *et al* (2013) masalah CVRP adalah masalah pengoptimalan jarak tempuh perjalanan kendaraan dalam pendistribusian barang dari depot ke sejumlah pelanggan-pelanggan sehingga menghasilkan rute dengan total jarak tempuh yang minimum. Penentuan rute kendaraan tersebut harus memperhatikan beberapa batasan yaitu setiap kendaraan harus kembali ke depot. Setiap pelanggan hanya dilayani tepat satu kali oleh satu kendaraan. Kendaraan-kendaraan tersebut memiliki kapasitas tertentu sehingga panjang rute yang dilalui oleh setiap kendaraan dalam melayani setiap pelanggan sesuai dengan kapasitasnya. Pada dasarnya, dalam CVRP, kendaraan akan memulai perjalanan dari depot untuk melakukan pengiriman ke masing-masing pelanggan dan kendaraan akan kembali ke depot. Diasumsikan jarak atau biaya perjalanan antara semua pelanggan telah diketahui. Jarak antara dua pelanggan adalah simetris, yang berarti jarak dari pelanggan A ke pelanggan B sama dengan jarak dari pelanggan B ke pelanggan A.

Pemodelan untuk CVRP memiliki parameter-parameter sebagai berikut :

n : banyaknya jumlah pelanggan
 q : kapasitas setiap kendaraan
 d_i : jumlah permintaan pelanggan i ; dan
 $c_{i,j}$: jarak tempuh dari pelanggan i ke pelanggan j .

Model matematika VRP didasarkan pada teori graf yang menghubungkan antar titik dengan sebuah garis. Masalah penentuan jalur yang optimal melalui sebuah himpunan pelanggan didefinisikan melalui sebuah graf $G = (V, E)$. Himpunan V terdiri atas gabungan himpunan pelanggan C dan depot, $V = \{0, 1, \dots, n, n + 1\}$. Himpunan C berupa pelanggan 1 sampai dengan n , $C = \{1, 2, \dots, n\}$, dan depot dinyatakan dengan 0 dan $n + 1$. Jaringan jalan yang dilalui oleh kendaraan dinyatakan sebagai himpunan rusuk berarah E yaitu penghubung antar pelanggan, $E = \{(i, j) | i, j \in V, i \neq j\}$. Semua rute dimulai dan berakhir di depot. Himpunan kendaraan K merupakan kumpulan kendaraan yang homogen dengan kapasitas q . Setiap pelanggan i untuk setiap $i \in C$ memiliki permintaan d_i sehingga panjang rute dibatasi oleh kapasitas kendaraan. Setiap rusuk $(i, j) \in E$ memiliki jarak tempuh $c_{i,j}$, dan juga bahwa $c_{i,i} = c_{j,j} = 0$.

Untuk setiap $(i, j) \in E, i \neq j \neq 0$ dan untuk setiap kendaraan k didefinisikan variabel:

$$\begin{cases} 1, & \text{jika terdapat perjalanan dari} \\ & \text{ke dengan kendaraan} \\ 0, & \text{jika tidak terdapat perjalanan} \\ & \text{dari ke dengan kendaraan} \end{cases}$$

Formula matematis untuk CVRP adalah sebagai berikut:

Meminimumkan $Z =$

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{i,j} x_{i,j} \quad (1)$$
 dengan kendala

a. Setiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali oleh suatu kendaraan:

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in V} x_{i,j} = 1, \quad \forall i \in V \quad (2)$$

b. Total permintaan semua pelanggan dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan:

$$\sum_{i \in V} d_i \sum_{j \in V} x_{i,j} \leq q, \quad \forall k \in K \quad (3)$$

c. Setiap rute berawal dari depot 0:

$$\sum_{j \in V} x_{0,j} = 1, \quad \forall k \in K \quad (4)$$

d. Setiap kendaraan yang mengunjungi satu pelanggan pasti akan meninggalkan pelanggan tersebut:

$$\sum_{i \in V} x_{i,j} - \sum_{j \in V} x_{i,j} = 0, \quad \forall k \in K \quad (5)$$

e. Setiap rute berakhir di depot $n + 1$:

$$\sum_{i \in V} x_{i,(n+1)k} = 1, \quad \forall k \in K \quad (6)$$

f. Variabel $x_{i,j}$ merupakan variabel biner:

$$x_{i,j} \in \{0, 1\}, \quad \forall i, j \in V, \quad \forall k \in K \quad (7)$$

6. Metode Nearest Neighbour

Metode *Nearest Neighbour* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1983 dan merupakan metode yang sangat sederhana dan tamak (*greedy*). Metode *Nearest neighbour* adalah bagian dari Metode Heuristik. Metode Heuristik adalah metode penentuan rute optimal untuk persoalan kombinatorial. Berbeda dengan solusi eksak yang menentukan nilai solusi tercepat. Metode ini menghampiri solusi permasalahan dengan mencari nilai yang paling optimal dari suatu bagian tertentu dari masalah utama (Riyanto *et al*, 2014).

Kelebihan dari Metode *Nearest Neighbour* adalah memiliki iterasi pendek sehingga memberikan hasil optimal untuk menyelesaikan permasalahan optimasi kombinatorial. Oleh karena itu beberapa perjalanan yang menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dapat dijadikan sebagai rute awal yang dapat menghasilkan perbaikan bagi metode lain.

Kelemahan dari Metode *Nearest Neighbour* adalah disaat titik tersebut mencapai titik lebih dari 20 maka proses perhitungannya cukup lama sehingga mengusahakan suatu cara untuk mencari hasil yang baik bukan yang terbaik. Namun demikian, beberapa kota yang tidak terlalu jauh dapat dilewati dan kemudian dikunjungi pada saat

akhir yang akibatnya jaraknya berubah menjadi lebih jauh dan biayanya lebih mahal

Langkah-langkah Metode *Nearest Neighbour* (Pop, 2011) adalah sebagai berikut:

- a. Berawal dari depot, kemudian mencari pelanggan yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat dari depot sebagai pelanggan pertama.
- b. Ke pelanggan lain yang memiliki jarak terdekat dari pelanggan yang terpilih sebelumnya. Apabila ada pelanggan yang terpilih sebagai pelanggan berikutnya dan terdapat sisa kapasitas kendaraan, kembali ke langkah (2). Bila kendaraan tidak memiliki sisa kapasitas, kembali ke langkah (1).
- c. Bila semua pelanggan telah dikunjungi tepat satu kali maka algoritma berakhir.

7. Metode *Saving Matrix*

Menurut Rand (2009), Metode *Saving Matrix* adalah metode yang digunakan untuk menentukan rute distribusi produk ke wilayah pemasaran dengan cara menentukan rute distribusi yang harus dilalui dan jumlah kendaraan berdasarkan kapasitas dari kendaraan tersebut agar diperoleh rute terpendek dan biaya transportasi yang minimal. Metode *Saving Matrix* juga merupakan salah satu tehnik yang digunakan untuk menjadwalkan sejumlah kendaraan terbatas dari fasilitas yang memiliki kapasitas maksimum yang berlainan. Pada Metode *Saving Matrix* terdapat langkah-langkah atau beberapa algoritma yang harus dilakukan. Berikut langkah-langkah penyelesaian masalah menggunakan Metode *Saving Matrix*:

a. Menentukan Matriks Jarak

Matriks jarak menyatakan jarak diantara tiap pasangan pelanggan-pelanggan yang harus dikunjungi. Menentukan jarak dapat menggunakan aplikasi *google earth*, *google maps*, maupun manual perhitungan dengan *spidomete* pada kendaraan yang digunakan.

b. Menentukan Matriks Penghematan (*Saving Matrix*)

Matriks penghematan menunjukkan penghematan yang terjadi jika menggabungkan dua pelanggan. Jika $S(x, y)$ menyatakan jarak yang dihemat, misalkan perjalanan dari dari pusat atau titik awal

dalam satu rute dengan cara (jarak dari depot ke pelanggan 1 dan dari pelanggan 1 balik ke depot ditambah dengan jarak dari depot ke pelanggan 2 dan kemudian balik ke depot) dikurangi (jarak dari depot ke pelanggan 1 ke pelanggan 2 ditambah jarak dari pelanggan 2 ke depot), maka persamaan untuk mencari besarnya penghematan (*saving*) :

$$S(x, y) = D(0, x) + D(0, y) - D(x, y) \quad (8)$$

c. Menggabungkan pelanggan dalam rute perjalanan kendaraan

Pada tahap ini, dilakukan pembagian pelanggan ke dalam suatu rute perjalanan kendaraan dengan mempertimbangkan pelanggan dan kapasitas kendaraan yang digunakan. Sebuah rute dikatakan *feasible* apabila jumlah permintaan total dari semua pelanggan tidak melebihi kapasitas kendaraan dan jumlah permintaan dari satu pelanggan dapat ditampung secara keseluruhan oleh satu kendaraan. Prosedur yang digunakan untuk pengelompokan pelanggan yaitu berdasarkan nilai *saving matrix* terbesar. Jadi pertama-tama mengurutkan nilai *saving matrix* yang terbesar sampai kapasitas kendaraan yang digunakan dapat menampung semua permintaan. Apabila kapasitas sudah maksimal, maka prosedur tersebut akan berulang sampai semua pelanggan terpelanggan dalam suatu rute perjalanan.

d. Mengurutkan Pelanggan dalam Suatu Rute

Langkah ini menentukan urutan distribusi. Ada beberapa metode dalam menentukan urutan kunjungan, yaitu:

1) Metode *Nearest Insert*

Metode ini menentukan urutan kunjungan dengan mengutamakan pelanggan yang kalau dimasukkan ke dalam rute yang sudah ada menghasilkan jarak yang minimum.

2) Metode *Nearest Neighbor*

Metode ini menentukan kunjungan dengan mengutamakan pelanggan yang jaraknya paling dekat dengan pelanggan yang dikunjungi terakhir.

3) Metode *Farthest Insert*

Memasukkan konsumen yang memberikan perjalanan paling jauh. Untuk setiap pelanggan yang belum

termasuk dalam satu rute, evaluasi minimum kenaikan jarak tempuh jika pelanggan ini dimasukkan dalam trip dan memasukkan pelanggan dengan kenaikan minimum terbesar.

Dalam penelitian hanya akan dibahas penyelesaian masalah menggunakan Metode *Saving Matrix* menggunakan pengurutan rute dengan Metode *Nearest Neighbour*.

METODE PENELITIAN

1. Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan penelaahan sumber pustaka yang berisi data-data dan informasi-informasi yang diperlukan dalam penelitian. Studi pustaka diawali dengan mengumpulkan sumber pustaka yang berupa buku-buku referensi, skripsi, jurnal, *ebook* dan sebagainya yang berhubungan dengan kajian materi yang akan diteliti. Setelah sumber pustaka terkumpul dilanjutkan dengan penelaahan isi sumber pustaka tersebut sehingga muncul ide atau gagasan. Pada akhirnya sumber pustaka ini dijadikan landasan untuk melakukan penelitian.

2. Metode Pengumpulan Data

Penulis memperoleh data dengan metode dokumentasi yaitu metode pengumpulan data dengan cara mengambil data primer yang diperoleh dari CV. Margotama Fancindo Yogyakarta yang beralamat di Jl. Soragan No. 20, Ngestiharjo, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55184 yaitu berupa data konsumen, permintaan barang setiap konsumen, dan data kendaraan meliputi jumlah dan muatan kendaraan.

3. Perumusan Masalah

Dari hasil studi pustaka dan penelitian pada CV. Margotama Fancindo cabang Yogyakarta, permasalahan yang muncul adalah cara menyelesaikan masalah CVRP yaitu mencari rute terpendek untuk mendistribusikan barang oleh CV. Margotama Fancindo Yogyakarta sehingga biaya transportasi minimum. Pada permasalahan distribusi ini, akan diselesaikan dengan Metode *Nearest Neighbour* dan Metode *Saving Matrix*.

4. Pemecahan Masalah

Pada tahap ini dilakukan kajian pustaka, yaitu mengkaji permasalahan secara teoritis berdasarkan sumber-sumber pustaka yang relevan.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap pemecahan masalah ini adalah:

- Mempelajari teori dan materi tentang masalah optimasi, distribusi, graf, VRP, CVRP, Metode *Nearest Neighbour* dan Metode *Saving Matrix*
- Menerapkan langkah-langkah Metode *Nearest Neighbour* dan Metode *Saving Matrix* dalam menyelesaikan masalah yang telah didapatkan.

5. Penarikan Kesimpulan

Langkah ini merupakan langkah terakhir dari penelitian. Penarikan kesimpulan didasarkan pada studi pustaka dan pembahasan permasalahan. Kesimpulan yang diperoleh merupakan hasil penelitian.

PEMBAHASAN

Berikut akan diberikan pembahasan mengenai penyelesaian CVRP dengan Metode *Nearest Neighbour* dan Metode *Saving Matrix* pada pendistribusian kertas di CV. Margotama Fancindo Yogyakarta.

1. Model Matematika CVRP pada Pendistribusian Kertas di CV. Margotama Fancindo Yogyakarta

CV. Margotama Fancindo Yogyakarta rata-rata setiap harinya mendistribusikan kertas kepada semua pelanggan yang berada di wilayah Kota Yogyakarta dan sekitarnya menggunakan mobil box. Perusahaan ini menyediakan 2 mobil box untuk mendistribusikan kertas tersebut, di mana setiap mobil box memiliki kapasitas 300 kardus. Jam kerja untuk mendistribusikan produk ini dimulai pada pukul 09.00 WIB dengan pengecekan terlebih dahulu. Terdapat 35 pelanggan dan 1 depot, data alamat pelanggan, jumlah permintaan pelanggan dan jarak antar pelanggan dan depot.

Asumsi yang digunakan dalam masalah CVRP ini adalah sebagai berikut:

- Jumlah simpul pendistribusian (n) diketahui yaitu berjumlah 36 (35 simpul pelanggan dan 1 simpul depot).
- Setiap permintaan pelanggan tetap dan pesanan pelanggan dapat dipenuhi oleh perusahaan.

- c. Jumlah kendaraan untuk melakukan distribusi adalah 2 mobil box.
- d. Kapasitas angkut kendaraan sama yaitu 300 kardus kertas setiap mobil nya.
- e. Setiap pelanggan terhubung satu sama lain dan jarak antar pelanggan simetris ($c_{i,j} = c_{j,i}$).

Formula matematis CVRP untuk pendistribusian kertas di CV. Margotama Fancindo Yogyakarta adalah sebagai berikut:

$$\text{Meminimumkan } Z = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=0}^3 \sum_{j=1}^3 c_{i,j} x_{i,j}$$

dengan kendala

- a. Setiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali oleh kendaraan:

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^3 x_{i,j} = 1, \quad \forall i \in V \quad (9)$$

- b. Total permintaan semua pelanggan dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan:

$$\sum_{i=0}^3 d_i \sum_{j=1}^3 x_{i,j} \leq 300, \quad \forall k \in K \quad (10)$$

- c. Setiap rute berawal dari depot 0:

$$\sum_{j=1}^3 x_{0,j} = 1, \quad \forall k \in K \quad (11)$$

- d. Setiap kendaraan yang mengunjungi satu pelanggan pasti akan meninggalkan pelanggan tersebut:

$$\sum_{i=0}^3 x_{i,j} - \sum_{j=1}^3 x_{i,j} = 0, \quad \forall k \in K \quad (12)$$

- e. Setiap rute berakhir di depot 36:

$$\sum_{i=0}^3 x_{i,36} = 1, \quad \forall k \in K \quad (13)$$

- f. Variabel $x_{i,j}$ merupakan variabel biner:

$$x_{i,j} \in \{0,1\}, \forall i, j \in V, \forall k \in K \quad (14)$$

2. Penyelesaian Masalah CVRP pada Pendistribusian Kertas di CV. Margotama Fancindo Yogyakarta

Langkah yang dilakukan setelah membuat model CVRP pendistribusian kertas di CV. Margotama Fancindo Yogyakarta adalah menyelesaikan model tersebut. Penentuan rute distribusi model CVRP adalah dengan mengunjungi setiap simpul tanpa adanya pengulangan atau setiap simpul hanya dikunjungi satu kali. Kemudian, dibuat tabel jarak depot ke pelanggan dan antar pelanggan dengan bantuan *google maps*. Dalam memilih rute di *google maps*,

digunakan rute dengan jarak terpendek dan tidak satu jalur, sehingga asumsi $c_{i,j} = c_{j,i}$ dapat digunakan. Setelah diketahui seluruh jaraknya, maka dapat dilakukan penyelesaian model menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dan Metode *Saving Matrix*.

Tabel 1 Matriks Jarak

v_i	0	1	2	3	35
0	0						
1	3	0					
2	6	4,3	0	(3.1)			
3	16	7,8	11,2	0			
...		
...	
35	11	7,5	3	8,4	0

a. Penyelesaian dengan Metode *Nearest Neighbour*

Metode ini menentukan rute distribusi dengan memilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan yang terakhir dikunjungi. Kemudian rute yang terbentuk diuji kelayakannya berdasarkan kapasitas kendaraan (q) yaitu 300 kardus.

Dengan Metode *Nearest Neighbour* diperoleh 2 rute sebagai berikut:

Rute untuk $k = 1$: Depot – Mirota Kampus 1 – Toko Fajar – Toko Champion – Gramedia 2 – Toko Semangat Baru – Toko Siswa – Progo – Toko Rukun – Toko Pembantu – Toko Pasti Jaya – Toko Agung – Toko Nugraha Stasionary 2 – Toko Devy Stasionary – Toko UMD – Gramedia 1 – Gardena – Toko M21 – Toko Merah 1 – Putra Brilian – Depot. Total jarak tempuh untuk $k = 1$ adalah 42,35 km dan mengangkut 300 kardus.

Rute untuk $k = 2$: Depot – Toko Sinar Bakti – Mirota Kampus 3 – Carrefour 2 – Carrefour 1 – Gramedia 3 – Toko Sinar Abadi – Mirota Kampus 2 – Carrefour 3 – Toko Istana Siswa – Toko Bintang – Toko Enggal Makmur – Toko Merah 2 – Toko Pantes – Toko Siswa Siswi – Toko Dian Samudra – Toko Nugraha Stasionary – Depot. Total jarak tempuh untuk $k = 2$ adalah 194,55 km dan mengangkut 220 kardus.

Adapun hasil rekapitulasi penyelesaian masalah distribusi menggunakan Metode *Nearest Neighbour* adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Penyelesaian dengan Metode *Nearest Neighbour*

<i>k</i>	Jarak (km)	Kardus Terangkut
1	42,35	300
2	194,5	220
Total	236,85	550

Pada Tabel 2, terlihat bahwa dengan menggunakan Metode *Nearest Neighbour* diperoleh 2 rute kendaraan. Rute pertama (*k* = 1) memiliki jarak tempuh 42,35 km dengan mengangkut 300 kardus. Rute kedua (*k* = 2) memiliki jarak tempuh 194,5 km dengan mengangkut 220 kardus.

b. Penyelesaian dengan Metode *Saving Matrix*

Penyelesaian masalah dengan Metode *Saving Matrix* adalah sebagai berikut:

1) Menentukan matriks jarak

2) Menentukan matriks penghematan

Matriks penghematan pada Metode *Saving Matrix* terjadi jika menggabungkan dua pelanggan yang memungkinkan kedalam satu kendaraan sehingga dapat menghemat biaya, waktu, dan jarak. Matriks penghematan diperoleh seperti pada persamaan 8.

3) Mengalokasikan masing-masing pelanggan ke dalam kendaraan

Pada tahap ini, dilakukan pembagian pelanggan ke dalam suatu rute perjalanan kendaraan dengan mempertimbangkan pelanggan dan kapasitas kendaraan yang digunakan. Sebuah rute dikatakan *feasible* apabila jumlah permintaan total dari semua pelanggan tidak melebihi kapasitas kendaraan dan jumlah permintaan dari satu pelanggan dapat ditampung secara keseluruhan oleh satu kendaraan. Prosedur yang digunakan untuk pengelompokan pelanggan yaitu berdasarkan nilai *saving matriks* terbesar. Jadi pertama-tama mengurutkan nilai *saving matriks* yang terbesar sampai kapasitas kendaraan yang digunakan dapat menampung semua permintaan. Apabila kapasitas sudah maksimal, maka prosedur tersebut akan berulang sampai semua pelanggan teralokasi dalam suatu rute perjalanan. Berikut langkah-langkah penentuan suatu rute perjalanan kendaraan.

Kendaraan pertama melayani $v_2, v_2, v_1, v_7, v_3, v_3, v_2, v_2, v_1, v_1, v_2, v_2, v_3, v_2, v_8, v_1, v_1, v_3, v_1, v_1$.

Kendaraan kedua melayani $v_1, v_3, v_1, v_6, v_2, v_3, v_4, v_3, v_5, v_1, v_2, v_9, v_1, v_2, v_2$.

4) Pengurutan Rute Pengiriman Menggunakan Metode *Nearest Neighbour*

Metode ini menentukan rute distribusi dengan memilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dengan pelanggan yang terakhir dikunjungi.

Urutan toko yang dikunjungi kendaraan pertama adalah $v_1 - v_3 - v_8 - v_2 - v_3 - v_1 - v_2 - v_2 - v_2 - v_3 - v_1 - v_1 - v_1 - v_1 - v_7 - v_3 - v_1 - v_2$.

Urutan toko yang dikunjungi adalah $v_1 - v_2 - v_3 - v_2 - v_3 - v_1 - v_1 - v_3 - v_6 - v_4 - v_5 - v_1 - v_9 - v_2 - v_1$.

Dengan Metode *Saving Matrix* diperoleh 2 rute sebagai berikut:

Rute untuk *k* = 1: Depot – Toko Champion – Gardena – Toko M21 – Toko Merah 1 – Putra Brilian – Toko Sinar Abadi – Carrefour 1 – Carrefour 2 – Carrefour 3 – Mirota Kampus 1 – Gramedia 3 – Toko Istana Siswa – Toko Nugraha Stasionary 2 – Toko Devy Stasionary – Toko Pantas – Toko Enggal Makmur – Toko Merah 2 – Toko Nugraha Stasionary 1 – Toko Siswa Siswi – Toko Dian Samudra – Depot. Total jarak tempuh rute untuk *k* = 1 adalah 186,37 km dan mengangkut 300 kardus kertas.

Rute untuk *k* = 2: Depot – Mirota Kampus 1 – Toko Fajar – Gramedia 1 – Mirota Kampus 3 – Gramedia 2 – Toko Semangat Baru – Toko Siswa – Progo – Toko Rukun – Toko Pembantu – Toko Pasti Jaya – Toko Agung – Toko Sinar Bakti – Toko UMD – Toko Bintang – Depot. Total jarak tempuh rute untuk *k* = 2 adalah 54,25 km dan mengangkut 220 kardus kertas.

Adapun hasil rekapitulasi penyelesaian masalah distribusi menggunakan Metode *Saving Matrix* adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Hasil Penyelesaian dengan Metode *Saving Matrix*

<i>k</i>	Jarak (km)	Kardus Terangkut
1	186,37	300

2	54,25	220
Total	240,62	550

Pada Tabel 3, terlihat bahwa dengan menggunakan Metode *Saving Matrix* diperoleh 2 rute. Rute pertama ($k = 1$) memiliki 186,37 km dengan mengangkut 300 kardus kertas. Rute kedua ($k = 2$) memiliki jarak tempuh 54,25 km dengan mengangkut 220 kardus kertas.

3. Perbandingan Penyelesaian Masalah Menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dengan Metode *Saving Matrix*

Hasil penyelesaian model rute pendistribusian yang diperoleh menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dengan Metode *Saving Matrix* menunjukkan bahwa Metode *Nearest Neighbour* menghasilkan total jarak tempuh yang lebih minimum daripada Metode *Saving Matrix*. Metode *Nearest Neighbour* menghasilkan total jarak tempuh 236,85 km dan Metode *Saving Matrix* menghasilkan total jarak tempuh 240,62 km. Jadi penyelesaian rute distribusi yang diperoleh menggunakan Metode *Nearest Neighbour* lebih baik dalam segi jarak dibandingkan Metode *Saving Matrix* dalam menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada kasus ini.

SIMPULAN DAN SARAN

1. Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan mengenai penyelesaian rute terpendek menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dan Metode *Saving Matrix* dapat disimpulkan sebagai berikut:

a. Rute Distribusi Kertas Menggunakan Metode *Nearest Neighbour*

- 1) Rute untuk $k = 1$: Depot – Mirota Kampus 1 – Toko Fajar – Toko Champion – Gramedia 2 – Toko Semangat Baru – Toko Siswa – Progo – Toko Rukun – Toko Pembantu – Toko Pasti Jaya – Toko Agung – Toko Nugraha Stasionary 2 – Toko Devy Stasionary – Toko UMD – Gramedia 1 – Gardena – Toko M21 – Toko Merah 1 – Putra Brilian – Depot. Total jarak tempuh rute untuk $k = 1$ adalah 42,35 km dan mengangkut 300 kardus.

- 2) Rute untuk $k = 2$: Depot – Toko Sinar Bakti – Mirota Kampus 3 – Carrefour 2 – Carrefour 1 – Gramedia 3 – Toko Sinar Abadi – Mirota Kampus 2 – Carrefour 3 – Toko Istana Siswa – Toko Bintang – Toko Enggal Makmur – Toko Merah 2 – Toko Pantas – Toko Siswa Siswi – Toko Dian Samudra – Toko Nugraha Stasionary – Depot. Total jarak tempuh rute untuk $k = 2$ adalah 194,55 km dan mengangkut 220 kardus.

b. Rute Distribusi Kertas Menggunakan Metode *Saving Matrix*

- 1) Rute untuk $k = 1$: Depot – Toko Champion – Gardena – Toko M21 – Toko Merah 1 – Putra Brilian – Toko Sinar Abadi – Carrefour 1 – Carrefour 2 – Carrefour 3 – Mirota Kampus 1 – Gramedia 3 – Toko Istana Siswa – Toko Nugraha Stasionary 2 – Toko Devy Stasionary – Toko Pantas – Toko Enggal Makmur – Toko Merah 2 – Toko Nugraha Stasionary 1 – Toko Siswa Siswi – Toko Dian Samudra – Depot. Total jarak tempuh rute untuk $k = 1$ adalah 186,37 km dan mengangkut 300 kardus kertas.
- 2) Rute untuk $k = 2$: Depot – Mirota Kampus 1 – Toko Fajar – Gramedia 1 – Mirota Kampus 3 – Gramedia 2 – Toko Semangat Baru – Toko Siswa – Progo – Toko Rukun – Toko Pembantu – Toko Pasti Jaya – Toko Agung – Toko Sinar Bakti – Toko UMD – Toko Bintang – Depot. Total jarak tempuh rute untuk $k = 2$ adalah 54,25 km dan mengangkut 220 kardus kertas.

- c. Pada kasus ini, Metode *Nearest Neighbour* memiliki total jarak tempuh yang lebih minimum yaitu 236,9 km dari pada Metode *Saving Matrix* dengan total jarak tempuh 240,62. Hal ini menunjukkan bahwa Metode *Nearest Neighbour* menghasilkan total jarak tempuh yang lebih baik daripada Metode *Saving Matrix* dalam menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada kasus ini.

2. Saran

Saran untuk CV. Margotama Fancindo Yogyakarta, rute yang telah terbentuk dalam penelitian ini dengan menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dan Metode *Saving Matrix* dapat digunakan dalam pendistribusian kertas di Yogyakarta dan sekitarnya agar dapat meminimalkan jarak.

Diharapkan untuk peneliti selanjutnya dapat menggunakan metode lain yaitu *Farthest Insert* dan *Nearest Insert* karena dalam penelitian ini Metode *Saving Matrix* hanya menggunakan *Nearest Neighbour* dalam mencari urutan rute distribusi. Peneliti selanjutnya juga diharapkan dapat mengembangkan Metode *Nearest Neighbour* dan Metode *Saving Matrix* dengan menggunakan program komputer agar dalam mencari solusi yang optimal dapat lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aria, Pingit. (1 Februari 2017). Indonesia Bakal Produksi 12 Juta Ton Kertas Tahun Ini. Diambil pada 13 April 2018, dari <https://katadata.co.id/berita/2017/02/01/indonesia-bakal-memproduksi-12-juta-ton-kertas-tahun-ini>.
- Ikfan, N & Masudin, I. (2013). Penentuan Rute Transportasi Terpendek untuk Meminimalkan Biaya Menggunakan Metode *Saving Matriks*. Jurnal Online Universitas Muhammadiyah Malang, Vol. 12(2), Hal. 166.
- Kara, I., Laporte, G., & Bektas, T. (2003). A Note on the lifted Miller-Tucker-Zemlin subtour elimination constraints for the capacitated vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, Vol. 158, Hal. 793-795.
- Liong, C.Y., Khairuddin, O., Zirour M., et al. (2008). Vehicle Routing Problem: Model and Solution. *Journal of Quality Measurement and Analysis*, Vol. 4(1), Hal. 205-218.
- Mardiani, N, Susanty, S, & Prassetyo, H. (2014). Penentuan Rute untuk Pendistribusian BBM Menggunakan Algoritma Nearest Neighbor (Studi Kasus di PT X). Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Vol. 1(4), Hlm. 142-153.
- Munir, R. (2010). *Matematika Diskrit*. Bandung: Informatika Bandung.
- Pop, P.C., Sitar, C.P., Zelina, I., et al. (2011). Heuristic Algorithms For Solving The Generalized Vehicle Routing Problem. *International Journal of Computers Communications & Control*, Vol. 6(1), Hlm. 158-165.
- Rand, Graham K. (2009). The Live and Times of Saving Method for Vehicle Routing Problems. *Orion Jurnal* Vol 25 (2), PP.125-145
- Riyanto, A., Rispianda, & Mustofa, F.H. (2014). Usulan Perbaikan Rute Pengiriman Dengan Menggunakan Metode *Nearest Neighbour* Dan *Branch And Bound* Di Home Industry Donat Enak Bandung. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Vol. 02 (02), Hlm.279.
- Sari, D.P. (2014). *Optimasi Distribusi Gula Merah pada UD Sari Bumi Raya Menggunakan Model Transportasi dan Metode Least Cost*. Semarang: Program Studi Sistem Informasi Universitas Dian Nuswantoro Semarang, Hal.4.
- Susanta, B. (1994). *Program Linear*. Jakarta: Depdikbud.
- Toth, P & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.