

PENYELESAIAN *VEHICLE ROUTING PROBLEM* DENGAN KARAKTERISTIK *TIME WINDOWS* DAN *MULTIPLE TRIPS* MENGUNAKAN METODE *SAVING MATRIX*

(Studi Kasus : PT. Coca Cola Bottling Indonesia-Wilayah Medan)

Randy Saputra , Darminto Pujotomo

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Semarang 50275

Telp. (024) 7460052

E-mail: randy_220793@yahoo.co.id, darminto_pujotomo@yahoo.com

Abstrak

PT Coca-Cola Bottling Indonesia Wilayah Medan dalam memenuhi permintaan outlet kurang memperhatikan jarak tempuh untuk mencapai lokasi outlet dan kurang efisien dalam penggunaan kapasitas kendaraan yang tersedia. Masalah efisiensi kendaraan dapat kita lihat dari penggunaan kapasitas truk, dimana total permintaan outlet sebesar 845 krat lebih menggunakan kapasitas truk 165 krat dibandingkan truk dengan berkapasitas 220 krat, sehingga rute distribusi yang telah diterapkan kurang optimal. Saat ini PT Coca-Cola Bottling Indonesia Wilayah Medan memiliki enam tur dengan menggunakan enam kendaraan dalam mendistribusikan produk ke semua outlet. Metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan rute distribusi agar lebih optimal adalah metode saving matrix. Adapun masalah VRP dengan karakteristik time windows dan multiple trips. Terdapat beberapa variabel dalam kajian ini yaitu waktu muat produk, jarak lokasi distribution center dan antar outlet, kecepatan truk, kecepatan bongkar muat, waktu layanan, jumlah demand, dan biaya bahan bakar. Hasil penelitian ini berupa distribusi baru terdapat empat tur dengan menggunakan dua kendaraan, dimana satu kendaraan dapat melayani 2 tur secara bergantian disebut dengan VRP multiple trip. Penghematan yang dilakukan pada pola distribusi baru ini sebesar Rp. 465.182 untuk satu kali pemenuhan demand.

Kata kunci: *Produk coca cola, Vehicle Routing Problem, Saving matrix*

Abstract

Saving Matrix Method to solve vehicle routing problem with the characteristics of time windows and multiple trips (case study : PT. Coca Cola Bottling Indonesia-Medan). PT Coca-Cola Bottling Indonesia Medan Region to fullfill the outlet demand pay attention to the distance traveled to reach the outlet locations and not efficient in using available vehicle capacity. The problem of Vehicle efficiency can be seen from the use of truck capacity, where the total demand for the outlets is 845 crates, it uses more than 165 crates truck capacity compared with 220 crates of truck capacity, so the distribution routes that have been applied are less than optimal. Currently PT Coca-Cola Bottling Indonesia Medan Region has six tours using six vehicles in distribution products to all outlets. The method used for this study to determine the distribution route to be more optimal is the saving matrix method. The VRP problem with the characteristics of time windows and multiple trips. There are several variables in this study, it is product load time, distribution center location distance and between outlets, truck speed, loading and unloading speed, service time, demand amount, and fuel costs. The results of this study are in the form of a new distribution, there are four tours using two vehicles, where one vehicle can serve 2 tours alternately called VRP multiple trip. The savings made on this new distribution pattern are Rp. 465,182 for one time fulfillment of demand.

Keywords: *Coca cola's products, Vehicle Routing Problem, Saving Matrix*

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Wilayah Medan merupakan perusahaan minuman ringan (*softdrink*) yang memproduksi dan mendistribusikan produknya di Wilayah Kota Medan dan sekitarnya. Adapun 4 jenis minuman dengan kemasan botol kaca (*returnable glass bottle*) yang masih diminati oleh konsumen, yaitu Coca-Cola, Sprite, Fanta, dan Frestea. Walaupun PT Coca-Cola Amatil Indonesia tengah gencar memperbesar kemasan botol plastik, tidak semua produk di ganti ke botol plastik karena masih ada beberapa daerah yang lebih memilih kemasan botol kaca termasuk Wilayah Medan seperti kantin (lembaga pendidikan dan usaha), institusi (UD/usaha/koperasi), dan lokasi makan (*Food court, restaurant, rumah makan atau warung makan*). PT Coca-Cola Bottling Indonesia Wilayah Medan dalam memenuhi permintaan outlet kurang memperhatikan jarak tempuh untuk mencapai lokasi outlet dan kurang efisien dalam penggunaan kapasitas kendaraan yang tersedia. Masalah efisiensi kendaraan dapat kita lihat dari penggunaan kapasitas truk, dimana total permintaan outlet sebesar 845 krat lebih menggunakan kapasitas truk 165 krat dibandingkan truk dengan berkapasitas 220 krat, sehingga rute distribusi yang telah diterapkan kurang optimal. Penggunaan truk yang berkapasitas lebih besar secara langsung dapat mengurangi jumlah kendaraan yang digunakan nantinya. Dalam meminimasi jumlah kendaraan maka model VRP dengan karakteristik *multiple trips* bisa diterapkan dimana kendaraan yang digunakan dalam pengiriman produk dapat melakukan trip/rute perjalanan lebih dari satu.

Metode *Saving Matrix* adalah metode untuk meminimumkan jarak atau waktu dan ongkos dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada. Kelebihan dari metode *saving matrix* ini terletak pada kemudahan untuk dimodifikasi jika terdapat batasan waktu pengiriman, kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan, dan batasan lain yang memberikan solusi yang lebih baik.

Berdasarkan uraian tersebut maka tujuan penelitian ini adalah menentukan rute distribusi optimal untuk wilayah medan agar dapat meminimumkan jarak dan biaya, menghitung jarak dan biaya yang dihasilkan dari metode *saving matrix*, dan membandingkan rute distribusi usulan dengan rute perusahaan dengan indikator penghematan biaya. Sementara itu, batasan pada penulisan ini adalah *distribution center* dan outlet yang dijadikan objek penelitian terletak di Wilayah Banyuwangi. Adapun asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah rute jalur distribusi yang dilalui pada saat pengiriman produk dari lokasi A ke lokasi B diasumsikan sama dengan rute kembali dari lokasi B ke lokasi A dan biaya bahan bakar, akomodasi, dan tenaga kerja tetap selama penelitian.

TINJAUAN PUSTAKA

1. *Vehicle Routing Problem*

Menurut Christofides et al. (1979) mendefinisikan VRP merupakan salah satu bentuk penentuan rute kendaraan dalam permasalahan transportasi yang melibatkan pendistribusian barang kepada pelanggan dan bertujuan untuk meminimasi beberapa tujuan distribusi. Menurut Mancini (2015) VRP merupakan sebuah permasalahan optimasi kombinatorial yang kompleks, dimana VRP ini bertujuan untuk meminimalkan biaya yang diperlukan, sedangkan penentuan biaya sangat terkait dengan jarak yang ditempuh..

2. *Vehicle Routing Problem With Time Windows*

Tangiah (1995) mendefinisikan VRTPW sebagai permasalahan untuk menjadwalkan sekumpulan kendaraan, dengan kapasitas dan travel time terbatas, dari central depot kesekumpulan konsumen yang tersebar secara geografis, dengan demand diketahui, dalam time windows tertentu.

3. *Vehicle Routing Problem With Multiple trips*

Vehicle Routing Problem With Multiple Trips (VRPMT) memungkinkan satu kendaraan memiliki lebih dari satu rute selama horizon perencanaan. Dalam literatur, VRPMT sering disebut juga *Vehicle Routing Problem with multiple use of vehicles*. Kendaraan dapat berangkat dan pulang ke depot lebih dari satu siklus selama periode perencanaan. Kendala tambahan dapat berupa kendala maksimum total jarak tempuh atau maksimum waktu perjalanan kendaraan.

4. Metode *Saving Matrix*

Metode *saving matrix* merupakan suatu metode yang ditemukan oleh Clarke dan Wright pada tahun 1964 untuk meminimumkan jarak atau waktu atau ongkos dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada. Adapun langkah-langkah dari metode *Saving Matrix* adalah sebagai berikut:

4.1 Mengidentifikasi Matriks Jarak

Matriks jarak mengidentifikasi jarak antara dua buah lokasi yang akan dikunjungi oleh kendaraan. Jarak yang diketahui akan merepresentasikan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan transportasi diantara dua lokasi yang berbeda.

4.2 Mengidentifikasi Matriks Penghematan

Saving matriks merepresentasikan penghematan apabila suatu kendaraan mengunjungi beberapa lokasi secara bersamaan dibandingkan dengan mengunjungi satu persatu lokasi

4.3 Membagi Konsumen kedalam Rute Perjalanan

Pada tahapan ini, dilakukan pembagian konsumen kedalam suatu rute perjalanan ke kendaraan dengan mempertimbangkan konsumen dan kapasitas kendaraan yang digunakan

4.4 Mengurutkan Konsumen dalam Suatu Rute

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari Metode *Saving Matrix*. Tujuan dari tahap ini adalah mengurutkan kunjungan dari kendaraan ke setiap konsumen yang sudah dikelompokkan dalam suatu rute perjalanan agar dapat diperoleh jarak minimal

4.5 Nearest Neighbour

Dalam pencarian dengan teknik ini. dimulai dari rute kendaraanya dari jarak yang paling dekat dengan konsumen pertama yang sudah dikunjungi. Prosedur ini akan terus berulang sampai semua konsumen masuk ke dalam rute perjalanan.

4.6 VRPMT

Pada tahap ini terjadi penggabungan tur, dimana satu kendaraan dapat melakukan lebih dari satu tur.

METODE PENELITIAN

Pada penulisan tugas akhir ini dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode *saving matrix*. *Saving matrix* merupakan metode untuk meminimumkan jarak atau waktu dan ongkos dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada. Kemudian mencari pola distribusi yang optimal dengan indikator minimalisasi waktu. Pembuatan pola distribusi yang baru didasarkan pada model matematis berikut:

1. Fungsi tujuan:

$$\text{Meminimumkan } Z = \sum_{i=0}^N \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{NK} T^k \dots\dots(1)$$

$$T^k = \sum_{i=1}^{nk-1} \delta_{xi}^k + t_{xi,0,z,r}^k + t_{xi,xi+1,z,r}^k + t_{o,xi,z,r}^k \dots\dots(1.1)$$

$$\delta o^k = ts + tm \dots\dots(1.1.1)$$

$$\sum_{i=1}^{nk-1} t_{xi,xi+1,z,r}^k = 60 \times \frac{s_{xi,xi+1}^k}{vz} \dots\dots(1.1.2)$$

$$t_{o,xi,z,r}^k = 60 \times \frac{s_{o,xi,z,r}^k}{vz} \dots\dots(1.1.3)$$

$$\sum_{i=1}^{nk-1} \delta_{xi}^k = \frac{w_{xi}^k}{vb} \dots\dots(1.1.4)$$

$$t_{xi,0,z,r}^k = 60 \times \frac{s_{xi,0,z,r}^k}{vz} \dots\dots(1.1.5)$$

2. Indeks:

i = indeks lokasi; i = 0 adalah depot, i = 1,2,..N adalah outlet

k = indeks kendaraan, k = 1,2,..,K

z = indeks tur, z = 1,2,..,Z

r = indeks rute, r = 1,2,3,..,R

3. Variabel Keputusan:

NK = jumlah kendaraan

NR = jumlah rute

NT = jumlah tur

δo^k = waktu pemuatan produk saat di depot

δ_{xi}^k = waktu pelayanan tiap outlet

$t_{o,xi,xi+1}^k$ = waktu perjalanan tiap node

4. Keterangan variabel :

ts = waktu set up

tm = waktu muat finish good

δo^k = waktu pemuatan saat di depot

$t_{xi,xi+1,z,r}^k$ = waktu perjalanan yang ditempuh kendaraan k dari outlet i menuju outlet selanjutnya pada rute r dan tur z

$s_{xi,xi+1,z,r}^k$ = jarak yang dilalui kendaraan k dari outlet ke i menuju outlet berikutnya pada rute r tur z

vz = kecepatan truk dalam menempuh perjalanan

$t_{o,xi,z,r}^k$ = waktu perjalanan yang ditempuh kendaraan k dari depot menuju outlet i pada rute r tur z

$s_{o,xi,z,r}^k$ = jarak yang dilalui kendaraan k dari depot ke outlet i pada rute r tur z

δ_{xi}^k = waktu bongkar di outlet i

w_{xi}^k = jumlah permintaan produk outlet i pada rute k

vb = kecepatan pembongkaran

- $t_{xi,o,z,r}^k$ = waktu perjalanan yang ditempuh kendaraan k dari outlet akhir menuju depot pada rute r tur z
- $s_{xi,o,z,r}^k$ = jarak yang dilalui kendaraan k dari outlet terakhir menuju depot pada rute r tur z
- T^k = total waktu kendaraan k untuk melalui 1 tur dalam 1 kali perjalanan
- H = Horison perencanaan
- D = Jarak
- Wk = Kapasitas maksimum seluruh kendaraan atau truk pengiriman
- $t_{o,xi,xi+1,z,r}^k$ = saat tiba kendaraan k di masing-masing outlet pada rute r tur z
- a_i^h = jam buka outlet
- b_i^h = jam tutup outlet

5. Fungsi kendala:

1. Memastikan bahwa setiap konsumen dikunjungi tepat satu kali

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{k=1}^{nk} \sum_{i=1}^{12} x_i^k = 1 \quad A i \in (1, \dots, 12) \dots (2)$$
2. Setiap rute perjalanan kendaraan berawal dari depot

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{i=1}^n x_o^k = 1 \quad K \in (1, \dots, K) \dots (3)$$
3. Setiap rute perjalanan kendaraan berakhir di depot

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{i=1}^n x_{i,o}^k = 1 \quad K \in (1, \dots, K) \dots (4)$$
4. Batas kapasitas kendaraan sehingga tidak ada permintaan yang melebihi kapasitas

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{i=1}^n w_i^k \leq wk \quad A i \in (0, \dots, 12), K \in (1, \dots, K) \dots (5)$$
5. Memastikan bahwa setiap pelanggan akan menerima kiriman demand secara penuh

$$\sum_{r=1}^{nr} \sum_{i=1}^n w_i^k = 845 \text{ krat} \quad A i \in (1, \dots, 12) \dots (6)$$
6. Kendala 6 memastikan bahwa kendaraan harus sampai di tiap-tiap outlet selama batas time windows dari konsumen tersebut. Rata-rata jam buka dan jam tutup di tiap-tiap outlet adalah jam 08:00 sampai dengan jam 16:00. Untuk memudahkan dalam menyamakan satuan waktu antara *time windows* dengan waktu selesai tur, maka dimisalkan 08:00 sebagai 0 dan 16:00 sebagai 8. Sehingga akan terbentuk sebuah interval waktu dengan model sebagai berikut

$$0 \leq t_{o,xi,xi+1}^k \leq 8 \dots (7)$$

7. Horizon perencanaan
 Batasan waktu yang terdapat pada sistem pengiriman produk. Batasan waktu yang diberikan adalah 8 jam kerja yakni dari pukul 7:30 sampai 16.30 dengan jam istirahat pukul 12:00 sampai 13:00 WIB. Dengan model sebagai berikut:

$$T^k \leq H \dots (8)$$

8. Variabel keputusan $x_{i,o}^k$ merupakan variabel biner. Formula ini menyatakan bahwa variabel keputusan $x_{i,o}^k$ memiliki nilai 1 atau 0. Formulasi model kendala ini dijelaskan dalam persamaan:

$$x_{i,o}^k \in (0,1) \dots (9)$$

Tahapan yang dilakukan untuk menentukan pola distribusi optimal dengan kriteria *time windows* dan kapasitas kendaraan dan *multiple trips* menggunakan Metode Clark & Wright yang memiliki 4 tahapan sebagai berikut:

1. Tahap Pertama : Mengidentifikasi matriks jarak

Pada tahapan ini data yang diperlukan adalah data jarak dari gudang atau DC ke masing-masing outlet serta jarak antar outlet dan data tersebut diperoleh dari dari titik koordinat DC dan masing-masing outlet dalam satuan kilometer (km) dapat dilihat dari persamaan sebagai berikut :

$$S = 69 \sqrt{(\text{latitude } x - \text{latitude } y)^2 + (\text{Langitude } x - \text{langitude } y)^2} \dots (10)$$

2. Tahap kedua : Mengidentifikasi matriks penghematan

Pada tahapan ini digambarkan penghematan yang akan didapatkan apabila terjadi penggabungan untuk pengiriman ke beberapa tujuan. Adapaun formulasi untuk mendapatkan jumlah penghematan dapat dilihat pada persamaan 11:

$$S(x,y) = J(G,x) + J(G,y) - J(x,y) \dots (11)$$

Keterangan :

- S(x,y) = Penghematan Jarak
- J = Jarak
- G = Gudang
- x = Outlet urutan pertama
- y = Outlet urutan kedua

Setelah didapatkan matriks penghematan, langkah selanjutnya adalah dengan meranking hasil penghematan jarak dari yang paling besar ke terkecil

3. Tahap ketiga : Mengalokasikan semua outlet ke kendaraan

Pada tahapan ini ini dilakukan pembagian rute dengan batasan berupa *time windows* dan kapasitas kendaraan dengan langkah sebagai berikut :

3.1 Menghitung total waktu penyelesaian tur

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan waktu penyelesaian tur yang terdiri dari waktu set up, waktu muat produk di DC, waktu perjalanan semua node dan waktu pelayanan di setiap outlet untuk menentukan jumlah dan tipe kendaraan yang digunakan dalam mendistribusikan produk dengan memperhatikan horison perencanaan.

3.2 Mengalokasikan outlet ke kendaraan berdasarkan kapasitas

Pada tahapan ini dilakukan pembagian rute dengan batasan berupa kapasitas kendaraan, dimana kendaraan yang digunakan dalam mendistribusikan produk di PT. Coca Cola Bottling Indonesia Wilayah Medan yaitu trus jenis mitsubishi FE304/Truk Box dan mitsubishi L 300 DP dengan kapasitas masing-masing sebesar 165 krat dan 220 krat.

4.4 Tahap 4 : Mengurutkan pelanggan-pelanggan dalam rute

Tahap keempat adalah tahap terakhir yang menghasilkan rute keseluruhan dengan batasan berupa kapasitas truk dan *time windows*. Pada saat mengurutkan pelanggan di dalam rute, tujuan utama yang harus diperhatikan adalah untuk meminimalkan jarak masing-masing kendaraan yang dilalui. Urutan rute dibuat berdasarkan alternatif yang mungkin dari semua rute yang dilalui.

4.5 Tahap 5 : Multiple trips

Pada tahapan ini terjadi penggabungan tur dimana satu kendaraan bisa melayani dua tur secara bergantian dengan memperhatikan horison perencanaan.

HASIL

Penentuan Rute Optimal

Pada tahapan ini yang dilakukan untuk menentukan rute distribusi optimal dengan kriteria *time windows* dan *capacited vehicle routing problem* menggunakan metode *saving matrix* yang memiliki 4 tahapan yakni:

Tahapan awal yang perlu dilakukan adalah mengidentifikasi jarak dari gudang atau DC ke masing-masing outlet serta jarak antar outlet. Adapun formulasi untuk mendapatkan matriks jarak yang diperoleh dari titik koordinat DC dan masing-masing outlet dalam satuan kilometer (km) dapat dilihat dari persamaan 10.

Tahapan kedua adalah dengan membuat matrik penghematan melalui pengkombinasian 2 tujuan

pengiriman sekaligus. Adapun formulasi matriks penghematan bisa dilihat dari persamaan 11.

Tahapan ketiga dilakukan pembagian rute dengan batasan berupa *time windows* dan kapasitas kendaraan masing-masing tur. Pada tahapan ini dilakukan perhitungan waktu penyelesaian tur yang terdiri dari waktu set up, waktu muat produk di DC, waktu perjalanan semua node dan waktu pelayanan di setiap outlet untuk menentukan jumlah dan tipe kendaraan yang digunakan dalam mendistribusikan produk dengan memperhatikan horison perencanaan. Selanjutnya dilakukan pembagian rute dengan batasan berupa kapasitas kendaraan, dimana kendaraan yang digunakan dalam mendistribusikan produk di PT. Coca Cola Bottling Indonesia Wilayah Medan yaitu mitsubishi FE304/Truk Box dan mitsubishi L 300 DP dengan kapasitas masing-masing sebesar 165 krat dan 220 krat.

Tahapan keempat dilakukan pengurutan pelanggan di dalam rute, tujuan utama yang harus diperhatikan adalah untuk meminimalkan jarak masing-masing kendaraan yang dilalui. Memulai rute kendaraanya dari jarak yang paling dekat dengan konsumen pertama yang sudah dikunjungi. Prosedur ini akan terus berulang sampai semua konsumen masuk ke dalam rute perjalanan. Setelah dilakukan perubahan urutan pengiriman untuk meminimalkan jarak berdasarkan rute jarak yang paling dekat, maka diperoleh 4 tur dengan rute baru yaitu tur pertama dengan rute DC – 25 – 37 – 15 – 19 – 21 – 17 – 20 – 18 – 16 – 9 – 7 – 39 – 32 – DC dengan jarak tempuh sejauh 68,6 km, tur kedua dengan rute DC – 8 – 41 – 38 – 44 – 43 – 6 – 5 – 4 – 31 – DC dengan jarak tempuh sejauh 33,54 km. tur ketiga dengan rute DC – 13 – 2 – 3 – 24 – 10 – 23 – 22 – 26 – 1 – 36 – 35 – 34 – 33 – DC dengan jarak tempuh sebesar 42,08 km, dan tur keempat dengan rute DC – 30 – 28 – 27 – 29 – 42 – 40 – 14 – 45 – 12 – 11 – DC dengan jarak tempuh sebesar 42,16 km.

Tahapan terakhir melakukan penggabungan tur, dimana satu kendaraan dapat melayani dua tur secara bergantian dengan memperhatikan horison perencanaan bertujuan untuk meminimasi jumlah truk yang digunakan. Hasil dari multiple trips, maka terjadi penggabungan tur I dengan tur IV dan tur II dengan tur III.

Perhitungan Jarak dan Biaya Distribusi Rute Usulan dan Rute Perusahaan

• **Jarak dan Biaya Distribusi Rute Perusahaan**

Saat ini PT. Coca Cola Bottling Indonesia Wilayah Medan memiliki enam tur dalam mendistribusikan produk ke semua outletnya dengan jumlah kendaraan yang digunakan sebanyak enam truk, dimana 1 truk melayani 1 tur. Sedangkan untuk jenis kendaraan digunakan yang berkapasitas 165 krat. Adapun perhitungan total biaya distribusi per satu kali pengiriman adalah sebagai berikut:

Tur 1 dengan rute DC – 7 – 8 – 10 – 9 – 6 – 5 – 4 - DC

Biaya Distribusi = Jumlah kendaraan (Gaji sopir + Biaya bahan bakar + Uang makan sopir)
 = 1 ((Rp. 75.000) + (Rp. 5.150 x $\frac{Total\ jarak}{7\ km/liter}$) + Rp. 16.000))
 = 1 (Rp. 75.000 + (Rp. 5.150 x $\frac{60.74\ km}{7\ km/liter}$) + Rp. 16.000)
 = Rp. 75.000 + Rp. 44.687 + Rp. 16.000
 = Rp. 135.687,-

Tur II dengan rute DC-1-2-3-11-12-45-42-27-DC

Biaya Distribusi = Jumlah kendaraan (Gaji sopir + Biaya bahan bakar + Uang makan sopir)
 = 1 ((Rp. 75.000) + (Rp. 5.150 x $\frac{Total\ jarak}{7\ km/liter}$) + Rp. 16.000))
 = 1 (Rp. 75.000 + (Rp. 5.150 x $\frac{47.88\ km}{7\ km/liter}$) + Rp. 16.000)
 = Rp. 75.000 + Rp. 33.019 + Rp. 16.000
 = Rp. 124.019,-

Tur III dengan rute DC-13-14-15-16-17-19-20-DC

Biaya Distribusi = Jumlah kendaraan (Gaji sopir + Biaya bahan bakar + Uang makan sopir)
 = 1 ((Rp. 75.000) + (Rp. 5.150 x $\frac{Total\ jarak}{7\ km/liter}$) + Rp. 16.000))
 = 1 (Rp. 75.000 + (Rp. 5.150 x $\frac{44.25\ km}{7\ km/liter}$) + Rp. 16.000)
 = Rp. 75.000 + Rp. 32.555 + Rp. 16.000
 = Rp. 123.555,-

Tur IV dengan rute DC-18-21-22-23-24-25-26-34-40-DC
 Biaya Distribusi

= Jumlah kendaraan (Gaji sopir + Biaya bahan bakar + Uang makan sopir)
 = 1 ((Rp. 75.000) + (Rp. 5.150 x $\frac{Total\ jarak}{7\ km/liter}$) + Rp. 16.000))
 = 1 (Rp. 75.000 + (Rp. 5.150 x $\frac{52.94\ km}{7\ km/liter}$) + Rp. 16.000)
 = Rp. 75.000 + Rp. 38.949 + Rp. 16.000
 = Rp. 129.949,-

Tur V dengan rute DC-28-31-32-33-35-36-37-DC

Biaya Distribusi = Jumlah kendaraan (Gaji sopir + Biaya bahan bakar + Uang makan sopir)
 = 1 ((Rp. 75.000) + (Rp. 5.150 x $\frac{Total\ jarak}{7\ km/liter}$) + Rp. 16.000))
 = 1 (Rp. 75.000 + (Rp. 5.150 x $\frac{60,14\ km}{7\ km/liter}$) + Rp. 16.000)
 = Rp. 75.000 + Rp. 44.246 + Rp. 16.000
 = Rp. 135.246,-

Tur VI dengan rute DC-34-29-30-38-39-41-43-44-DC

Biaya Distribusi = Jumlah kendaraan (Gaji sopir + Biaya bahan bakar + Uang makan sopir)
 = 1 ((Rp. 75.000) + (Rp. 5.150 x $\frac{Total\ jarak}{7\ km/liter}$) + Rp. 16.000))
 = 1 (Rp. 75.000 + (Rp. 5.150 x $\frac{60,96\ km}{7\ km/liter}$) + Rp. 16.000)
 = Rp. 75.000 + Rp. 44.849 + Rp. 16.000
 = Rp. 135.849,-

Total Biaya Distribusi = Biaya Tur I + Biaya Tur II + Biaya Tur III + Biaya Tur IV + Biaya Tur V + Biaya Tur VI

= Rp. 135.687 + Rp. 124.019 + Rp. 123.555 + Rp. 129.949 + Rp. 135.246 + Rp. 135.849
 = Rp. 784.305

Jarak dan Biaya Distribusi Rute Usulan

Adapun rute distribusi yang diperoleh dengan menggunakan metode clark & wright saving heuristic adalah sebagai berikut:

Perhitungan total biaya distribusi per hari dimana satu kendaraan melayani dua tur secara bergantian adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan I melayani Tur I dengan Tur IV} \\ \text{Total biaya} &= \text{Jumlah kendaraan (Gaji sopir + Biaya bahan bakar + Uang makan sopir)} \\ &= 1 ((\text{Rp. 75.000}) + (\text{Rp. 5.150} \times \frac{\text{Total jarak}}{7 \text{ km/liter}}) + \text{Rp. 16.000}) \\ &= 1 (\text{Rp. 75.000} + (\text{Rp. 5.150} \times \frac{110,76 \text{ km}}{7 \text{ km/liter}}) + \text{Rp. 16.000}) \\ &= \text{Rp. 75.000} + \text{Rp. 81.488} + \text{Rp. 16.000} \\ &= \text{Rp. 172.488,-} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan II melayani Tur II dengan Tur III} \\ \text{Total biaya} &= \text{Jumlah kendaraan (Gaji sopir + Biaya bahan bakar + Uang makan sopir)} \\ &= 1 ((\text{Rp. 75.000}) + (\text{Rp. 5.150} \times \frac{\text{Total jarak}}{7 \text{ km/liter}}) + \text{Rp. 16.000}) \\ &= 1 (\text{Rp. 75.000} + (\text{Rp. 5.150} \times \frac{75,62 \text{ km}}{7 \text{ km/liter}}) + \text{Rp. 16.000}) \\ &= \text{Rp. 75.000} + \text{Rp. 55.635} + \text{Rp. 16.000} \\ &= \text{Rp. 146.635,-} \\ \text{Total Biaya Distribusi} &= \text{Biaya kendaraan I} + \text{Biaya kendaraan II} \\ &= \text{Rp. 172.488} + \text{Rp. 146.635} \\ &= \text{Rp. 319.123,-} \end{aligned}$$

ANALISIS HASIL

Penggunaan *Saving Matrix* dalam Menentukan Rute Optimal

Saving matrix merupakan metode yang mampu meminimumkan jarak, waktu, dan ongkos dengan mempertimbangkan kendala yang ada. Pada penulisan tugas akhir ini kendala yang diperhatikan adalah adanya kendala kapasitas kendaraan dan juga terdapat tambahan kendala time windows pada masing-masing outlet serta kendala *multiple trips* dengan memperhatikan horison perencanaan. Terdapat empat tahap pada metode *saving matrix* diantaranya:

Tahap pertama : Mengidentifikasi Matriks Jarak

Saat ini PT. Coca Cola Bottling Indonesia Wilayah Medan memiliki satu DC dan 45 outlet. Sedangkan data jarak antara DC dengan semua outlet dan jarak antar outlet diperoleh dari titik koordinat, adapun formulasi untuk mendapatkan matriks jarak bisa dilihat pada persamaan 10.

Tahap kedua : Mengidentifikasi Matriks Penghematan

Pada tahap ini digambarkan penghematan yang akan didapatkan apabila terjadi penggabungan untuk pengiriman ke beberapa tujuan. Maka diperoleh rute dengan matriks penghematan dari yang paling besar ke yang paling kecil yaitu rute 39 - 32 - 18 - 17 - 20 - 16 - 21 - 25 - 19 - 7 - 9 - 15 - 37 - 33 - 34 - 35 - 36 - 26 - 10 - 22 - 23 - 24 - 1 - 3 - 2 - 13 - 12 - 42 - 11 - 40 - 14 - 45 - 29 - 27 - 28 - 30 - 4 - 6 - 5 - 43 - 44 - 31 - 38 - 41 - 8.

Tahap ketiga Mengalokasikan semua outlet ke kendaraan

Pada tahap ini, langkah awal yang dilakukan adalah menghitung waktu penyelesaian tur. Tujuannya adalah untuk menentukan jumlah dan tipe kendaraan yang digunakan dalam mendistribusikan produk. Berdasarkan hasil perhitungan waktu penyelesaiannya dengan membandingkan horison perencanaan, maka diperoleh empat tur dengan rute 1 yaitu DC - 39 - 32 - 18 - 17 - 20 - 16 - 21 - 25 - 19 - 7 - 9 - 15 - 37 - DC dengan total waktu sebesar 248,374 menit, rute 2 yaitu DC - 33 - 34 - 35 - 36 - 26 - 10 - 22 - 23 - 24 - 1 - 3 - 2 - 13 - DC dengan total waktu sebesar 191,502 menit, rute 3 yaitu DC - 12 - 42 - 11 - 40 - 14 - 45 - 29 - 27 - 28 - 30 - DC dengan total waktu sebesar 215,540 menit, dan rute 4 yaitu DC - 4 - 6 - 5 - 43 - 44 - 31 - 38 - 41 - 8 - DC dengan total waktu sebesar 180,318 menit. Keempat tur tersebut tidak melebihi horison perencanaan

Tahap keempat Mengurutkan semua outlet dalam rute

Setelah dilakukan pengurutan berdasarkan jarak terpendek dengan menggunakan aturan nearest neighbour, maka diperoleh tur baru dengan rute 1 yaitu DC - 25 - 37 - 15 - 19 - 21 - 17 - 20 - 18 - 16 - 9 - 7 - 39 - 32 - DC dengan total waktu penyelesaian sebesar 231,796 menit, rute 2 yaitu DC - 8 - 41 - 38 - 44 - 43 - 6 - 5 - 4 - 31 - DC dengan total waktu penyelesaian sebesar 189,204 menit, rute 3 yaitu DC - 13 - 2 - 3 - 24 - 10 - 23 - 22 - 26 - 1 - 36 - 35 - 34 - 33 - DC dengan total waktu penyelesaian sebesar 190,167 menit dan rute 4 yaitu DC - 30 - 28 - 27 - 29 - 42 - 40 - 14 - 45 - 12 - 11 - DC dengan total waktu penyelesaian sebesar 175,390 menit.

Tahap kelima

Pada tahap ini terjadi penggabungan dimana satu kendaraan melayani dua tur secara bergantian bertujuan untuk meminimasi jumlah kendaraan, pada penelitian ini terdapat dua kendaraan yang melayani empat tur yaitu kendaraan pertama melayani tur I dan tur IV, sedangkan kendaraan kedua melayani tur II dan Tur III.

Perbandingan Jarak dan Biaya Distribusi Rute Usulan dan Rute Perusahaan

Perbandingan jarak dan biaya dari rute perusahaan dan rute usulan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1 Rekap Jarak dan Biaya Distribusi Rute Perusahaan

Tur	Rute	Jarak (km)	Jumlah Truk	Biaya Distribusi
I	DC-7-8-10-9-6-5-4-DC	60,74	1	Rp. 135.687
II	DC-1-2-3-11-12-45-42-27-DC	47,88	1	Rp. 124.019
III	DC-13-14-15-16-17-19-20-DC	44,25	1	Rp. 123.555
IV	DC- 18-21-22-23-24-25-26-34-40-DC	52,94	1	Rp. 129.949
V	DC- 28-31-32-33-35-36-37-DC	60,14	1	Rp. 135.246
VI	DC-34-29-30-38-39-41-43-44-DC	60,96	1	Rp. 135.849
Total		326,91	6	Rp. 784.305

Tabel 2 Rekap Jarak dan Biaya Distribusi Rute Usulan

Kendaraan n	Tur	Jarak (km)	Jumlah Truk	Biaya Distribusi
I	I dan IV	110,76	1	Rp. 172.488
II	III dan III	75,62	1	Rp. 146.635
Total		186,38	2	Rp. 319.123

Dari segi jarak

Total jarak yang dilalui kendaraan pada rute perusahaan sebesar 329,91 km. Sedangkan total jarak yang dilalui kendaraan pada rute usulan sebesar 186,38 km. Artinya jarak total yang dilalui kendaraan pada rute usulan lebih kecil dibandingkan total jarak yang dilalui kendaraan pada rute perusahaan

Dari segi jumlah tur

Terdapat perbedaan signifikan pada jumlah tur yang ada di perusahaan dengan rute usulan. Pada rute perusahaan terdapat enam tur yang harus dikunjungi kendaraan untuk mendistribusikan produk. Sedangkan pada rute usulan hanya terdapat empat tur.

Dari segi jumlah kendaraan

Jumlah kendaraan yang digunakan tergantung pada jumlah tur yang ditetapkan perusahaan. Dimana perusahaan saat ini memiliki enam tur. Sehingga truk yang digunakan sebanyak enam truk. Sedangkan pada rute usulan, setelah dilakukan penentuan rute dengan metode saving matrix menggunakan model VRPMT menghasilkan dua kendaraan, dimana satu kendaraan melayani dua tur secara bergantian sehingga jumlah kendaraan yang digunakan pada rute usulan sebanyak 2 truk. Artinya jumlah truk rute usulan lebih sedikit dibandingkan rute dengan jumlah truk yang diterapkan perusahaan.

Dari segi biaya distribusi

Terlihat jelas bahwa pada rute perusahaan jarak total yang ditempuh kendaraan lebih besar dibanding rute usulan. Berdasarkan pada total biaya yang dikeluarkan perusahaan dengan total biaya yang dikeluarkan pada rute usulan, maka diperoleh selisih total biaya antara perusahaan dengan rute usulan sebesar Rp. 784.305 - Rp.

319.123 = Rp. 465.182. Terjadi penghematan sebesar Rp. 465.182.

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian dalam laporan ini dihasilkan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Dalam penelitian ini model *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan karakteristik *Time Windows* dan *Multiple Trips* menggunakan metode *Saving Matrix*. Model VRP ini dapat diterapkan untuk mengefisiensi jumlah kendaraan dan memaksimalkan kegunaan suatu kendaraan. Rute distribusi ini menghasilkan empat tur dengan menggunakan dua kendaraan, dimana satu kendaraan dapat melayani dua tur secara bergantian maka terjadi penggabungan tur yaitu tur satu dengan tur empat dan tur dua dengan tur tiga.
2. Model VRP pada penelitian ini menghasilkan rute distribusi penggabungan tur pertama dan tur keempat dengan total jarak tempuh 110.76 km memakan waktu penyelesaian selama 467,186 menit dan mengeluarkan biaya distribusi sebesar Rp. 172.488, sedangkan penggabungan tur kedua dan tur ketiga dengan total jarak tempuh 75.62 km memakan waktu penyelesaian selama 439,372 dan mengeluarkan biaya distribusi sebesar Rp. 146.635.
3. Metode *Saving Matrix* mampu menghasilkan rute distribusi yang lebih baik dibanding rute yang sudah diterapkan oleh perusahaan PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Wilayah Medan karena mampu menghasilkan total jarak dan biaya distribusi lebih kecil yaitu sejauh 186,38 km dengan biaya sebesar Rp. 319.123. Hal ini jauh lebih sedikit dibandingkan dengan total jarak dan total biaya dengan rute perusahaan yaitu 326.91 km dengan biaya sebesar Rp. 784.305. Sehingga rute distribusi dengan rute usulan lebih optimal

SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Menggunakan jarak aktual berdasarkan rute perjalanan yang ada di google map.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan mempertimbangkan karakteristik *multiple time windows* dan *multiple product*.
3. Melakukan pengembangan model dengan metode pemecahan masalah yang berbeda

sebagai pembanding solusi yang dihasilkan saat ini.

4. Melakukan pembuatan alat bantu software sesuai dengan model VRP pada penelitian ini untuk mempermudah perhitungan dalam memecahkan kasus yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Chopra, S. & Meindl, P. (2010). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Fourth Edition. Pearson, New Jersey
- Christofides, N., Mingozzi, A., Toth, P. 1979. *The Vehicle Routing Problem Willy*. Chichester. UK.
- Imawati, D. 2004. *Pemecahan Vehicle Routing Problem with Multiple Trips and Time Windows dengan menggunakan Algoritma Local Search dan Simulated Anneling*. Tugas Sarjana Teknik Industri ITB.
- Mancini, S. 2015. *A real-life Multi Depot Period Vehicle Routing Problem with a Heterogeneous Fleet : Formulation and Adaptive Large Neighborhood Search based Matheuristic*. Transportation Research Part C.
- Suprayogi. 2003. *Algoritma Sequential Insertion untuk memecahkan Vehicle Routing Problem with Multiple Trips and Time Windows*. Jurnal Teknik dan Manajemen Industri, ITB.
- Thangiah, S.R., 1995. "Vehicle Routing Problem with Time Windows Using Genetic Algorithms", Application Handbook of Genetic Algorithms: New Frontiers, Vol. II, Lance Chambers (ed), CRC Press, 253-277
- Toth, P., Vigo, D. 2002. *The Vehicle Routing Problem*. Society for Industrial and Mathematics. SIAM, Philadelphia.