

ANALISIS RUTE DISTRIBUSI DENGAN METODE CAPACITY VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP) PADA PRODUK COCA COLA DI PUSAT DISTRIBUSI BANDUNG

Agus Purnomo

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pasundan
email: agsprnm@gmail.com

Abstrak

Penetapan rute distribusi barang dari depot ke para pelanggan merupakan keputusan penting untuk mengefisiensikan biaya distribusi, waktu pengiriman, menyesuaikan permintaan dengan kapasitas *supply* kendaraan yang tersedia. Depot Coca Cola Bandung, belum bisa menetapkan rute distribusi terbaik untuk memenuhi permintaan pelanggan dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan yang digunakan. Dengan demikian tujuan penelitian ini adalah menentukan rute distribusi Coca Cola dari Depot ke setiap *outlet* dengan mempertimbangkan kapasitas angkut kendaraan dan permintaan setiap outlet sehingga diperoleh total biaya transportasi yang minimum. Permasalahan penelitian ini merupakan *Capacity Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang diselesaikan menggunakan Metode Clarke and Wright Saving Heuristic. Solusi dari metode ini menghasilkan performansi yang lebih baik dibandingkan dengan rute perusahaan saat ini dilihat dari performansi jarak tempuh dan biaya transportasi. Solusi rute yang dibentuk memperlihatkan efisiensi biaya transportasi total sebesar Rp. 10.397.147/bulan (penghematan sebesar 19,23%/bulan), atau penghematan total jarak tempuh sepanjang 63,15 km/bulan.

Kata Kunci : Distribusi, Depot, Outlet, Saving, Biaya Transportasi.

Abstract

Determining the route of distribution of goods from depots to customers is an important decision to streamline distribution costs, delivery times, adjust demand with available supply capacity of vehicles. Coca Cola Depot's Bandung, has not been able to establish the best distribution route to meet customer demand by considering the capacity of the vehicles used. Thus the purpose of this study is to determine the distribution route of Coca Cola from the Depot to each outlet by considering the vehicle carrying capacity and demand of each outlet so as to obtain the minimum transportation cost. The problem of this research is the Capacity Vehicle Routing Problem (CVRP) solved using Clarke and Wright Saving Heuristic Method. The solution of this method shows better performance compared to the current company route seen from the mileage performance and transportation cost. The established route solution shows the total transportation cost efficiency of Rp. 10.397.147 / month (savings of 19.23% / month), or total mileage savings of 63.15 km / month.

Keywords : Distribution, Depot, Outlet, Saving, Transportation Cost.

1. PENDAHULUAN

Masalah distribusi merupakan isu penting di sejumlah perusahaan. Distribusi berkaitan dengan penyediaan barang dari depot (perusahaan) ke pelanggan. Lokasi pelanggan yang tersebar di berbagai daerah sering menyebabkan rute kendaraan tidak efisien. Efisiensi rute kendaraan yang diharapkan adalah waktu, panjang rute, dan jumlah barang yang dapat dibawa. (Duque & Dolinskaya, 2015).

Penentuan rute pendistribusian barang dari suatu pusat distribusi merupakan keputusan penting yang harus dibuat oleh sebuah perusahaan agar dapat mengefisienkan biaya distribusi, waktu pengiriman, menyesuaikan permintaan dengan kapasitas *supply* kendaraan yang tersedia (Purnomo, 2010). Pendistribusian barang berkaitan dengan biaya transportasi melalui rute yang telah ditentukan, semakin lama waktu pendistribusian barang maka semakin besar biaya transportasi yang harus dikeluarkan. Kendaraan yang berangkat dari Depot (Pusat distribusi) memiliki kapasitas angkut yang terbatas, sedangkan setiap pelanggan yang tersebar di sejumlah wilayah distribusi memiliki permintaan barang yang berbeda-beda (Purnomo, 2010)

Permasalahan penentuan rute pendistribusian Coca Cola dihadapi oleh Pusat Distribusi (Depot) Coca Cola Bandung, dimana saat ini menggunakan 3 unit Mitsubishi *Colt Diesel Engkel* FE 71 yang memiliki kapasitas muat 250 krat. Dalam menetapkan rute distribusi untuk memenuhi permintaan pada setiap lokasi *outlet* di kota Bandung, belum bisa menghitung total jarak tempuh optimal dengan mempertimbangkan kapasitas alat angkut yang digunakan dan besarnya permintaan setiap outlet. Saat ini, perusahaan membagi setiap supir dari 3 truk tersebut, ke dalam 3 *cluster*. Tabel 1 menjelaskan rute *outlet* sesuai dengan *cluster* yang ditetapkan oleh perusahaan untuk pendistribusian produk Coca Cola setiap harinya.

Rute pada Tabel 1 dibuat berdasarkan masukan dari para supir berdasarkan pengalaman sehari-hari dan kompromi antara supir. Dengan demikian rute yang telah ditetapkan oleh perusahaan ini belum tentu merupakan rute yang terbaik (terpendek) yang memperhatikan kapasitas angkut kendaraan dan permintaan setiap outlet, sehingga total ongkos distribusi belum dapat dijamin efisien.

Tabel 1 Rute Pendistribusian Perusahaan

Cluster	Rute	Tujuan	Jarak Tempuh	Permintaan
1	Rute 1	Depo - Toko Roda - Toko Bungur - Toko Sakti - PD Cahaya - Toko Nuansa - Toko Era baru - Toko Senang - Depo	39,2 km	240 krat
	Rute 2	Depo - Toko Kembar - Toko Surya - Toko Bantar - PD Abadi - Toko Lentar - Toko Nyala - Depo	51,25 km	220 krat
2	Rute 1	Depo - PD Menjangan - Toko Sudirman - Toko Melati - Toko Meranti - Toko Hirup - Toko Serupa - Depo	34,2 km	190 krat
	Rute 2	Depo - Toko Bahagia - PD Mentari - PD Sinar Mas - Toko Harapan - Toko Yipto - Toko Raya - Depo	47,8 km	220 krat
3	Rute 1	Depo - PD Usaha Maju - Toko Nanang - Toko Indah Putra - Toko Roti Mekar - Toko Merbabu - Toko Maju - Depo	37,8 km	235 krat

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan penelitian ini adalah bagaimana menentukan rute distribusi Coca Cola dari Pusat Distribusi (Depot) ke setiap outlet dengan mempertimbangkan kapasitas angkut kendaraan dan permintaan setiap outlet sehingga diperoleh total biaya transportasi yang minimum. Sedangkan tujuan penelitian ini adalah menentukan rute distribusi Coca Cola dari Pusat Distribusi (Depot) ke setiap outlet dengan mempertimbangkan kapasitas angkut kendaraan dan permintaan setiap outlet sehingga diperoleh total biaya transportasi yang minimum.

Permasalahan di atas dapat diformulasikan secara matematis sebagai sebuah *Vehicle Routing Problem* (VRP) yaitu salah satu aplikasi dari teori graf dan optimasi kombinatorial yang mencakup penentuan sejumlah rute angkutan yang diawali dan diakhiri di suatu tempat yang disebut depot untuk mengantarkan barang kepada sekumpulan pelanggan sesuai permintaannya masing-masing. Rute yang terbentuk harus mengunjungi setiap pelanggan tepat satu kali dan menghabiskan biaya atau jarak tempuh seminimal mungkin. (Toth & Vigo, 2002).

2. METODE PENELITIAN

Vehicle Routing Problem (VRP)

VRP adalah sebuah problem pemrograman integer yang masuk kategori *NP-Hard Problem*, yang berarti usaha komputasi yang digunakan akan semakin sulit dan banyak seiring dengan meningkatnya ruang lingkup masalah (Desrosiers et al., 1995). Untuk masalah-masalah seperti ini, biasanya yang dicari adalah aproksimasi solusi yang terdekat, karena solusi tersebut dapat dicari dengan cepat dan cukup akurat. Biasanya masalah ini diselesaikan dengan menggunakan berbagai variasi dari metode heuristik yang memerlukan sedikit pengamatan pada ruang lingkup masalah (Kolen, A.W.J. et al., 1987).

Menurut Toth and Vigo (2002) VRP adalah merancang m set rute sejumlah kendaraan dengan biaya rendah dimana tiap kendaraan berawal dan berakhir di depot, setiap pelanggan hanya dikunjungi tepat sekali, serta total permintaan yang dibawa tidak melebihi kapasitas kendaraan. Solusi dari sebuah VRP yaitu menentukan sejumlah rute, yang masing-masing dilayani oleh suatu kendaraan yang berasal dan berakhir pada depot, sehingga kebutuhan pelanggan terpenuhi, semua permasalahan operasional terselesaikan dan biaya transportasi secara umum diminimalkan.

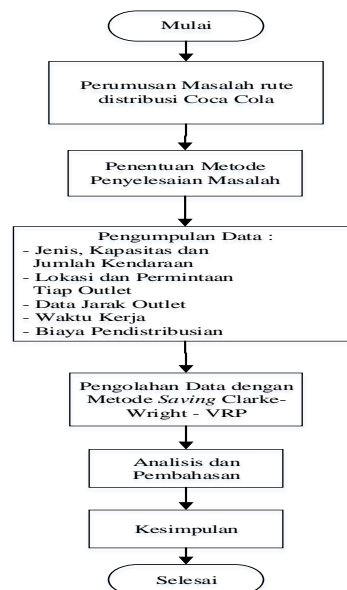
Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

Menurut Toth dan Vigo (2014:3), *Capacitated Vehicle Routing Problem* merupakan varian dari VRP yang paling banyak dipelajari, yang terutama untuk akademisi. Di dalam CVRP permintaan transportasi terdiri dari distribusi barang dari depot yang dinotasikan sebagai titik 0, yang akan dikirimkan ke n titik lainnya yang biasanya disebut dengan pelanggan, $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Jumlah yang harus dikirimkan ke pelanggan $i \in N$ merupakan permintaan pelanggan, yang jika diskalakan harus sesuai dengan $q_i \geq 0$, yaitu berat dari barang yang akan dikirimkan. Kendaraan $K = N = \{1, 2, \dots, |K|\}$ diasumsikan sejenis, yang maksudnya $|K|$ kendaraan yang tersedia di depot, memiliki kapasitas yang sama $Q > 0$, dan beroperasi dengan biaya yang sama. Kendaraan yang melayani pelanggan untuk bagian $S \subseteq N$ dimulai dari depot, bergerak ke setiap pelanggan di S , dan kembali lagi ke depot kendaraan yang bergerak dari i ke j menimbulkan biaya perjalanan c_{ij} .

Metode Clarke and Wright Saving Heuristic

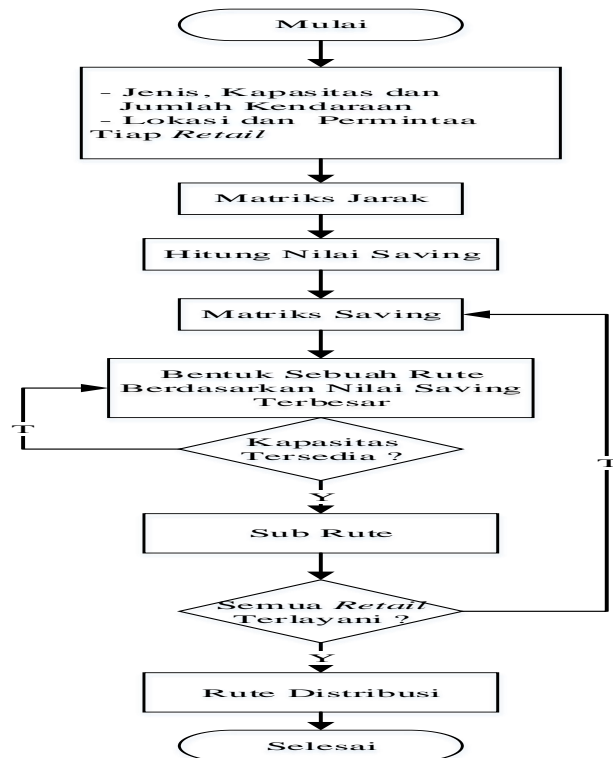
Clarke dan Wright (CW) telah memperkenalkan konsep *Saving* (penghematan) yang didasarkan pada perhitungan penghematan untuk menggabungkan dua pelanggan menjadi satu rute. CW adalah metode heuristik yang dikenal luas untuk memecahkan masalah VRP. Metode ini diawali dengan suatu solusi yang setiap pelanggannya dilayani oleh satu rute secara terpisah. Selanjutnya dilakukan penggabungan dua rute pelanggan i dan j sehingga menghasilkan penghematan (*saving*) berupa jarak tempuh sebesar $S_{ij} = c_{io} + c_{oj} - c_{ij}$ dengan c_{ij} = jarak dari pelanggan i ke pelanggan j (Pichpibul & Kawtummachai, 2013).

Langkah-langkah pemecahan masalah penelitian ini disajikan pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1 *Flowchart* langkah-langkah Pemecahan Masalah

Algoritma metode *Saving* Clarke & Wright dapat dijelaskan pada Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2 Flowchart Algoritma Metode Saving Clarke and Wright

Selanjutnya menurut Pichpibul & Kawtummachai (2013), metode ini diawali dengan suatu solusi yang setiap pelanggannya dilayani oleh satu rute secara terpisah. Kemudian dilakukan penggabungan dua rute pelanggan i dan j sehingga menghasilkan penghematan (*saving*) berupa jarak tempuh sebesar $s_{ij} = c_{io} + c_{oj} - c_{ij}$ dengan c_{ij} = jarak dari pelanggan i ke pelanggan j . Secara umum, jika dua rute $(0, \dots, i, 0)$ dan $(0, \dots, j, 0)$ secara fisibel dapat digabungkan menjadi rute tunggal $(0, \dots, i, j, 0)$ maka akan terdapat penghematan jarak sebesar $s_{ij} = (c_{oi} + c_{io} + c_{oj} + c_{jo}) - (c_{oi} + c_{jo} - c_{ij}) = c_{io} + c_{oj} - c_{ij}$

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data Permintaan Pelanggan

Tabel 2 berikut adalah permintaan produk Coca Cola Botol pada bulan Juni 2017 :

Tabel 2 Tabel Permintaan Coca Cola Botol Pada Bulan Juni 2017

No	Tujuan	Simbol	Permintaan (krat)
1	Roda	A1	45 krat
2	Bungur	A2	35 krat
3	Sakti	A3	40 krat
4	Cahaya	A4	25 krat
4	Nuansa	A5	35 krat
6	Era Baru	A6	25 krat
7	Senang	A7	35 krat

8	Kembar	A8	20 krat
9	Surya	A9	35 krat
10	Bantar	A10	35 krat
11	Abadi	A11	60 krat
12	Lontar	A12	20 krat
13	Nyala	A13	50 krat
14	Menjangan	B1	25 krat
15	Sudirman	B2	45 krat
16	Melati	B3	30 krat
17	Meranti	B4	20 krat
18	Hirup	B5	40 krat
19	Serupa	B6	30 krat
20	Bahagia	B7	35 krat
21	Mentari	B8	20 krat
22	Sinar Mas	B9	45 krat
23	Harapan	B10	35 krat
24	Yapto	B11	55 krat
25	Raya	B12	30 krat
26	Usaha Maju	C1	35 krat
27	Nanang	C2	40 krat
28	Indah Putra	C3	30 krat
29	Roti Mekar	C4	45 krat
30	Merbabu	C5	50 krat
31	Maju	C6	35 krat

Kapasitas Kendaraan

Pendistribusian produk ke setiap pelanggan menggunakan 3 unit mobil jenis Mistsubishi *Colt Diesel Engkel* FE 71 dengan kapasitas 250 krat atau setara dengan 6000 botol.

Biaya Transportasi

Kendaraan yang digunakan untuk pendistriusian ke pelanggan berjumlah 3 unit mobil jenis Mitsubishi *Colt Diesel Engkel* FE 71. Biaya Transportasi terdiri atas Fixed Cost Kendaraan dan Variable Cost Kendaraan dengan uraian sebagai berikut :

Fixed Cost kendaraan

Setiap 1 kendaraan membutuhkan 1 pengemudi dan 1 asisten pengemudi. Upah harian untuk pengemudi dan asisten pengemudi termasuk total biaya tetap yang dimasukkan dalam biaya pendistribusian pada penelitian ini. Biaya upah untuk pengemudi dan asisten pengemudi masing-masing sebesar Rp. 2.850.000 x 2 = Rp. 5.700.000/bulan.

Variable cost kendaraan

1. Bahan Bakar

Jenis Mobil : Mitsubishi *Colt Diesel Engkel* FE 71 Tahun 2012:

Bahan bakar yang digunakan adalah solar dengan rincian :

Harga 1 Liter = Rp. 5150,-

Konsumsi 1 Liter = 8 km

$$\begin{aligned}\text{Biaya bahan Bakar/km} &= \frac{\text{Rp. 5150}}{8 \text{ km}} \\ &= \text{Rp. 644,- /km}\end{aligned}$$

2. Penggantian oli

Merek oli mobil Shell Helix Diesel (1 liter = Rp. 66.000)

Kebutuhan oli = 4 liter

Harga oli kendaraan = Rp. 66.000 x 4 liter = Rp. 264.000

Jarak tempuh = 3000 km

$$\begin{aligned}\text{Biaya oli/km} &= \frac{\text{Rp. 264.000}}{3000 \text{ km}} \\ &= \text{Rp. 88.000,-/km}\end{aligned}$$

3. *Service Mobil*

Biaya *service* mobil = Rp. 150.000,-

Jarak tempuh = Rp. 10.000 km

$$\text{Biaya service/km} = \frac{150.000}{10.000} = \text{Rp. 15/km}$$

4. *Penggantian Ban*

Ban yang digunakan adalah *Dunlop*

Harga satuan per ban = Rp. 800.000

Harga ban perkendaraan =

Rp. 800.000 x 4 ban = Rp. 3.200.000

Jarak tempuh (km) = 66000

$$\begin{aligned}\text{Biaya Ban/km} &= \frac{\text{Rp. 3.200.000}}{66000 \text{ km}} \\ &= \text{Rp. 48.484/km}\end{aligned}$$

Penggantian ban 1 tahun sekali, 1 bulan diperkirakan jarak tempuh kendaraan 5500 km, jadi bila 1 tahun adalah 66000 km. Tabel 3 berikut merekap variable cost kendaraan.

Waktu Distribusi

Waktu operasional = (waktu tempuh perjalanan + waktu *set up* + waktu pelayanan + waktu istirahat)

Tabel 3 *Variable Cost* Kendaraan

No	<i>Variabel cost</i>	Biaya
1.	Bahan Bakar	Rp. 644/km
2.	Penggantian Oli	Rp. 88.000/km
3.	Service Oli	Rp. 15/km

4.	Penggantian Ban	Rp. 48.484/km
Total Variable Cost		Rp. 137.142/km

Data Jarak

Jarak tempuh yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari *google maps* berdasarkan rute yang digunakan oleh perusahaan dalam proses pendistribusian produk. Tabel 4 berikut merupakan matriks jarak untuk *cluster 1* :

Tabel 4 Matriks Jarak Asal-Tujuan *Cluster 1*

DARI/KE	DEPOT	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
DEPOT	0													
A1	8,1	0												
A2	9,9	7,2	0											
A3	4,3	6,5	2,3	0										
A4	9,9	3,5	3,8	4,1	0									
A5	10,4	8,4	2,7	2,9	5,9	0								
A6	8,7	4,5	3,0	2,6	1,4	4,0	0							
A7	1,1	6,7	8,0	4,2	5,9	9,4	6,5	0						
A8	10,6	7,0	13,1	13,5	10,1	15,2	12,2	10,3	0					
A9	9,8	6,2	13,5	13,5	9,3	14,3	10,5	9,5	0,450	0				
A10	7,2	1,8	5,1	5,2	2,2	6,9	3,0	5,8	8,5	6,7	0			
A11	5,8	2,0	8,4	8,9	5,1	10,6	6,3	5,6	4,3	4,2	3,6	0		
A12	7,0	2,9	4,5	4,4	1,0	6,1	2,2	4,9	8,0	7,8	1,9	5,2	0	
A13	15,7	10,3	10,3	10,3	8,4	11,4	9,2	13,7	12,4	12,5	10,1	8,1	9,0	0

Adapun matriks jarak asal-tujuan pada *cluster 2* dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini :

Tabel 5 Matriks Jarak Asal-Tujuan *Cluster 2*

DARI/KE	DEPOT	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
DEPOT	0												
B1	7,2	0											
B2	9,9	5,2	0										
B3	4,6	3,4	6,1	0									
B4	5,2	5,0	6,5	3,3	0								
B5	6,3	3,8	4,1	5,0	4,6	0							
B6	4,1	4,4	7,3	1,0	3,3	3,7	0						
B7	6,8	3,2	5,9	3,4	2,3	2,3	3,0	0					
B8	6,5	4,2	7,9	6,6	8,1	7,0	4,6	7,3	0				
B9	5,4	3,8	6,0	3,2	2,3	2,4	2,6	2,1	5,1	0			
B10	13,6	11,7	8,8	11,9	11,8	9,7	11,4	9,2	13,8	10,4	0		
B11	5,5	3,5	6,2	3,3	2,0	2,6	2,7	2,2	5,2	0,350	9,1	0	
B12	6,9	3,1	4,8	5,2	3,8	1,1	3,7	1,5	5,4	2,2	9,4	2,2	0

Untuk *cluster* 3, dapat dilihat pada Tabel 6 berikut :

Tabel 6 Matriks Jarak Asal-Tujuan *Cluster* 3

DARI/KE	DEPOT	C1	C2	C3	C4	C5	C6
DEPOT	0						
C1	6,4	0					
C2	3,9	8,9	0				
C3	4,0	3,3	6,8	0			
C4	5,1	3,8	7,8	4,1	0		
C5	2,4	5,2	4,5	2,4	3,2	0	
C6	5,4	4,4	7,3	3,1	5,3	3,0	0

Perhitungan Nilai Saving (Penghematan) *Cluster* 1

Saving dihitung dengan menggunakan rumus $S_{ij} = c_{io} + c_{oj} - c_{ij}$. Tabel 7 berikut adalah nilai *Saving* untuk *Cluster* 1.

Tabel 7 Matriks *Saving* Jarak *Cluster* 1 (km)

DARI/KE	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	0												
A2	10,8	0											
A3	5,9	11,9	0										
A4	14,5	16	10,1	0									
A5	10,1	17,6	11,8	14,4	0								
A6	12,3	15,6	10,4	17,2	15,1	0							
A7	2,5	3	1,2	5,1	2,1	3,3	0						
A8	11,7	7,4	1,4	10,4	5,8	7,1	1,4	0					
A9	11,7	6,2	0,6	10,4	5,9	8	1,4	19,95	0				
A10	13,5	12	6,3	14,9	10,7	12,9	2,5	9,3	10,3	0			
A11	11,9	7,3	1,2	10,6	5,6	8,2	1,3	12,1	11,4	9,4	0		
A12	12,2	12,4	6,9	15,9	11,3	13,5	3,2	9,6	9	12,3	7,6	0	
A13	13,5	15,3	9,7	17,2	14,7	15,2	3,1	13,9	13	12,8	13,4	13,7	0

Penentuan Rute *Cluster* 1 berdasarkan Nilai *Saving*

Tabel 8 Pengelompokan *Node* untuk rute 1 berdasarkan Matriks *Saving Cluster* 1 (km)

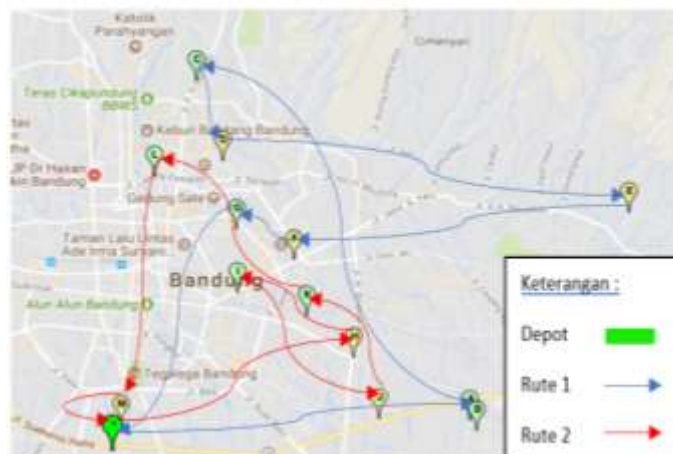
DARI/KE	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	0												
A2	10,8	0											
A3	5,9	11,9	0										
A4	14,5	16	10,1	0									
A5	10,1	17,6	11,8	14,4	0								
A6	12,3	15,6	10,4	17,2	15,1	0							
A7	2,5	3	1,2	5,1	2,1	3,3	0						
A8	11,7	7,4	1,4	10,4	5,8	7,1	1,4	0					
A9	11,7	6,2	0,6	10,4	5,9	8	1,4	19,95	0				
A10	13,5	12	6,3	14,9	10,7	12,9	2,5	9,3	10,3	0			
A11	11,9	7,3	1,2	10,6	5,6	8,2	1,3	12,1	11,4	9,4	0		
A12	12,2	12,4	6,9	15,9	11,3	13,5	3,2	9,6	9	12,3	7,6	0	
A13	13,5	15,3	9,7	17,2	14,7	15,2	3,1	13,9	13	12,8	13,4	13,7	0

Rute 1 pada *Cluster 1* : Depot - A9 – A8 – A5 – A2 – A13 – A4 – A6 – Depot = Depot - Toko Surya – Toko Kembar – Toko Nuansa – Toko Bungur – Toko Nyala – PD Cahaya – Toko Era Baru - Depot. Pada rute ini pengiriman *Coca Cola* botol sebanyak 225 krat. Selanjutnya ditentukan rute 2 pada cluster 1 dengan menggunakan Tabel 9.

Tabel 9 Pengelompokan *Node* untuk rute 2 Berdasarkan Matriks Saving *Cluster 1* (km)

DARI/KE	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
A1	0												
A2	10,8	0											
A3	5,9	11,9	0										
A4	14,5	16	10,1	0									
A5	10,1	17,6	11,8	14,4	0								
A6	12,3	15,6	10,4	17,2	15,1	0							
A7	2,5	3	1,2	5,1	2,1	3,3	0						
A8	11,7	7,4	1,4	10,4	5,8	7,1	1,4	0					
A9	11,7	6,2	0,6	10,4	5,9	8	1,4	19,95	0				
A10	13,5	12	6,3	14,9	10,7	12,9	2,5	9,3	10,3	0			
A11	11,9	7,3	1,2	10,6	5,6	8,2	1,3	12,1	11,4	9,4	0		
A12	12,2	12,4	6,9	15,9	11,3	13,5	3,2	9,6	9	12,3	7,6	0	
A13	13,5	15,3	9,7	17,2	14,7	15,2	3,1	13,9	13	12,8	13,4	13,7	0

Rute 2 pada *cluster 1* : Depot - A1 – A12 – A11 – A10 – A3 – A7 - Depot = Depot - Toko Roda – Toko Lontar – PD Abadi – Toko Bantar – Toko Sakti – Toko Senang - Depot. Untuk rute kedua ini jumlah yang dikirimkan adalah sebanyak 235 krat. Gambar 3 berikut menjelaskan rute 1 dan rute 2 pada *cluster 1*.



Gambar 3 Rute 1 dan Rute 2 pada *Cluster 1*

Berikutnya adalah penentuan rute untuk *Cluster 2* yang dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11 berikut:

Tabel 10 Pengelompokan *Node* untuk rute 1 berdasarkan Matriks Saving *Cluster 2* (km)

DARI/KE	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
B1	0											
B2	11,9	0										
B3	8,4	8,4	0									
B4	7,4	8,6	6,5	0								
B5	9,7	12,1	5,9	6,9	0							
B6	6,9	6,7	7,7	6	6,7	0						
B7	10,8	10,8	8	9,7	10,8	7,9	0					
B8	9,5	8,5	4,5	3,6	5,8	6	6	0				
B9	8,8	9,3	6,8	8,3	9,3	6,9	10,1	6,8	0			
B10	9,1	14,7	6,3	7	10,2	6,3	11,2	6,3	8,6	0		
B11	9,2	9,2	6,8	8,7	9,2	6,9	10,1	6,8	10,55	10	0	
B12	11	12	6,3	8,3	12,1	7,3	12,2	8	10,1	11,1	10,2	0

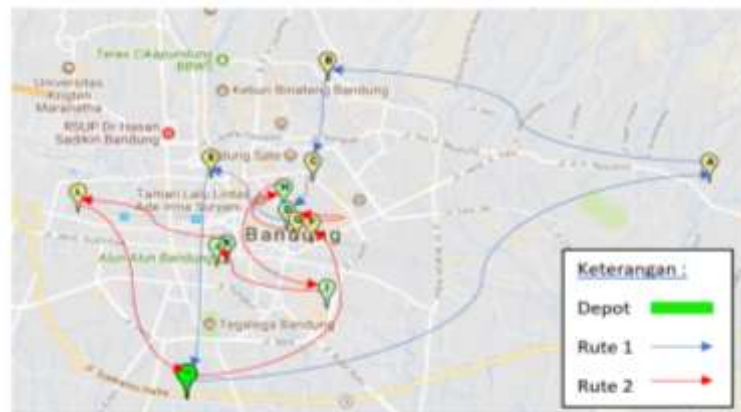
Rute 1 pada *cluster 2*: Depot - B10 – B2 – B12 – B7 – B1 - Depot = Depot - Toko Harapan – Toko Sudirman – Toko Raya – Toko Bahagia – PD Menjangan - Depot. Pada rute ini pengiriman *Coca Cola* botol sebanyak 170 krat.

Tabel 11 Pengelompokan *Node* untuk rute 2 berdasarkan Matriks Saving *Cluster 2* (km)

DARI/KE	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
B1	0											
B2	11,9	0										
B3	8,4	8,4	0									
B4	7,4	8,6	6,5	0								
B5	9,7	12,1	5,9	6,9	0							
B6	6,9	6,7	7,7	6	6,7	0						
B7	10,8	10,8	8	9,7	10,8	7,9	0					
B8	9,5	8,5	4,5	3,6	5,8	6	6	0				
B9	8,8	9,3	6,8	8,3	9,3	6,9	10,1	6,8	0			
B10	9,1	14,7	6,3	7	10,2	6,3	11,2	6,3	8,6	0		
B11	9,2	9,2	6,8	8,7	9,2	6,9	10,1	6,8	10,55	10	0	
B12	11	12	6,3	8,3	12,1	7,3	12,2	8	10,1	11,1	10,2	0

Rute 2 pada *cluster 2*: Depot - B11 – B9 – B5 – B4 – B6 – B3 – B8 - Depot = Depot - Toko Yapto – PD Sinar Mas – Toko Hirup – Toko Meranti – Toko Serupa – Toko Melati – PD Mentari - Depot. Untuk rute kedua ini jumlah yang dikirimkan adalah sebanyak 240.

Gambar 4 berikut menjelaskan rute 1 dan rute 2 pada *cluster 2*.



Gambar 4 Route 1 dan Route 2 untuk *Cluster 2*

Berikutnya adalah penentuan rute untuk *Cluster 3* yang dapat dilihat pada Tabel 12 berikut:

Tabel 12 Pengelompokan *Node* untuk rute berdasarkan Matriks Saving *Cluster 3* (km)

DARI/KE	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0					
C2	1,4	0				
C3	7,1	1,1	0			
C4	7,7	1,2	5	0		
C5	3,6	1,8	4,0	4,3	0	
C6	7,2	2	6,3	5,2	4,8	0

Rute yang terbentuk pada *cluster 3* : Depot - C4 - C1 - C6 - C3 - C5 - C2 - Depot = Depot - Toko Roti Mekar - PD Usaha Maju - Toko Maju - Toko Indah Putra - Toko Merbabu - Toko Nanang - Depot.

Pada rute ini pengiriman *Coca Cola* botol sebanyak 235 krat.

Gambar 5 berikut menjelaskan rute pada *cluster 3*.



Gambar 5 Rute untuk *Cluster 3*

Perhitungan Biaya Transportasi

Biaya transportasi untuk *cluster* 1 adalah sebagai berikut :

1. Rute 1 : Depot - Toko Surya – Toko Kembar – Toko Nuansa – Toko Bungur – Toko Nyala – PD Cahaya – Toko Era Baru - Depot. Alokasi menggunakan mobil Mitsubishi *Cold Diesel Engkel* (CDE) dan jarak tempuh total adalah 56,95 km, dengan kecepatan rata-rata kendaraan adalah 30 km/jam.
 - a. Waktu tempuh = $56,95 \text{ km} : 30 \text{ km/jam} = 113,9 \text{ menit}$
 - b. Waktu operasional = waktu tempuh + (waktu set up + waktu pelayanan + waktu istirahat), maka waktu operasional = $113,9 \text{ menit} + (20 \text{ menit} + 100 \text{ menit} + 30 \text{ menit}) = 263,9 \text{ menit}$
 - c. Biaya transportasi = *fixed cost* + *variable cost*
Fixed cost = gaji pengemudi + gaji asisten pengemudi = Rp. 5.700.000 kendaraan/bulan
Variable cost = biaya bahan bakar solar (Rp. 644/km) + Penggantian Oli (Rp. 88.000/km) + Service Oli (Rp. 15/km) + Penggantian Ban (Rp. 48.484) = Rp. 137.142/km x 56,95 km = Rp. 7.810.236 kendaraan/bulan.
Biaya transportasi rute 1 = Rp. 5.700.000 /kendaraan/bulan + Rp. 7.810.236 /kendaraan/bulan = Rp. 13.510.236 kendaraan/bulan.
2. Rute 2 : Depot - A1 – A12 – A11 – A10 – A3 – A7 - Depot = Depot - Toko Roda – Toko Lontar – PD Abadi – Toko Bantar – Toko Sakti – Toko Senang - Depot. Alokasi menggunakan mobil Mitsubishi *Cold Diesel Engkel* (CDE) dengan jarak tempuh total adalah 30,3 km.
 - a. Waktu tempuh = $30,3 \text{ km} : 30 \text{ km/jam} = 60,6 \text{ menit}$.
 - b. Waktu operasional = $60,6 \text{ menit} + 150 \text{ menit} = 210,6 \text{ menit}$.
 - c. Biaya transportasi rute 2 = Rp. 5.700.000 /kendaraan/bulan
Rp4.155.402/kendaraan/bulan = Rp. 9.855.402 /kendaraan/bulan.

Biaya transportasi untuk *cluster* 2 adalah sebagai berikut :

1. Rute 1 : Depot - B10 – B2 – B12 – B7 – B1 - Depot = Depot - Toko Harapan – Toko Sudirman – Toko Raya – Toko Bahagia – PD Menjangan - Depot. Alokasi menggunakan mobil Mitsubishi *Cold Diesel Engkel* (CDE) dan jarak tempuh total adalah 41,8 km.
 - a. Waktu tempuh = $41,8 \text{ km} : 30 \text{ km/jam} = 83,6 \text{ menit}$.
 - b. Waktu operasional = $77,6 \text{ menit} + 150 \text{ menit} = 233,6 \text{ menit}$.
 - c. Biaya transportasi rute 1 = Rp. 5.700.000 /kendaraan/bulan + Rp. 5.732.535 /kendaraan/bulan = Rp. 11.432.535 /kendaraan/bulan.
2. Rute 2 : Depot - B11 – B9 – B5 – B4 – B6 – B3 – B8 - Depot = Depot - Toko Yapto – PD Sinar Mas – Toko Hirup – Toko Meranti – Toko Serupa – Toko Melati – PD Mentari - Depot. Alokasi menggunakan mobil Mitsubishi *Cold Diesel Engkel* (CDE) dan jarak tempuh total adalah 30,25 km.
 - a. Waktu tempuh = $30,25 \text{ km} : 30 \text{ km/jam} = 60,5 \text{ menit}$.
 - b. Waktu operasional = $60,5 \text{ menit} + 150 \text{ menit} = 210,5 \text{ menit}$.
 - c. Biaya transportasi rute 2 = Rp. 5.700.000 /kendaraan/bulan + Rp. 4.148.545 /kendaraan/bulan = Rp. 9.848.545 /kendaraan/bulan.

Biaya transportasi untuk *cluster* 3 adalah sebagai berikut :

Rute : Depot – Toko Roti Mekar – PD Usaha Maju – Toko Maju – Toko Indah Putra – Toko Merbabu – Toko Nanang - Depot.
Alokasi menggunakan mobil Mitsubishi *Cold Diesel Engkel* (CDE) dan jarak tempuh total adalah 27,2 km.

- Serta waktu tempuh = 27,2 km : 30 km/jam = 54,4 menit.
- Waktu operasional = 54,4 menit + 150 menit = 204,4 menit.
- Biaya transportasi rute 1 = Rp. 5.700.000 /kendaraan/bulan + Rp.3.730.262 /kendaraan/bulan = Rp. 9.430.262 /kendaraan/bulan.

Pembahasan

Rute yang dibentuk dengan metode Clarke and Wright Algorithm lebih baik dibandingkan dengan rute perusahaan saat ini dilihat dari performansi jarak tempuh dan biaya transportasi. Secara detil perbandingannya disajikan pada Tabel 13 berikut ini.

Tabel 13 Perbandingan Jarak dan Biaya Transportasi antara Rute Perusahaan Saat Ini dengan Rute Metode *Clarke and Wright Algorithm*

Cluster	Rute	Rute Perusahaan saat Ini	Rute dengan Metode <i>Clarke and Wright Algorithm</i>	Efisiensi
Cluster 1	Rute 1	Jarak Tempuh = 63,4 km Biaya Transportasi = Rp. 15.040.368 /kendaraan/bulan	Jarak tempuh 56,95 km Biaya Transportasi = Rp. 13.510.236 /kendaraan/bulan	6,45 km Rp. 1.530.132 /kendaraan/bulan
	Rute 2	Jarak tempuh = 51,25 km Biaya Transportasi = Rp.12.728.527 /kendaraan/bulan	Jarak Tempuh = 30,3 km Biaya Transportasi = Rp. 9.855.402 /kendaraan/bulan	20,95 km Rp. 2.873.125 /kendaraan/bulan
Cluster 2	Rute 1	Jarak Tempuh = 49,6 km Biaya Transportasi = Rp. 13.565.878 /kendaraan/bulan	Jarak Tempuh = 41,8 km Biaya Transportasi =Rp. 11.432.535 /kendaraan/bulan	7,6 km Rp. 2.133.343 /kendaraan/bulan
	Rute 2	Jarak Tempuh = 47,8 km Biaya Transportasi = Rp. 12.255.387 /kendaraan/bulan	Jarak Tempuh = 30,25 km Biaya Transportasi = Rp. 9.848.545 /kendaraan/bulan	17,55 km Rp. 2.406.842 /kendaraan/bulan
Cluster 3	Rute	Jarak Tempuh = 37,8 km Biaya Transportasi = Rp. 10.883.967 /kendaraan/bulan	Jarak Tempuh = 27,2 km Biaya Transportasi = Rp. 9.430.262 /kendaraan/bulan	10,6 km Rp. 1.453.705 /kendaraan/bulan
Total Biaya Transportasi		Biaya Transportasi = Rp. 64.474.127 /bulan	Biaya Transportasi = 54.076.980 /bulan	Rp. 10.397.147/bulan

Dari tabel di atas, dengan Rute Metode *Clarke and Wright Algorithm* diperoleh efisiensi biaya transportasi sebesar Rp. 10.397.147/bulan atau penghematan 19,23%, atau penghematan jarak tempuh sepanjang 63,15 km.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Penggunaan metode Clarke and Wright Algorithm untuk penentuan rute distribusi Coca Cola dari Pusat Distribusi (Depot) ke setiap pelanggan, menghasilkan performansi yang lebih baik dibandingkan dengan rute perusahaan saat ini dilihat dari performansi jarak tempuh dan biaya transportasi. Rute yang dibentuk dengan Metode *Clarke and Wright Algorithm* diperoleh efisiensi biaya transportasi total sebesar Rp. 10.397.147/bulan (penghematan sebesar 19,23%/bulan), atau penghematan total jarak tempuh sepanjang 63,15 km/bulan.

Rekomendasi

Pengembangan penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menggunakan Metode Nearest Neighbour Algorithm setelah rute terbentuk dengan Metode Clarke and Wright Algorithm. Hal ini dapat meningkatkan performansi total jarak tempuh.

5. REFERENSI

- Altinel, I. K. and Öncan, T., 2005, "A New Enhancement of The Clarke and Wright Savings Heuristic for the Capacitated Vehicle Routing Problem". *J Opl Res Soc* 56: 954-961.
- Desrosiers, J., et. al., 1995, "Time constrained routing and scheduling. Network Routing. In: Handbooks in Operations Research and Management Science". eds. M.Ball, T.L.Magnanti, C.L.Monna, G.L.Nemhauser, North Holland, Amsterdam.
- Duque, P. A.M., and Dolinskaya, I. S., Sörensen, K., 2015, "Network Repair Crew Scheduling and Routing for Emergency Relief Distribution Problem". *European Journal of Operational Research*, 248, pp. 272–285
- Kolen, A.W.J. et. al., 1987, "Vehicle routing with time windows". *Operations Research*, 35, p.266-273.
- Pichpibul, T. and Kawtummachai, R., 2013, "A Heuristic Approach Based on Clarke-Wright Algorithm for Open Vehicle Routing Problem". *The Scientific World Journal*.
- Purnomo, A., 2010, "Penentuan Rute Pengiriman dan Biaya Transportasi dengan Menggunakan Metode Clarke and Wright Saving Heuristic". *Jurnal Logistik Bisnis Politeknik Pos Indonesia*, vol. 1, No. 2, 97 – 117.
- Toth, P., & Vigo, D., 2002, "The Vehicle Routing Problem". Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- _____, 2014, "Vehicle Routing Problem, Methods, and Applications". Second edition, ed., Philadelphia; SIAM.