

## MINIMASI BIAYA DISTRIBUSI ES BALOK DAN ES KRISTAL MENGGUNAKAN METODE *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM* DI PT AGRONESIA ES SARIPETOJO BANDUNG

Agus Purnomo<sup>1</sup>, Syafrianita<sup>2</sup>, Hariadi Ismail<sup>3</sup>, Ramadhan Surya Dinata<sup>4</sup>

Universitas Logistik Dan Bisnis Internasional

aguspurnomo@ulbi.ac.id, syafrianita@ulbi.ac.id, hariadiismail@ulbi.ac.id, suryadinata@ulbi.ac.id

### Abstrak

Minimasi biaya distribusi dapat dilakukan perusahaan dengan menentukan rute distribusi yang terbaik dari perusahaan (depot) ke para pelanggan yang tersebar di berbagai lokasi. PT Agronesia Divisi Es Saripetojo Bandung memiliki masalah menentukan rute distribusi terbaik karena rute distribusi berubah-ubah setiap hari tergantung komunikasi pelanggan dengan pengemudi yang minta dilayani terlebih dahulu. Dengan demikian perusahaan tidak dapat mengukur performansi biaya distribusi dan tidak bisa mengevaluasi tentang jumlah kendaraan yang optimal untuk mendukung efisiensi biaya distribusi.

Persoalan ini dapat diselesaikan dengan Metode *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang memperhatikan jumlah dan kapasitas angkut kendaraan, permintaan setiap pelanggan, serta jarak dari depot ke pelanggan sehingga diperoleh total biaya distribusi yang minimal.

Hasil penelitian memberikan solusi Distribusi Es Balok dan Es Kristal dengan menggunakan Metode *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan bantuan perangkat lunak LOGWARE, telah berhasil menetapkan rute terbaik dan sekaligus dapat meminimasi biaya distribusi. Efisiensi biaya distribusi masih dapat dilakukan dengan mengurangi 1 kendaraan Mitsubishi *Colt Diesel Engkel* FE 71, sehingga terdapat efisiensi sebesar = Rp. 267.000,-/hari = 8,04%/hari. Sedangkan dengan dikurangnya 1 kendaraan *Colt Diesel Engkel* FE 71, dapat diperoleh efisiensi sebesar = Rp. 267.000,-/hari = 7,92%/hari. Sementara kendaraan yang tidak dipergunakan dapat disewakan atau dijual sehingga mengurangi *beban fixed cost* dan *variable cost*.

**Kata Kunci:** Minimasi Biaya, Rute Distribusi, *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), Depot, Logware.

### Abstract

Companies can minimize distribution costs by determining the best distribution route from the company (depot) to customers spread across various locations. PT Agronesia Es Saripetojo Bandung Division has a problem determining the best distribution route because the distribution route changes every day depending on the customer's communication with the driver who asks to be served first. Thus the company cannot measure the performance of distribution costs and cannot evaluate the optimal number of vehicles to support distribution cost efficiency.



*This problem can be solved using the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) method which takes into account the number and capacity of vehicles, the demand for each replacement, and the distance from the depot to the customer so that a minimum total distribution cost is obtained.*

*The results of the research provide a solution for the distribution of ice blocks and crystal ice using the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) method with the help of LOGWARE software, it has succeeded in determining the best route and at the same time minimizing distribution costs. Distribution cost efficiency can still be done by reducing 1 Mitsubishi Colt Diesel Engkel FE 71 vehicle, so there is an efficiency of = Rp. 267,000,-/day = 8.04%/day. Meanwhile, by reducing 1 Colt Diesel Engkel FE 71 vehicle, an efficiency of = Rp. 267,000,-/day = 7.92%/day. Meanwhile, vehicles that are not used can be rented or sold, thereby reducing the burden of fixed costs and variable costs.*

**Keywords:** *Cost Minimization, Distribution Route, Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP), Depot, Logware.*



## PENDAHULUAN

PT Agronesia Divisi Es Saripetojo Bandung merupakan perusahaan yang memproduksi es balok dan es kristal untuk memenuhi permintaan pelanggan (distributor) yang ada di Kota Bandung. PT Agronesia Divisi Es Saripetojo Bandung melayani 30 distributor es balok dan 24 distributor es kristal. Dalam hal pendistribusian produk es ke distributor, perusahaan membagi menjadi 3 area di Kota Bandung yaitu : Area Barat, Area Tengah dan Area Timur.

Perusahaan memiliki 2 mobil Mitsubishi *Colt Diesel Engkel* FE 71 untuk mendistribusikan es balok dan 2 mobil Mitsubishi *Colt L300* untuk mendistribusikan es kristal. Masing-masing tipe mobil memiliki kapasitas angkut yaitu 200 balok/4000 kg untuk Mitsubishi *Colt Diesel Engkel* FE 71 dan 150 kanvil/3750 kg untuk Mitsubishi *Colt L300*. Perusahaan telah menandatangani kontrak untuk pemenuhan permintaan harian yang jumlahnya tetap selama 12 bulan ke depan mulai Januari s.d. Desember 2023.

Hasil observasi awal peneliti bahwa Supervisor Logistik Perusahaan belum merancang rute distribusi yang meminimasi total jarak dan minimasi total biaya distribusi yang mempertimbangkan variabel kapasitas angkut setiap kendaraan, jumlah permintaan pelanggan, dan jarak pabrik ke pelanggan. Rute distribusi dan jumlah es yang diangkut diserahkan kepada masing-masing supir mobil, sehingga tidak ada jaminan bahwa rute yang dipilih supir adalah rute terpendek dan supply es dapat memenuhi semua permintaan pelanggan. Dengan belum dirancangnya rute terbaik untuk setiap kendaraan dengan memperhatikan variabel-variabel yang telah diuraikan sebelumnya, mengakibatkan tidak ada jaminan total jarak setiap rute menjadi optimal, sehingga biaya distribusi menjadi tidak efisien.

Minimasi biaya distribusi adalah masalah kritis di perusahaan dalam rangka meminimasi total biaya logistik. Distribusi berhubungan untuk mengirim barang dari perusahaan (depot) ke sejumlah pelanggan yang lokasinya tersebar di berbagai daerah yang bertujuan untuk minimasi jarak atau waktu serta minimasi biaya distribusi. (Duque et al, 2015).

Penentuan rute distribusi barang dari perusahaan (depot) ke para pelanggan yang tersebar di berbagai lokasi merupakan keputusan penting untuk meminimasi biaya distribusi, total waktu pengiriman, dengan memperhatikan permintaan pelanggan dengan kapasitas kendaraan yang tersedia. Persoalan ini dapat diselesaikan menggunakan *Capacity Vehicle Routing Problem* (CVRP) (Purnomo, A., 2017).

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan penelitian ini adalah bagaimana menentukan rute-rute terbaik untuk distribusi es balok dan es kristal dari pabrik (depot) ke setiap distributor dengan mempertimbangkan jumlah dan kapasitas angkut kendaraan, permintaan setiap outlet, serta jarak dari depot ke distributor sehingga diperoleh total biaya distribusi yang minimal. Sedangkan tujuan penelitian ini adalah menetapkan rute-rute terbaik untuk setiap kendaraan dalam mendistribusi es balok dan es kristal dari pabrik (depot) ke setiap distributor dengan mempertimbangkan jumlah dan kapasitas angkut kendaraan, permintaan setiap outlet, serta jarak dari depot ke distributor sehingga diperoleh total biaya distribusi yang minimal. Tujuan penelitian ini juga menganalisis performansi total biaya distribusi hasil penelitian dengan total biaya distribusi rute distribusi perusahaan saat ini.

Pendekatan metode pemecahan masalah penelitian ini menggunakan *Capacity Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan pemilihan metode yaitu Clarke and Wright Saving Heuristic karena metode ini dipandang lebih efisien penggunaannya dan dapat memberikan solusi yang mendekati optimal (Toth & Vigo, 2014).

## METODE PENELITIAN

### *Vehicle Routing Problem* (VRP)



VRP menggunakan pemrograman integer yang masuk kategori *NP-Hard Problem*, dengan komputasi akan semakin sulit seiring dengan meningkatnya jumlah pelanggan dan jumlah kendaraan. Pendekatan heuristik diperlukan untuk efisiensi dan kemudahan proses perhitungan sehingga waktu komputasi yang lebih singkat dan solusi mendekati optimal (Purnomo, A., 2017). Demikian juga menurut Kolen, A.W.J. et. al., (1987), bahwa persoalan VRP, biasanya dicari dengan aproksimasi solusi mendekati optimal, dimana solusi tersebut dapat diselesaikan dengan waktu yang cepat dan cukup akurat. Pendekatan yang lazim digunakan yaitu berbagai variasi dari metode heuristik yang menggunakan algoritma yang sederhana dan mudah diselesaikan.

Menurut Toth and Vigo (2014) VRP bertujuan merancang sejumlah rute kendaraan dengan jarak terpendek dan biaya minimal dengan setiap kendaraan bergerak awal dan berakhir di depot, dengan ketentuan setiap pelanggan hanya boleh dikunjungi tepat satu kali, demikian pula jumlah permintaan yang diangkut oleh kendaraan tidak melebihi kapasitas yang tersedia. Solusi suatu persoalan VRP adalah menetapkan sejumlah rute oleh sejumlah kendaraan, sehingga permintaan pelanggan dapat dipenuhi, dengan total jarak yang pendek dan biaya yang minimal.

### **Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)**

*Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* merupakan varian dari VRP yang paling banyak dipelajari (Toth dan Vigo, 2014:3). Di dalam CVRP, permintaan pelanggan terdiri dari distribusi barang dari suatu depot dengan notasi sebagai titik 0, yang akan dikirimkan ke  $p$  titik lainnya yang biasanya disebut dengan pelanggan,  $P = \{1, 2, \dots, p\}$ . Jumlah yang harus dikirimkan ke pelanggan  $i \in P$  merupakan permintaan pelanggan, yang jika diskalakan harus sesuai dengan  $q_i \geq 0$ , yaitu berat dari barang yang akan dikirimkan. Kendaraan  $K = P = \{1, 2, \dots, |K|\}$  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  $S \subseteq P$  dimulai dari depot, bergerak ke setiap pelanggan di  $S$ , dan kembali lagi ke depot kendaraan yang bergerak dari  $i$  ke  $j$  menimbulkan biaya perjalanan  $c_{ij}$ .

### **2.3. Metode Clarke and Wright Saving Heuristic**

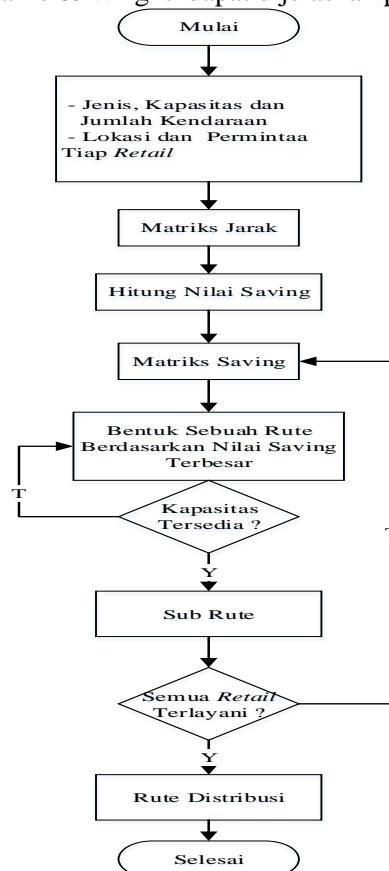
Clarke dan Wright (CW) telah menciptakan algoritma *Saving* (penghematan) dengan didasarkan pada perhitungan penghematan yang bertujuan menggabungkan dua pelanggan menjadi satu rute. CW merupakan metode heuristik yang telah dipakai secara luas untuk menyelesaikan permasalahan VRP. Metode ini dimulai dengan menciptakan suatu solusi dengan setiap pelanggan dilayani oleh satu rute secara terpisah. Berikutnya digabung dua rute pelanggan  $i$  dan  $j$  sehingga menghasilkan penghematan (*saving*) berupa jarak tempuh sebesar  $s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$  dengan  $c_{ij}$  = jarak dari pelanggan  $i$  ke pelanggan  $j$  (Pichpibul & Kawtummachai, 2013).

Langkah-langkah penyelesaian 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  $s_{ij} = (c_{oi} + c_{io} + c_{oj} + c_{jo}) - (c_{oi} + c_{jo} - c_{ij}) = c_{io} + c_{oj} - c_{ij}$

## LOGWARE

LOGWARE adalah kumpulan program perangkat lunak pilihan yang berguna untuk menganalisis berbagai masalah logistik dan studi kasus, yang diciptakan oleh Ronald H. Ballou untuk tujuan pendidikan khususnya dalam bidang logistic dan bisnis (Logware, 2023).

Modul yang digunakan untuk memecahkan persoalan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) adalah ROUTER.

ROUTER adalah modul LOGWARE untuk menentukan rute dan jadwal terbaik untuk armada kendaraan dalam persoalan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). Tipikal permasalahan CVRP adalah kendaraan atau armada kendaraan yang berdomisili di depot pusat, melakukan pengiriman atau penjemputan ke sejumlah pelanggan, dan kembali ke depot yang sama. Masing-masing kendaraan memiliki kapasitas angkut dan setiap pelanggan memiliki jumlah permintaan barang. Tujuannya adalah untuk meminimalkan total jarak yang ditempuh pada semua rute, dan waktu serta meminimasi total biaya distribusi (Logware, 2023).

Input data yang dibutuhkan titik koordinat depot dan pelanggan, faktor skal, volume pelanggan, kapasitas kendaraan, *fixed cost* dan *variable cost*, dan lain-lainya.

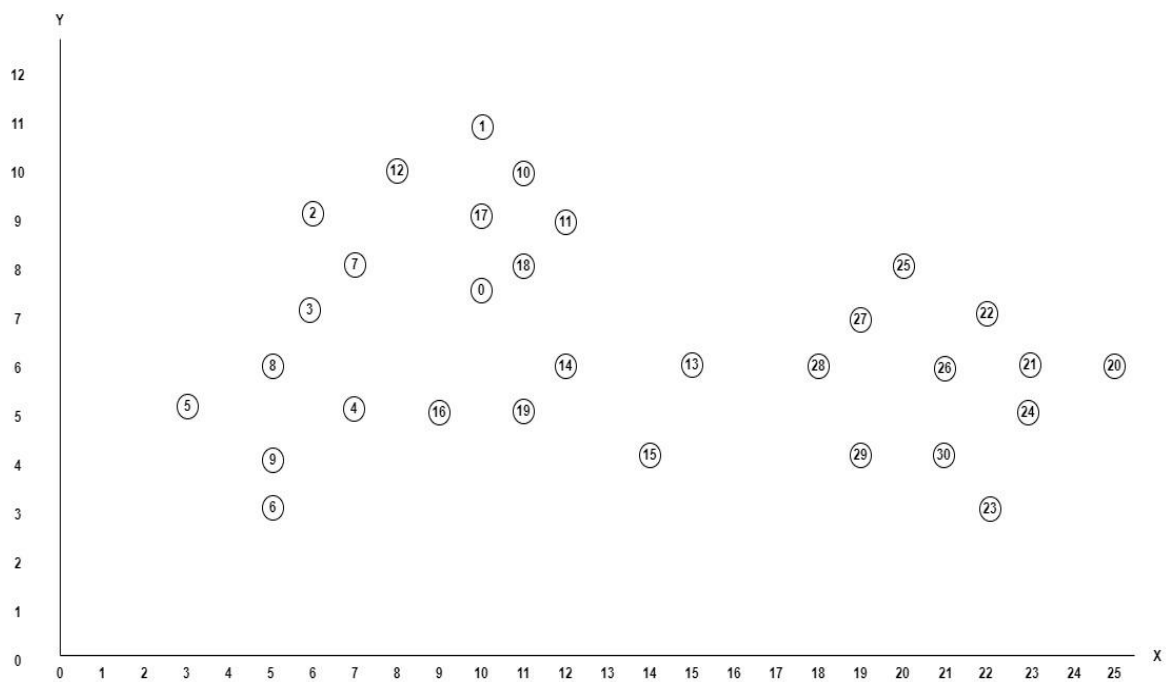
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian yang terdiri dari nama pelanggan, lokasi pelanggan, permintaan harian pelanggan diperoleh dari Supervisor Penjualan. Sedangkan data jumlah dan kapasitas angkut setiap kendaraan, biaya tetap, biaya variabel, dan rute perusahaan saat ini diperoleh dari Supervisor Logistik.

### Peta Pelanggan

Berdasarkan data alamat pelanggan yang diperoleh, maka lokasi pelanggan (node) dapat diidentifikasi dari google map, yang selanjutnya dipetakan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

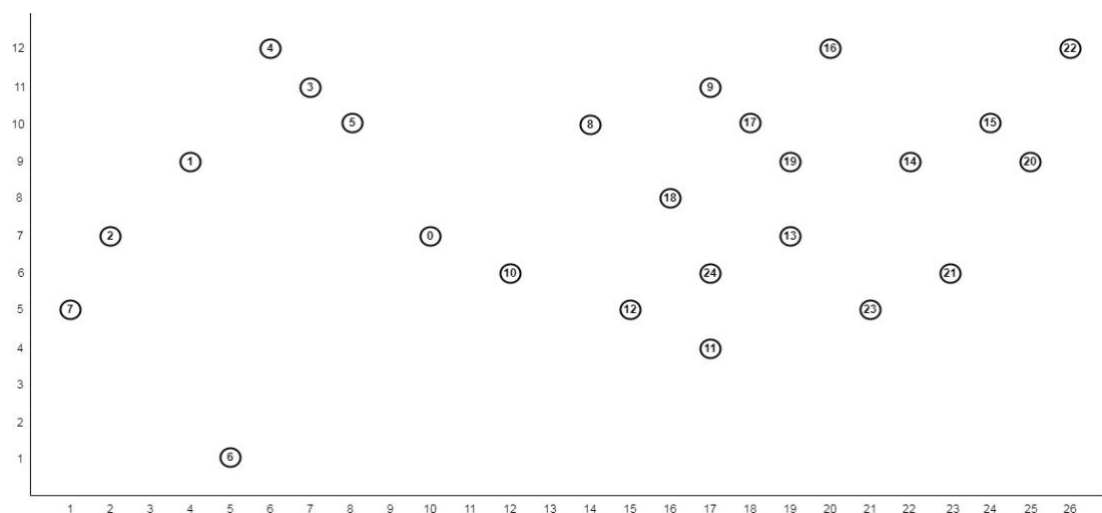
Peta pelanggan es balok yang harus dikunjungi disajikan dengan koordinat sumbu X dan sumbu Y pada Gambar 2 berikut ini:



Sumber: OlahanPeneliti dibantu dengan Google Maps, 2023

**Gambar 3.** Depot/Pabrik (Node 0) dan 30 Node Pelanggan Es Balok

Sedangkan Peta pelanggan es Kristal yang harus dikunjungi disajikan dengan koordinat sumbu X dan sumbu Y pada Gambar 3 berikut ini:



Sumber: Olahan Peneliti dibantu dengan Google Maps, 2023

**Gambar 4.** Depot/Pabrik (Node 0) dan 24 Node Pelanggan Es Kristal

**Notasi dan Permintaan Pelanggan (Distributor)**

Peneliti mengumpulkan data alamat Pelanggan yang akan didistribusikan produk es balok dan es kristal yang berada di wilayah Kota Bandung. Data tersebut meliputi nama, alamat Pelanggan dan jumlah permintaan harian setiap Pelanggan untuk pendistribusian es balok dan es kristal wilayah

Kota Bandung. Dalam hal kepraktisan perhitungan dengan metode *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* pada modul ROUTER di perangkat lunak LOGWARE, maka nama pelanggan diberikan notasi angka. Tabel 1 menjelaskan Nama Pelanggan Es Balok dan Es Kristal serta permintaan untuk setiap pelanggan.

**Tabel 1.** Notasi dan Koordinat Lokasi Pelanggan Es Balok dan Es Kristal serta Permintaan Setiap Pelanggan Per Hari tahun 2023

Nota-si	Nama Pelanggan Es Balok	Permin-taan (kg)	Koor-dinat X	Koor-dinat Y	Nota-si	Nama Pelanggan Es Kristal	Permin-taan (kg)	Koor-dinat X	Koor-dinat Y
<b>Area Barat</b>					<b>Area Barat</b>				
1	CV Sentra Protein	260	10	11	1	Aceng	340	4	9
2	Ujung Rahmat	270	6	9	2	Muslihat	210	2	7
3	Eni	240	6	7	3	Komarudin	260	7	11
4	Dadang	300	7	5	4	Drajat	240	6	12
5	Sunali	280	3	5	5	Asep	220	8	10
6	Sumpena	290	5	3	6	Djoko	240	5	1
7	Dana	220	7	8	7	Joko	340	1	5
8	Popon	340	5	6	<b>Area Tengah</b>				
9	Fudin	310	5	4	8	Jono	210	14	10
<b>Area Tengah</b>					9	Dino	230	17	11
10	Aceng	270	11	10	10	Maulana	260	12	6
11	Udin	290	12	9	11	Alfian	200	17	4
12	Encang	230	8	10	12	Aziz	240	15	5
13	Isro	260	15	6	13	Riko	350	19	7
14	Ukri	220	12	6	14	Han	310	22	9
15	Niwas	250	14	4	<b>Area Timur</b>				
16	Izal	210	9	5	15	Payo	240	24	10
17	Aman	100	10	9	16	Surilem	260	20	12
18	Ujang	240	11	8	17	Udis	330	18	10
19	Hasip	310	11	5	18	Heri	280	16	8
<b>Area Timur</b>					19	Doyok	260	19	9
20	Dede	320	25	6	20	Lolita	240	25	9
21	Wawan	240	23	6	21	Kiki	290	23	6
22	Jalil	270	22	7	22	Syuaib	280	26	12
23	Enok	230	22	3	23	Mahmud	370	21	5
24	CV Windu	250	23	5	24	Suhartono	290	17	6
25	Ade Pasar	310	20	8	Jumlah				
26	Komar	210	21	6	6490				
27	Endang	280	19	7					
28	Warya	260	18	6					
29	Deni	290	19	4					
30	Ibang	220	21	4					
Jumlah		7770							

Sumber: Olahan Peneliti (2023)

### 3.3. Kapasitas Kendaraan

Pendistribusian produk es balok ke setiap pelanggan menggunakan 2 unit mobil jenis Mitsubishi Colt Diesel Engkel FE 71 sedangkan pendistribusian es kristal menggunakan 2 unit mobil Mitsubishi Colt L300. Kapasitas angkut setiap mobil Mitsubishi Colt Diesel Engkel FE 71 yaitu



200 balok atau 4000 kg, sedangkan kapasitas angkut setiap mobil Mitsubishi Colt L300 yaitu 150 kanvil atau 3750 kg.

### Biaya Transportasi

Biaya-biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk mengoperasikan setiap mobil dirinci sebagai berikut:

#### Fixed Cost Pengemudi

Setiap 1 kendaraan membutuhkan 1 pengemudi dan 1 asisten pengemudi. Gaji pengemudi dan asisten pengemudi setiap bulannya termasuk biaya yang harus dikeluarkan secara tetap oleh perusahaan. Biaya gaji pengemudi merupakan *fixed cost* karena biaya tetap yang harus dikeluarkan perusahaan sebesar Rp. 150.000,-/orang/hari dan gaji sisten pengemudi sebesar Rp. 110.000,-/orang/hari. Dengan demikian total *fixed cost* pengemudi menjadi sebesar Rp. 260.000,-/hari. Pengemudi bekerja 1 hari selama 8 jam, sehingga biaya rata-rata *fixed cost* pengemudi per jam sebesar Rp. 3250,-/jam, sementara biaya rata-rata *fixed cost* overtime pengemudi per jam sebesar Rp. 4500,-/jam

#### Fixed cost dan Variable Cost Kendaraan

*Fixed Cost* kendaraan dihitung dari Pajak yang dikeluarkan per tahun, dimana Mitsubishi Colt Diesel Engkel FE 71 produksi tahun 2015 besaran pajak yaitu Rp 2.500.000,-/tahun atau Rp. 7000,-/hari. Sedangkan besaran pajak Mitsubishi Colt L300 yaitu Rp 1.900.000,-/tahun atau Rp. 5500,-/hari.

Data *Variable Cost* kendaraan disajikan pada Tabel 2 berikut ini.

**Tabel 2.** Variabel Cost Kendaraan

No	Variable Cost	Biaya
Mitsubishi Colt Diesel Engkel FE 71		
1	Bahan Bakar	Rp. 644/km
2	Penggantian Oli	Rp. 100/km
3	Service Mobil	Rp. 15.000/km
4	Penggantian sparepart Mobil	Rp. 20.000/km
Total		Rp. 35.744,-/km
Mitsubishi Colt L300		
1	Bahan Bakar	Rp. 515/km
2	Penggantian Oli	Rp. 100/km
3	Service Mobil	Rp. 12.000/km
4	Penggantian sparepart Mobil	Rp. 17.000/km
Total		Rp. 29.615,-/km

Sumber: Olahan Peneliti (2023)

### Permintaan Pelanggan dan Kapasitas Kendaraan

Total permintaan pelanggan per hari untuk es balok adalah sebanyak 7770 kg, sedangkan kapasitas angkut mobil Mitsubishi *Colt Diesel Engkel FE 71* yaitu 200 balok atau 4000 kg. Saat ini perusahaan memiliki 2 mobil Mitsubishi *Colt Diesel Engkel FE 71*, yang beroperasi selama 8 jam sehari. Berdasarkan data yang dikumpulkan peneliti diketahui bahwa rata-rata kecepatan kendaraan adalah 30 km/jam. Waktu tempuh masing-masing kendaraan dengan rute distribusi masing-masing untuk melayani pelanggan adalah 3 jam. Dalam hal ini tidak bisa menggunakan hanya 1 kendaraan

saja karena pelanggan menginginkan es balok harus sampai di pelanggan di bawah pukul 12.00 WIB setiap harinya.

Sementara total permintaan pelanggan per hari untuk es kristal adalah sebanyak 6490 kg, sedangkan kapasitas angkut setiap mobil Mitsubishi Colt L300 yaitu 150 kanvil atau 3750 kg. Saat ini perusahaan memiliki 2 mobil Mitsubishi Colt L300, sehingga total kapasitas angkut sebanyak 7500 kg. Berdasarkan data yang dikumpulkan peneliti diketahui bahwa rata-rata kecepatan kendaraan ini adalah 30 km/jam. Waktu tempuh masing-masing kendaraan dengan rute distribusi masing-masing untuk melayani pelanggan adalah 3 jam. Dalam hal ini tidak bisa menggunakan hanya 1 kendaraan saja karena pelanggan menginginkan es balok harus sampai di pelanggan di bawah pukul 12.00 WIB setiap harinya, dan jam operasi perusahaan adalah mulai pukul 08.00 WIB dan demikian pula jam operasional pelanggan juga mulai pukul 08.00 WIB.

### Penentuan Rute Distribusi

Penentuan rute distribusi terbaik menggunakan metode *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan pengerjaannya menggunakan perangkat lunak LOGWARE pada modul ROUTER.

### Rute Distribusi Es Balok

Data terkait persoalan penentuan Rute terbaik untuk Distribusi Es Balok diinput pada modul ROUTER yang dapat dilihat pada Gambar 5 yaitu input Parameters

Specified speeds	Geographic barriers	Data check
Specified distances	Speed zones	Zone-to-zone speeds
Parameters	Stops	Vehicles
Problem label <input type="text" value="Distribusi Es Balok"/>		
Grid corner with 0,0 coordinates (NW, SW, SE, or NE) <input type="text" value="SW"/>		
<b>DEPOT DATA</b>		
Depot description <input type="text" value="Agronesia"/> Located in zone <input type="text" value="0"/>		
Horizontal coordinate <input type="text" value="10"/> Vertical coordinate <input type="text" value="7"/>		
Earliest starting time (min.) <input type="text" value="0"/> Latest return time (min.) <input type="text" value="9999"/>		
Default vehicle speed (miles per hour) <input type="text" value="30"/> After how many hours will overtime begin <input type="text" value="9999"/>		
<b>GENERAL DATA</b>		
Percent of vehicle in use before allowing pickups <input type="text" value="100"/> Horizontal scaling factor <input type="text" value="1.21"/>		
Maximum TIME allowed on a route (hours) <input type="text" value="9999"/> Vertical scaling factor <input type="text" value="1.21"/>		
Maximum DISTANCE allowed on a route (miles) <input type="text" value="9999"/>		
<b>LOAD/UNLOAD TIME FORMULA</b>		
Fixed time per stop <input type="text" value="0"/> Variable time per stop: By weight <input type="text" value="2"/> By cube <input type="text" value="0"/>		
Duration of 1st break (min.) <input type="text" value="0"/> To begin after <input type="text" value="9999"/>		
Duration of 2nd break (min.) <input type="text" value="0"/> To begin after <input type="text" value="9999"/>		
Duration of 3rd break (min.) <input type="text" value="0"/> To begin after <input type="text" value="9999"/>		
Duration of 4th break (min.) <input type="text" value="0"/> To begin after <input type="text" value="9999"/>		
<input type="button" value="Continue"/>		

Sumber: Olahan Peneliti (2023)

**Gambar 5.** Input Parameter persoalan penentuan rute terbaik untuk Distribusi Es Balok

Selanjutnya input data notasi, permintaan dan koordinat lokasi pelanggan yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Stop no.	Stop description	Stop type	Weight	Cube	X coordinate	Y coordinate	Zone	Load time	TW Begin1
1	A	D	260	0	10	11	0	0	0
2	B	D	270	0	6	9	0	0	0
3	C	D	240	0	6	7	0	0	0
4	D	D	300	0	7	5	0	0	0
5	E	D	280	0	5	5	0	0	0
6	F	D	290	0	5	3	0	0	0
7	G	D	220	0	7	8	0	0	0
8	H	D	340	0	5	6	0	0	0
9	I	D	310	0	5	4	0	0	0
10	J	D	270	0	11	10	0	0	0
11	K	D	290	0	12	9	0	0	0
12	L	D	230	0	8	10	0	0	0
13	M	D	260	0	15	6	0	0	0
14	N	D	220	0	12	6	0	0	0
15	O	D	250	0	14	4	0	0	0
16	P	D	210	0	9	5	0	0	0
17	Q	D	100	0	10	9	0	0	0
18	R	D	240	0	11	8	0	0	0
19	S	D	310	0	11	5	0	0	0
20	T	D	320	0	25	6	0	0	0
21	U	D	240	0	23	6	0	0	0
22	V	D	270	0	22	7	0	0	0
23	W	D	230	0	22	3	0	0	0
24	X	D	250	0	23	5	0	0	0
25	Y	D	310	0	20	8	0	0	0
26	Z	D	210	0	21	6	0	0	0
27	AA	D	280	0	19	7	0	0	0
28	AB	D	260	0	18	6	0	0	0
29	AC	D	290	0	19	4	0	0	0
30	AD	D	220	0	21	4	0	0	0

Sumber: Olahan Peneliti (2023)

**Gambar 6.** Data notasi, permintaan dan koordinat lokasi pelanggan

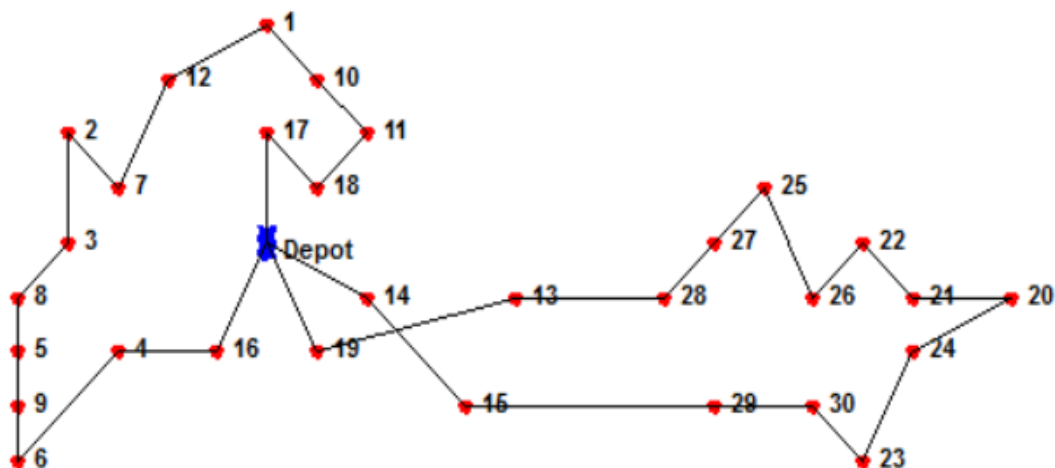
Selanjutnya input data kapasitas kendaraan, *fixed cost* dan *variable cost* yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Veh. type	No.	Cap. in weight	Cap. in cube	Vehicle fixed cost	Vehicle cost per mi.	Driver fixed cost	Driver cost per hr	Over-time cost
1	1	4000	9999	7000	35744	260000	3250	4500
2	2	4000	9999	7000	35744	260000	3250	4500

Sumber: Olahan Peneliti (2023)

**Gambar 7.** Data kapasitas kendaraan, *fixed cost* dan *variable cost*

Selanjutnya klik tombol solve, sehingga diperoleh solusi rute distribusi terbaik yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Sumber: Olahan Peneliti (2023)

**Gambar 8.** Solusi terbaik rute distribusi es balok untuk 30 pelanggan

Selanjutnya untuk menampilkan hasil analisis terhadap rute yang diperoleh klik tombol Report. Hasil penting untuk analisis rute adalah sebagai berikut :

- 1) Solusi Rute-1 distribusi es balok adalah sebagai berikut :
  - a. Rute : Depot - 16 P - 4 D - 6 F - 9 I - 5 E - 8 H - 3 C - 2 B - 7 G - 12 L - 1 A - 10 J - 11 K - 18 R - 17 Q - Depot
  - b. Total es balok yang didistribusikan oleh kendaraan 1 = 3850 kg dengan utilitas 96,3% dari kapasitas angkut 4000 kg.
  - c. Total jarak = 33 km, dengan waktu tempuh = 1,1 jam = 66 menit
  - d. Total Biaya Distribusi = *Fixed cost* pengemudi + *Fixed cost* Kendaraan + Variable cost Kendaraan = Rp. 260.000,-/hari + Rp. 5500,-/hari. + Rp. 35.744,-/km x 33 km = Rp. 1.445.052,-/ hari
- 2) Solusi Rute-2 distribusi es balok adalah sebagai berikut :
  - a. Rute : Depot - 19 S - 13 M - 28 AB - 27 AA - 25 Y - 26Z - 22 V - 21 U - 20 T - 24 X - 23 W - 30 AD - 29 AC - 15 O - 14 N - Depot
  - b. Total es balok yang didistribusikan oleh kendaraan 2 = 3920 kg dengan utilitas 98% dari kapasitas angkut 4000 kg.
  - c. Total jarak = 45 km, dengan waktu tempuh = 1,5 jam = 90 menit
  - d. Total Biaya Distribusi = *Fixed cost* pengemudi + *Fixed cost* Kendaraan + Variable cost Kendaraan = Rp. 260.000,-/hari + Rp. 7000,-/hari. + Rp. 35.744,-/km x 45 km = Rp. 1.875.480,-/ hari
- 3) Total biaya Distribusi es balok Rute 1 dan Rute-2 = Rp. 3.320.532,-/hari

### Rute Distribusi Es Kristal

Data terkait persoalan penentuan Rute terbaik untuk Distribusi Es Kristal diinput pada modul ROUTER yang dapat dilihat pada Gambar 9 yaitu input Parameters.

**Parameters** | Stops | Vehicles

Problem label: Distribusi Es Kristal

Grid corner with 0,0 coordinates (NW, SW, SE, or NE): SW

**DEPOT DATA**

Depot description: Agronesia | Located in zone: 0

Horizontal coordinate: 10 | Vertical coordinate: 7

Earliest starting time (min.): 0 | Latest return time (min.): 9999

Default vehicle speed (miles per hour): 30 | After how many hours will overtime begin: 9999

**GENERAL DATA**

Percent of vehicle in use before allowing pickups: 100 | Horizontal scaling factor: 1.21

Maximum TIME allowed on a route (hours): 9999 | Vertical scaling factor: 1.21

Maximum DISTANCE allowed on a route (miles): 9999

**LOAD/UNLOAD TIME FORMULA**

Fixed time per stop: 0 | Variable time per stop: By weight: 2 | By cube: 0

Duration of 1st break (min.): 0 | To begin after: 9999

Duration of 2nd break (min.): 0 | To begin after: 9999

Duration of 3rd break (min.): 0 | To begin after: 9999

Duration of 4th break (min.): 0 | To begin after: 9999

Continue

Sumber: Olahan Peneliti (2023)

**Gambar 9.** Input Parameter persoalan penentuan rute terbaik untuk Distribusi Es Kristal

Selanjutnya input data notasi, permintaan dan koordinat lokasi pelanggan yang ditunjukkan pada Gambar 10.

Parameters		Stops					Vehicles		
Stop no.	Stop description	Stop type	Weight	Cube	X coordinate	Y coordinate	Zone	Load time	TW Begin1
1	A	D	340	0	4	9	0	0	0
2	B	D	210	0	2	7	0	0	0
3	C	D	260	0	7	11	0	0	0
4	D	D	240	0	6	12	0	0	0
5	E	D	220	0	8	10	0	0	0
6	F	D	240	0	5	1	0	0	0
7	G	D	340	0	1	5	0	0	0
8	H	D	210	0	14	10	0	0	0
9	I	D	230	0	17	11	0	0	0
10	J	D	260	0	12	6	0	0	0
11	K	D	200	0	17	4	0	0	0
12	L	D	240	0	15	5	0	0	0
13	M	D	350	0	19	7	0	0	0
14	N	D	310	0	22	9	0	0	0
15	O	D	240	0	24	10	0	0	0
16	P	D	260	0	20	12	0	0	0
17	Q	D	330	0	18	10	0	0	0
18	R	D	280	0	16	8	0	0	0
19	S	D	260	0	19	9	0	0	0
20	T	D	240	0	25	9	0	0	0
21	U	D	290	0	23	6	0	0	0
22	V	D	280	0	26	12	0	0	0
23	W	D	370	0	21	5	0	0	0
24	X	D	290	0	17	6	0	0	0

Sumber: Olahan Peneliti (2023)

**Gambar 10.** Data notasi, permintaan dan koordinat lokasi pelanggan

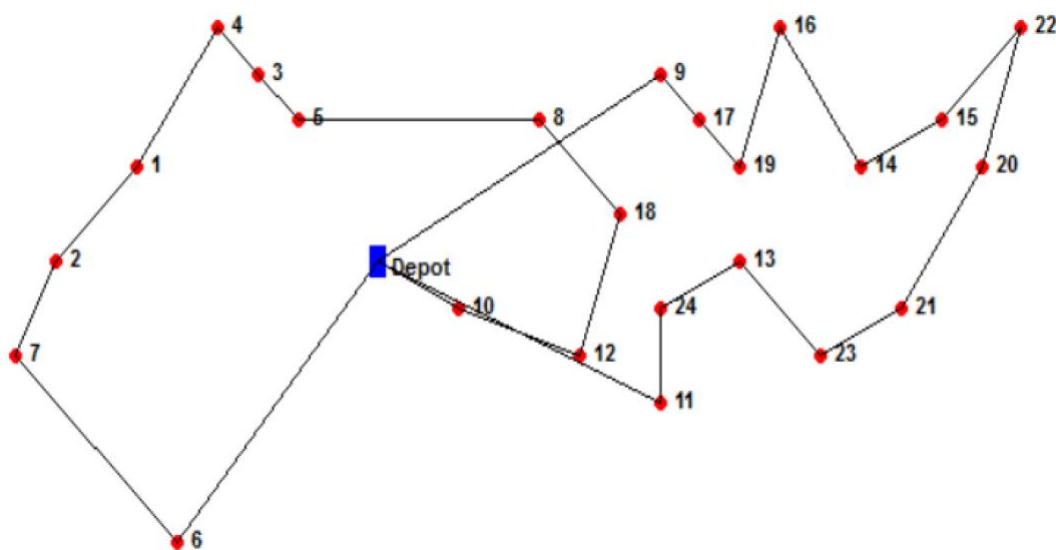
Selanjutnya input data kapasitas kendaraan, *fixed cost* dan *variable cost* yang ditunjukkan pada Gambar 11.

Specified speeds		Geographic barriers			Data check				
Specified distances		Speed zones			Zone-to-zone speeds				
Parameters		Stops			Vehicles				
Vehicle description	Veh. type	No.	Cap. in weight	Cap. in cube	Vehicle fixed cost	Vehicle cost per mi.	Driver fixed cost	Driver cost per hr	Over-time cost
CL300-1	1	1	3750	9999	5500	29615	260000	3250	4500
CL300-2	2	2	3750	9999	5500	29615	260000	3250	4500

Sumber: Olahan Peneliti (2023)

**Gambar 11.** Data kapasitas kendaraan, *fixed cost* dan *variable cost*

Selanjutnya klik tombol solve, sehingga diperoleh solusi rute distribusi terbaik yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Sumber: Olahan Peneliti (2023)

**Gambar 12.** Solusi terbaik rute distribusi es kristal untuk 24 pelanggan

Selanjutnya untuk menampilkan hasil analisis terhadap rute yang diperoleh klik tombol Report. Hasil penting untuk analisis rute adalah sebagai berikut :

- 1) Solusi Rute-1 distribusi es kristal adalah sebagai berikut :
  - a. Rute : Depot – 6 F – 7 G – 2 B – 1 A – 4 D – 3 C – 5 E – 8 H – 18 R – 12 L – 10 J - Depot
  - b. Total es balok yang didistribusikan oleh kendaraan 1 = 2840 kg dengan utilitas 75,7% dari kapasitas angkut 3750 kg.
  - c. Total jarak = 51 km, dengan waktu tempuh = 1,7 jam = 102 menit

- d. Total Biaya Distribusi = *Fixed cost* pengemudi + *Fixed cost* Kendaraan + Variable cost Kendaraan = Rp. 260.000,-/hari + Rp. 7000,-/hari. + Rp. 29.615,-/km x 102 km = Rp. 1.446.552,-/ hari
- 2) Solusi Rute-2 distribusi es kristal adalah sebagai berikut :
- Rute : Depot – 9 I – 17 Q – 19 S – 16 P – 14 N – 15 O – 22 V – 20 T – 21 U – 23 W – 13 M – 24 X – 11 K – Depot.
  - Total es kristal yang didistribusikan oleh kendaraan 1 = 3650 kg dengan utilitas 97,3% dari kapasitas angkut 3750 kg.
  - Total jarak = 56 km, dengan waktu tempuh = 1,9 jam = 114 menit
  - Total Biaya Distribusi = *Fixed cost* pengemudi + *Fixed cost* Kendaraan + Variable cost Kendaraan = Rp. 260.000,-/hari + Rp. 7000,-/hari. + Rp. 29.615,-/km x 56 km = Rp. 1.925.440,-/ hari
- 3) Total biaya Distribusi es kristal Rute 1 dan Rute-2 = Rp. 3.371.992,-/hari

### Analisis dan Pembahasan

- Metode *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan pengerjaannya menggunakan perangkat lunak LOGWARE pada modul ROUTER telah berhasil menetapkan rute terbaik dan sekaligus dapat meminimasi biaya distribusi Es Balok dan Es Kristal. Solusi terbaik ini didasarkan dengan kondisi perusahaan saat ini yang memiliki 2 kendaraan untuk Mitsubishi *Colt Diesel Engkel* FE 71 dan 2 kendaraan untuk *Colt Diesel Engkel* FE 71. Sementara perusahaan tidak memiliki rute distribusi yang pasti, dimana rute ditentukan oleh pengemudi dan berubah-ubah setiap hari tergantung komunikasi pelanggan dengan pengemudi yang minta duluan dilayani.
- Efisiensi biaya distribusi masih dapat dilakukan dengan mengurangi 1 kendaraan Mitsubishi *Colt Diesel Engkel* FE 71 dan 1 kendaraan *Colt Diesel Engkel* FE 71, dengan alasan :
  - Pada distribusi es balok, waktu yang dibutuhkan untuk rute 1 adalah 66 menit dan rute 2 adalah 90 menit atau total waktu adalah 156 menit = 2,6 jam. Dengan demikian cukup hanya 1 kendaraan yang melayani 30 pelanggan dengan rute 1 mulai dari pukul 08.00 – 09.06 WIB, dilanjutkan melayani rute 2 mulai pukul 09.06 – 10.36 WIB. Tenggat waktu melayani pelanggan adalah sampai pukul 12.00 WIB, sehingga ada allowance waktu 1 jam 24 menit maka dengan 1 kendaraan saja sudah cukup untuk melayani rute 1 dan rute 2.
  - Pada distribusi es kristal, waktu yang dibutuhkan untuk rute 1 adalah 102 menit dan rute 2 adalah 114 menit atau total waktu adalah 216 menit = 3,6 jam. Dengan demikian cukup hanya 1 kendaraan yang melayani 24 pelanggan dengan rute 1 mulai dari pukul 08.00 – 9.42 WIB, dilanjutkan melayani rute 2 mulai pukul 09.42– 11.36 WIB. Dengan allowance waktu 24 menit maka paling lama pukul 12.00 WIB semua pelanggan dapat dilayani dengan 1 kendaraan saja.
  - Biaya Distribusi Es Balok Rute 1 dan Rute 2 = *Fixed cost* pengemudi + *Fixed cost* Kendaraan + Variable cost Kendaraan = Rp. 260.000,-/hari + Rp. 5500,-/hari. + (Rp. 35.744,-/km x 33 km) + (Rp. 35.744,-/km x 45 km) = Rp. 3.053.532,-/ hari. Dengan demikian terdapat efisiensi sebesar = Rp. 3.320.532,-/hari - Rp. 3.053.532,-/ hari = Rp. 267.000,-/hari = 8,04%/hari
  - Biaya Distribusi Es Kristal Rute 1 dan Rute 2 = *Fixed cost* pengemudi + *Fixed cost* Kendaraan + Variable cost Kendaraan = Rp. 260.000,-/hari + Rp. 7000,-/hari. + (Rp. 29.615,-/km x 102 km) + (Rp. 29.615,-/km x 56 km) = Rp. 3.104.992,-/ hari. Dengan demikian terdapat efisiensi sebesar = Rp. 3.371.992,-/hari - Rp. 3.104.992,-/ hari = Rp. 267.000,-/hari = 7,92%/hari
- Kendaraan yang tidak dipergunakan dapat disewakan atau dijual sehingga mengurangi *beban fixed cost* dan *variable cost*.

### KESIMPULAN DAN SARAN



Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Solusi Distribusi Es Balok dan Es Kristal dengan menggunakan Metode *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan bantuan perangkat lunak LOGWARE telah berhasil menetapkan rute terbaik dan sekaligus dapat meminimasi biaya distribusi. Hal ini dibandingkan rute distribusi perusahaan yang berubah-ubah setiap hari tergantung komunikasi pelanggan dengan pengemudi yang minta dilayani terlebih dahulu.
2. Efisiensi biaya distribusi masih dapat dilakukan dengan mengurangi 1 kendaraan Mitsubishi *Colt Diesel Engkel* FE 71, sehingga terdapat efisiensi sebesar = Rp. 267.000,-/hari = 8,04%/hari. Sedangkan dengan dikurangnya 1 kendaraan *Colt Diesel Engkel* FE 71, dapat diperoleh efisiensi sebesar = Rp. 267.000,-/hari = 7,92%/hari. Sedangkan kendaraan yang tidak dipergunakan dapat disewakan atau dijual sehingga mengurangi *beban fixed cost* dan *variable cost*.

Saran pengembangan lebih lanjut untuk penelitian ini yaitu memasukkan variabel *time window* karena pelanggan menetapkan batas waktu maksimal untuk delivery produk dan juga produk yang dikirim termasuk dalam kategori *perishable goods* yang harus segera mungkin sampai ke pelanggan.

#### 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.
- Logware. 2023. Selected Computer Programs For Logistical Planning. Version 4.0, Ronald H. Ballou, Weatherhead School of Management Case Western Reserve University.
- 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. (2018). Penentuan Rute Pengiriman Dan Biaya Transportasi Dengan Menggunakan Metode Clark And Wright Saving Heuristic (Studi Kasus Di Pt Teh Botol Sosro Bandung). *Jurnal Logistik Bisnis Politeknik Pos Indonesia*, 1(2), 97–117.
- \_\_\_\_\_ (2017). Analisis Rute Distribusi Dengan Metode Capacity Vehicle Routing Problem (CVRP) pada Produk Coca Cola di Pusat Distribusi Bandung. *Jurnal Competitive Politeknik Pos Indonesia*, Volume 12, Nomor 2, ISSN : 0216-2539, pp. 1-15.
- Toth, P., & Vigo, D. (2014). *Vehicle Routing Problem, Methods, and Applications*. Second edition, ed., Philadelphia; SIAM.