

Penentuan Rute Dan Jadwal Pengiriman Galon Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Dengan Menggunakan *Metode Clark And Wright Saving Heuristic*

Wahyudi Sutopo*, Yuniaristanto*, Srihono
Studio Manajemen Logistik dan Bisnis, Jurusan Teknik Industri – UNS

Abstract

PT. Tirta Alam Tunggong is a company that implement direct shipping system for delivering their products to customers. The company delivers their product to customers in seven area. There are Sragen, Karanganyar, Surakarta, Sukoharjo, Klaten and Yogyakarta. The problem solving divided into some steps. The first step is identifying time matrix and saving matrix from each pair of customer. The second step is arranging routes with Clark and Wright Saving Heuristic. Sweep and 2-OPT, 3-OPT methods are use to sequence vehicles trip within route. The third step is to calculate the delivery cost. The delivery cost of the two suggested routes being compared. Suggested route with lower delivery cost is analyze further and use to arrange delivery schedule. The last step is analyzing the suggested route and delivery schedule. Suggested route with 2-OPT, 3-OPT method results lower delivery cost than suggested route with sweep method. Beside that, the arrangement of this suggested route already considers vehicles capacity and work time in the factory..

Keywords : Routing arrangement, Clark and Wright Saving Heuristic, Sweep, 2-OPT, 3-OPT, delivery scheduling.

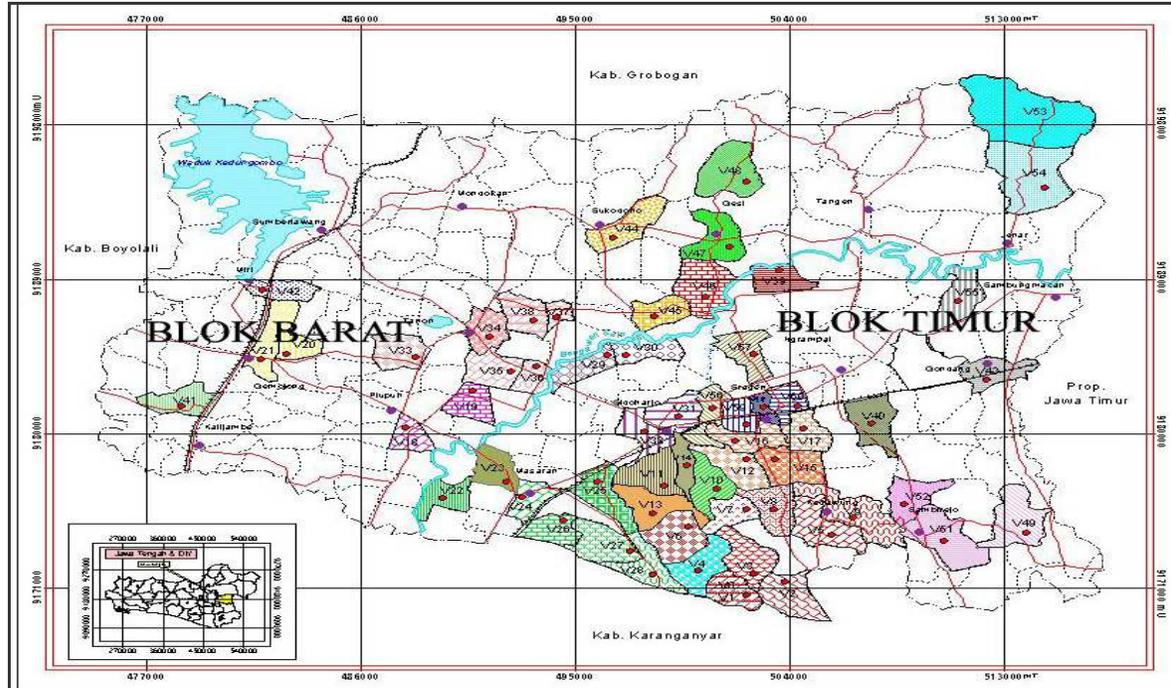
1. Pendahuluan

Air minum dalam kemasan **PT Tirta Alam Tunggong**¹ merupakan salah satu perusahaan AMDK (Air Minum Dalam Kemasan) yang berlokasi di desa Tunggong Karang Pelem, Kedawung, Sragen. Perusahaan ini memproduksi dua jenis produk, yaitu AMDK jenis cup 250 ml dan AMDK jenis galon ukuran 19 lt. Namun perusahaan lebih memfokuskan produksinya pada jenis galon dikarenakan permintaan akan produk tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan permintaan produk cup 250 ml. Sampai tahun 2007, cakupan wilayah konsumen yang dilayani PT. Tirta Alam Tunggong meliputi **Kabupaten Sragen, Kabupaten Karanganyar, Kodya Surakarta, Kabupaten Sukoharjo, Kabupaten Klaten serta D.I. Yogyakarta**. Permintaan konsumen yang terbesar berasal dari Wilayah Kabupaten Sragen sehingga pada wilayah ini sistem pengiriman langsung dikelola oleh bagian logistik perusahaan. Daerah distribusi dibagi menjadi blok barat dan blok timur yang masing-masing selanjutnya akan ditangani oleh seorang *salesman* yang juga merangkap sebagai sopir armada transportasi. Pembagian daerah distribusi tersebut dijelaskan pada gambar 1.

* Correspondence : E-mail : utan@uns.ac.id

* Correspondence : E-mail : sutopo@uns.ac.id

¹ PT TIRTA ALAM TUNGGONG dijadikan sebagai studi kasus dalam untuk menentukan mekanisme dan merancang (*design*) rute dan jadwal dalam pengiriman produk air minum kemasan galon ukuran 19 lt



Gambar 1. Pembagian wilayah pelayanan sales di kabupaten Sragen

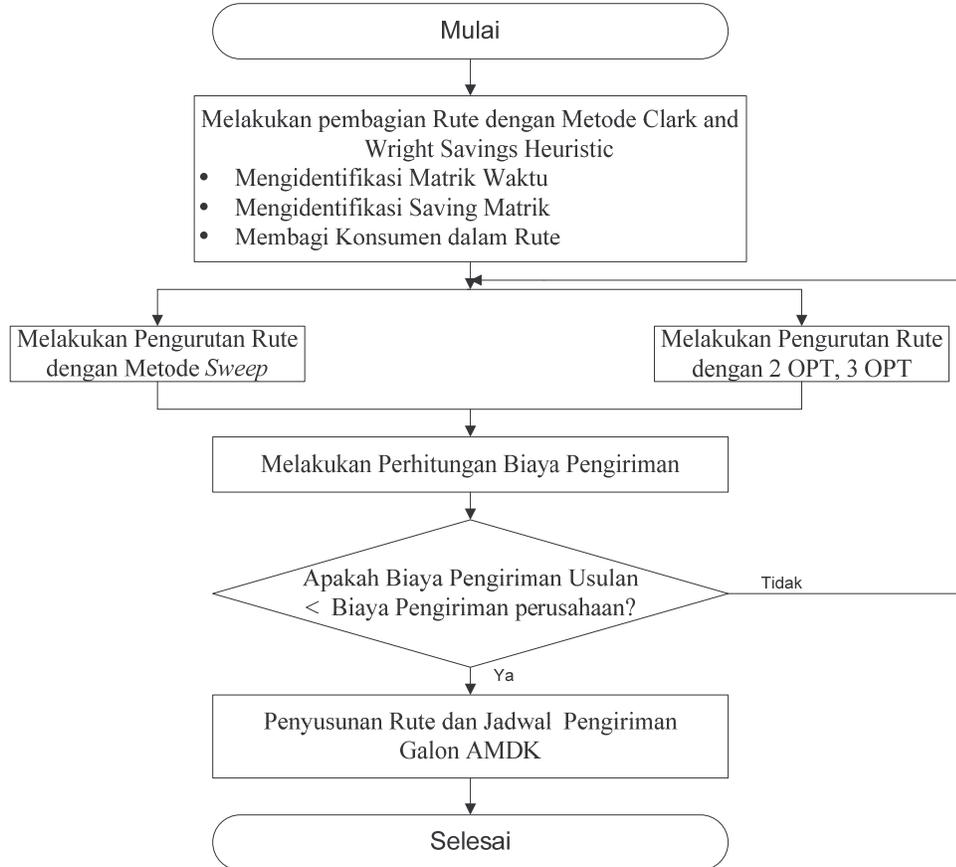
Wilayah distribusi blok barat meliputi Kecamatan Masaran, Kecamatan Plupuh, Kecamatan Gemolong, Kecamatan Kalijambe, Kecamatan Miri, Kecamatan Sumberlawang, Kecamatan Sidoarjo, dan Kecamatan Tanon. Sedangkan blok Timur meliputi Kecamatan Kedawung, Kecamatan Sambirejo, Kecamatan Gondang, Kecamatan Sambungmacan, Kecamatan Ngrampal, Kecamatan Karangmalang, Kecamatan Sragen, Kecamatan Sukodono, Kecamatan Gesi, Kecamatan Tangen dan Kecamatan Jenar. Pengiriman yang dilakukan untuk setiap blok menggunakan armada pengiriman yang berbeda. Pengiriman produk di wilayah barat menggunakan armada pengiriman sebuah *pick up* dengan kapasitas 60 galon sedangkan wilayah pengiriman untuk blok timur menggunakan armada sebuah *truck* dengan kapasitas 105 galon.

Tenaga *salesman* belum mempunyai pembagian jadwal yang pasti untuk pengiriman produk. Selama ini *salesman* melakukan pengiriman berdasarkan kedekatan daerah yang akan dilalui tanpa mempertimbangkan permintaan kosumen di masa lalu. Jadwal pengiriman dan rute yang tidak ditentukan dengan pasti akan berakibat tidak terarahnya perjalanan *salesman*. Waktu tempuh kendaraan juga tidak dapat diketahui dengan pasti sehingga alokasi waktu pengiriman untuk setiap hari kerja tidak dapat optimal sehingga estimasi biaya transportasi juga tidak dapat ditentukan. Disamping itu selama ini perusahaan memberlakukan sistem klaim untuk biaya bahan bakar yang dikeluarkan oleh setiap armada pengiriman. Jadi dengan jarak tempuh yang besar, biaya bahan bakar yang dikeluarkan perusahaan akan semakin besar pula sementara perusahaan belum mempunyai standar biaya transportasi. Berdasarkan penggambaran tersebut maka dipandang perlu untuk menyusun rute dan jadwal pengiriman produk dengan mempertimbangkan waktu tempuh dan kapasitas kendaraan. Dengan adanya rute perjalanan diharapkan perjalanan armada transportasi menjadi terarah sehingga waktu tempuh armada dapat berkurang yang diharapkan dapat meminimalkan biaya pengiriman.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka **tujuan dari penelitian ini adalah** untuk menentukan mekanisme penyusunan rute dan jadwal pengiriman produk air minum kemasan galon ukuran 19 lt di PT. Tirta Alam Tunggon dengan menggunakan metode *clark and wright saving heuristic* dan memberikan rancangan (*design*) rute dan jadwal dalam pengiriman produk air minum kemasan galon ukuran 19 lt di PT. Tirta Alam Tunggon sebagai acuan *salesman* melakukan pengiriman sehingga diperoleh biaya pengiriman yang minimal.

2. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah (gambar 2) :



Gambar 2. Metodologi Penelitian

2.1 Menyusun rute kendaraan dengan metode Clark and Wright Saving Heuristic

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penentuan rute dengan menggunakan metode ini yaitu sebagai berikut:

1) Mengidentifikasi matrik waktu

Matrik waktu mengidentifikasikan waktu tempuh kendaraan dari pabrik ke konsumen dan dari konsumen yang satu ke konsumen yang lain.

2) Mengidentifikasi saving matrik

Saving matrik merepresentasikan pengeluaran yang akan ditimbulkan ketika konsumen ditambahkan dalam sebuah armada transportasi. Sebuah perjalanan diidentifikasi sebagai tahapan kunjungan kendaraan.

$$S(x,y) = \text{Waktu tempuh}(pabrik,x) + \text{Waktu tempuh}(pabrik,y) - \text{Waktu tempuh}(x,y)$$

3) Membagi konsumen dalam rute

Pada tahapan ini dilakukan pembagian konsumen ke dalam rute suatu kendaraan dengan mempertimbangkan permintaan konsumen dan kapasitas kendaraan yang digunakan. Sebuah rute dikatakan *feasible* jika pengiriman total dalam rute tersebut tidak melebihi kapasitas kendaraan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam membagi konsumen dalam rute yaitu:

- a. Menentukan jenis kendaraan yang akan melayani konsumen.
- b. Melakukan pembagian konsumen untuk setiap armada transportasi.
- c. Prosedur ini dilakukan berulang hingga semua konsumen telah teralokasi dalam rute yang ada.

2.2 Melakukan pengurutan rute

Tujuan tahap ini yaitu melakukan urutan kunjungan kendaraan pada setiap rute sehingga waktu yang ditempuh kendaraan dapat diminimalkan. Prosedur yang digunakan dalam melakukan pengurutan kunjungan yaitu dengan metode *Sweep* dan 2-OPT, 3-OPT.

2.3 Melakukan perhitungan biaya pengiriman

Setelah rute usulan diperoleh, maka langkah selanjutnya yaitu menghitung biaya pengiriman yang dikeluarkan oleh perusahaan. Pada perhitungan biaya pengiriman, akan dihitung beberapa komponen biaya pengiriman. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan biaya pengiriman yaitu (Chopra, 413):

$$\text{Total biaya pengiriman} = \text{Bahan bakar truck} + \text{bahan bakar pickup} + \text{biaya depresiasi truck} + \text{biaya depresiasi pick up} + \text{gaji sales, kernet} + \text{pajak truck} + \text{pajak pick up} + \text{biaya perawatan kendaraan}$$

2.4 Menentukan layak tidaknya rute usulan

Setelah ditentukan biaya pengiriman rute usulan kemudian dibandingkan dengan biaya pengiriman rute perusahaan. Persamaannya adalah:

$$\text{Selisih rute usulan dan rute perusahaan} = \text{Biaya pengiriman rute usulan} - \text{biaya pengiriman rute perusahaan.}$$

Jika ternyata rute yang ditentukan layak, maka kemudian dapat berlanjut ke proses berikutnya.

2.5 Menyusun Rute dan Jadwal pengiriman

Jadwal pengiriman ditentukan berdasarkan waktu yang diperlukan oleh setiap kendaraan dalam suatu rute yang disesuaikan dengan jumlah jam kerja perusahaan

3. Pengumpulan dan Pengolahan Data

3.1. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi data konsumen yang dilayani, data waktu tempuh kendaraan dan komponen biaya pengiriman. Konsumen perusahaan di daerah kabupaten Sragen berjumlah 60 konsumen yang tersebar dalam 17 kecamatan. Kode konsumen dilambangkan dengan huruf V ($V_0 - V_{60}$) dengan tujuan untuk mempermudah perhitungan. Permintaan setiap konsumen ($V_0 - V_{60}$) untuk setiap pengiriman berbeda-beda. Permintaan konsumen untuk setiap pengiriman selama kurun waktu tiga bulan (bulan September sampai dengan November) secara terperinci terlihat pada lampiran satu. Frekuensi kunjungan untuk setiap konsumen ($V_0 - V_{60}$) berbeda-beda. Frekuensi kunjungan untuk setiap konsumen selama kurun waktu tiga bulan (bulan September sampai dengan November) secara terperinci terlihat pada lampiran satu.

Nama konsumen, rata-rata permintaan konsumen, dan frekuensi kunjungan dalam kurun waktu tiga bulan dapat dijelaskan pada tabel 1.

Tabel 1. Daftar nama konsumen dan Rata-Rata Permintaan Konsumen per Kunjungan

Kode	Keterangan	Permintaan (galon)	Frek. kunj. (kali)	Kode	Keterangan	Permintaan (galon)	Frek. kunj. (kali)	Kode	Keterangan	Permintaan (galon)	Frek. kunj. (kali)
V ₁	Karangpelem	16	5	V ₂₁	Gemolong	23	3	V ₄₁	Saren	15	1
V ₂	Mojodoyong	3	6	V ₂₂	Kliwonan	8	1	V ₄₂	Miri	16	1
V ₃	Jengkrik	6	6	V ₂₃	Pringanom	1	2	V ₄₃	Gondang	41	1
V ₄	Celep	6	4	V ₂₄	Masaran	8	5	V ₄₄	Sukodono	7	2
V ₅	Kedawung	5	6	V ₂₅	Gebang	2	5	V ₄₅	Jatitengah	31	2
V ₆	Pengkok	20	3	V ₂₆	Krebet	3	5	V ₄₆	Tanggan	13	1
V ₇	Wonorejo	13	3	V ₂₇	Sepat	16	4	V ₄₇	Gesi	26	1
V ₈	Wonokerso	18	2	V ₂₈	Jirapan	17	5	V ₄₈	Slendro	7	1
V ₉	Bendungan	5	2	V ₂₉	Tenggak	16	3	V ₄₉	Sambi	5	1
V ₁₀	Plosokerep	20	3	V ₃₀	Sribit	5	1	V ₅₀	Bayanan	7	1
V ₁₁	Jurangjero	25	4	V ₃₁	Sidoharjo	5	5	V ₅₁	Sambirejo	9	1
V ₁₂	Guworejo	6	2	V ₃₂	Jetak	8	5	V ₅₂	Blimbing	9	1
V ₁₃	Kedungwaduk	14	2	V ₃₃	Karangasem	3	2	V ₅₃	Banyuurip	16	1
V ₁₄	Saradan	14	8	V ₃₄	Gabugan	7	2	V ₅₄	Jenar	5	1
V ₁₅	Puro	6	4	V ₃₅	Jono	7	2	V ₅₅	Bedoro	17	2
V ₁₆	Kroyo	6	4	V ₃₆	Gawan	9	2	V ₅₆	Sine	2	1
V ₁₇	Plumbungan	5	1	V ₃₇	Sewatu	5	2	V ₅₇	Tangkil	11	4
V ₁₈	Plupuh	34	3	V ₃₈	Tanon	6	2	V ₅₈	Sragen Tengah	17	10
V ₁₉	Sawahan	8	2	V ₃₉	Karangudi	9	1	V ₅₉	Sragen Kulon	15	5
V ₂₀	Genengduwur	5	2	V ₄₀	Ngarum	14	1	V ₆₀	Sragen Wetan	20	10

Sumber : data mentah diolah (bulan September sampai dengan November 200x)

Data mengenai biaya pengiriman yang diketahui dari perusahaan dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Data biaya pengiriman

No.	Biaya	Keterangan
1	Bahan bakar Truck	Rp.300.000 perminggu
2	Bahan bakar pickup	Rp.200.000 perminggu
3	Harga Beli Truck tahun 2000	Rp.125.000.000
4	Harga Beli Pickup tahun 2004	Rp.95.000.000
5	Gaji karyawan perbulan - gaji sales - gaji kernet	Rp.1.000.000 perbulan Rp.500.000 perbulan
6	Pajak Truk pertahun	Rp.800.000 pertahun
7	Pajak pickup pertahun	Rp.600.000 pertahun
8	Biaya perawatan perbulan	Rp.400.000 perbulan

3.2. Pengolahan Data

Dalam pengolahan data ada beberapa tahap yang harus dilalui yaitu menentukan wilayah-wilayah pengiriman, kemudian menyusun rute usulan menggunakan *Clark and Wright Saving Heuristic* dan biaya pengiriman, menentukan apakah rute usulan layak atau tidak dengan melihat biaya pengiriman dan akhirnya menyusun jadwal pengiriman. Tahap-tahap pengolahan data secara terperinci dijabarkan sebagai berikut :

3.2.1 Penyusunan rute pengiriman dengan Clark and Wright Saving Heuristic

1) Mengidentifikasi Matrik Waktu

Tabel 3. Matrik waktu tempuh untuk V_0-V_4 (jam)

	V 0	V 1	V 2	V 3	V 4
V 0	0				
V 1	0,033	0			
V 2	0,050	0,025	0		
V 3	0,083	0,067	0,050	0	
V 4	0,067	0,050	0,075	0,067	0

Matrik waktu mengidentifikasi waktu tempuh antara konsumen dengan pabrik dan antara konsumen yang satu dengan yang lain. Waktu tempuh tersebut secara tidak langsung akan merepresentasikan jarak yang akan ditempuh kendaraan yang secara tidak langsung akan merepresentasikan biaya yang dikeluarkan.

2) Mengidentifikasi *saving matrik*

Saving matrik merepresentasikan pengeluaran yang akan ditimbulkan ketika konsumen ditambahkan dalam sebuah armada transportasi. Sebuah perjalanan diidentifikasi sebagai tahapan kunjungan kendaraan. Contoh perhitungan saving matrik yaitu:

- V_1 dan V_2

$$\begin{aligned}
 S(x, y) &= \text{Waktu tempuh (Pabrik, } x) + \text{Waktu tempuh (Pabrik, } y) - \text{Waktu tempuh}(x, y) \\
 &= \text{Waktu tempuh (Pabrik, } V_1) + \text{Waktu tempuh (Pabrik, } V_2) - \text{Waktu tempuh}(V_1, V_2) \\
 &= 0,033 + 0,050 - 0,025 \\
 &= 0,058 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

3) Membagi konsumen dalam rute,

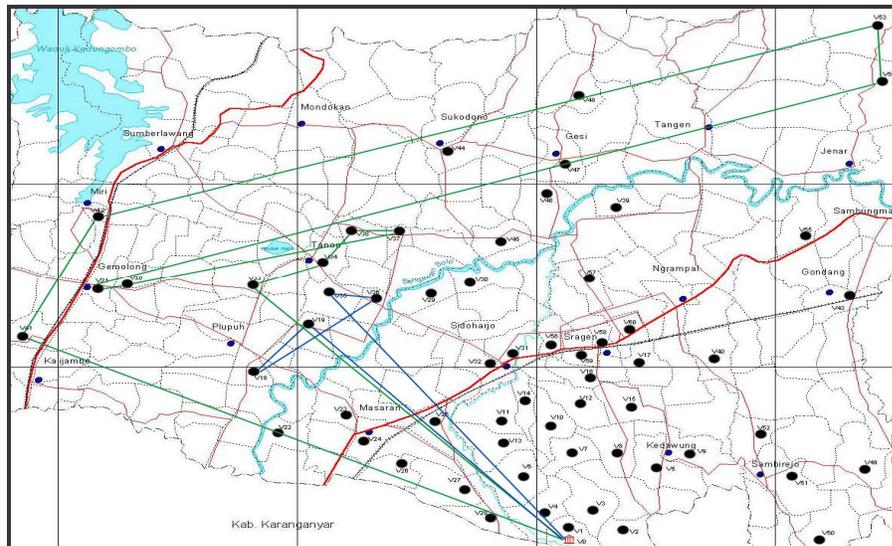
Prosedur yang digunakan dalam penentuan konsumen dalam sebuah rute yaitu dengan pembagian konsumen berdasarkan nilai *saving* yang terbesar. Nilai *saving* yang ditimbulkan dari setiap pasang konsumen diurutkan dan kemudian pasangan konsumen tersebut dialokasikan secara berurutan dimulai dengan pengalokasian konsumen ke dalam kendaraan *truck*. Berdasarkan pengurutan nilai *saving* diperoleh urutan pasangan konsumen dari sepuluh nilai *saving* terbesar seperti terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Urutan nilai *saving* untuk pasangan konsumen

No.	Pasangan konsumen	Nilai <i>saving</i>
1	V_{41} dan V_{42}	4,33
2	V_{53} dan V_{54}	4,05
3	V_{21} dan V_{42}	4,00
4	V_{20} dan V_{21}	3,97
5	V_{37} dan V_{38}	3,67
6	V_{21} dan V_{33}	3,67
7	V_{34} dan V_{35}	3,58
8	V_{35} dan V_{36}	3,47
9	V_{18} dan V_{41}	3,47
10	V_{19} dan V_{41}	3,42

Sumber : Pengolahan Saving Matriks , sepuluh urutan nilai *saving* tertinggi.

Berdasarkan urutan nilai *saving* diperoleh hasil pengelompokan konsumen untuk rute pertama dengan armada truk yaitu $V_{41}, V_{42}, V_{53}, V_{54}, V_{21}, V_{20}, V_{37}, V_{38}, V_{34}, V_{33}$ dengan total pengiriman 99 galon. Sedangkan untuk armada *pick up* yaitu $V_{35}, V_{36}, V_{18}, V_{19}$, dengan total pengiriman 58 galon. Pembagian konsumen untuk rute pertama bagi armada truk dan *pick up* seperti terlihat pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Pembagian konsumen untuk rute pertama

3.2.2. Melakukan pengurutan kunjungan konsumen dalam setiap rute

Penentuan urutan kunjungan konsumen untuk setiap kelompok rute dilakukan dengan metode *Sweep* dan 2 OPT, 3 OPT. Secara terperinci pengurutan kunjungan konsumen menggunakan kedua metode tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

1) Pengurutan kunjungan konsumen dengan metode *sweep*,

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan pengurutan kunjungan konsumen yaitu sebagai berikut:

- i. Tetapkan pabrik (V_0) sebagai titik pusat perputaran pengurutan.
- ii. Tetapkan armada truk dengan kapasitas 105 galon sebagai armada pertama yang akan digunakan sebagai armada pengiriman galon ke konsumen.
- iii. Lakukan *sweeping* dengan menarik garis berlawanan arah jarum jam dimulai dari titik pusat perputaran yaitu V_0 berdasarkan hasil penentuan rute menggunakan urutan nilai *saving* matrik. Pengurutan kunjungan dimulai dengan mengalokasikan konsumen ke dalam armada truk. Pengalokasian konsumen disesuaikan dengan kapasitas dan jam kerja perusahaan. Pasangan konsumen yang tidak teralokasikan ke dalam armada truk akan dialokasikan ke dalam urutan armada berikutnya.
- iv. Pengurutan konsumen dilakukan dengan menyesuaikan waktu total pengiriman dengan jam kerja perusahaan. Sebagai contoh untuk truk rute 1 diperoleh urutan perjalanan $V_0 \rightarrow V_4 \rightarrow V_{42} \rightarrow V_{21} \rightarrow V_{20} \rightarrow V_{33} \rightarrow V_{34} \rightarrow V_0$ dengan total waktu tempuh kendaraan sebesar 5,45 jam dan total pengiriman 67 galon dengan waktu loading 1,12 jam, sehingga waktu total pengiriman yaitu sebesar 6,57 jam.
- v. Prosedur yang sama dilakukan pada penentuan urutan kunjungan konsumen dengan menggunakan armada *pick up*. Sebagai contoh untuk armada *pick up* rute pertama diperoleh urutan perjalanan $V_0 \rightarrow V_{19} \rightarrow V_{36} \rightarrow V_{38} \rightarrow V_{37} \rightarrow V_{48} \rightarrow V_{54} \rightarrow V_0$ dengan total

waktu tempuh kendaraan sebesar 6,05 jam dan total pengiriman 40 galon dengan waktu loading 0,67 jam, sehingga waktu total pengiriman yaitu sebesar 6,72 jam.

vi. Hasil *Sweeping* untuk pembagian konsumen kesatu untuk armada pengiriman

Tabel 5. Konsumen yang dilayani, waktu tempuh, loading-unloading, waktu pengiriman dan jarak pengiriman dalam setiap rute dengan *sweep*

Rute ke-	Armada	Konsumen yang dilayani	Total Pengiriman (galon)	Waktu tempuh kendaraan (Jam)	Waktu loding dan unloading (Jam)	Waktu Total Pengiriman (Jam)	Jarak Tempuh Kendaraan (Km)
1	Truk	$V_0 \rightarrow V_{41} \rightarrow V_{42} \rightarrow V_{21} \rightarrow V_{20} \rightarrow V_{33} \rightarrow V_{34} \rightarrow V_0$	67	5,45	1,12	6,57	163,5
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{19} \rightarrow V_{36} \rightarrow V_{37} \rightarrow V_{48} \rightarrow V_{54} \rightarrow V_0$	40	6,05	0,67	6,71	181,5
2	Truk	$V_0 \rightarrow V_{18} \rightarrow V_{21} \rightarrow V_{20} \rightarrow V_{33} \rightarrow V_{34} \rightarrow V_{35} \rightarrow V_{36} \rightarrow V_{38} \rightarrow V_{37} \rightarrow V_0$	99	5,22	1,65	6,87	156,5
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{19} \rightarrow V_{47} \rightarrow V_{53} \rightarrow V_0$	50	6,17	0,83	7,00	185
3	Truk	$V_0 \rightarrow V_{18} \rightarrow V_{21} \rightarrow V_{30} \rightarrow V_{46} \rightarrow V_0$	75	5,53	1,25	6,78	166
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{32} \rightarrow V_{31} \rightarrow V_{44} \rightarrow V_{45} \rightarrow V_{48} \rightarrow V_0$	58	4,53	0,97	5,50	136
4	Truk	$V_0 \rightarrow V_{23} \rightarrow V_{22} \rightarrow V_{18} \rightarrow V_{29} \rightarrow V_{32} \rightarrow V_{31} \rightarrow V_{44} \rightarrow V_{39} \rightarrow V_{35} \rightarrow V_0$	105	5,15	1,75	6,90	154,5
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{26} \rightarrow V_{24} \rightarrow V_{43} \rightarrow V_9 \rightarrow V_0$	57	3,07	0,95	4,01	92
5	Truk	$V_0 \rightarrow V_{26} \rightarrow V_{25} \rightarrow V_{24} \rightarrow V_{23} \rightarrow V_{29} \rightarrow V_{32} \rightarrow V_{31} \rightarrow V_{45} \rightarrow V_{55} \rightarrow V_{57} \rightarrow V_{56} \rightarrow V_0$	105	4,47	1,75	6,21	134
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{28} \rightarrow V_{59} \rightarrow V_{40} \rightarrow V_{49} \rightarrow V_{50} \rightarrow V_0$	56	2,71	0,93	3,64	81,5
6	Truk	$V_0 \rightarrow V_{28} \rightarrow V_{27} \rightarrow V_{26} \rightarrow V_{25} \rightarrow V_{24} \rightarrow V_{29} \rightarrow V_{32} \rightarrow V_{31} \rightarrow V_{57} \rightarrow V_{59} \rightarrow V_0$	101	2,48	1,68	4,16	74,5
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{16} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_{17} \rightarrow V_{15} \rightarrow V_{52} \rightarrow V_{51} \rightarrow V_9 \rightarrow V_0$	60	1,80	1,00	2,80	54
7	Truk	$V_0 \rightarrow V_{28} \rightarrow V_{27} \rightarrow V_{26} \rightarrow V_{25} \rightarrow V_{24} \rightarrow V_{32} \rightarrow V_{31} \rightarrow V_{57} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_{59} \rightarrow V_0$	105	2,40	1,75	4,15	72
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_6 \rightarrow V_{12} \rightarrow V_{16} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{15} \rightarrow V_5 \rightarrow V_0$	60	1,22	1,00	2,22	36,5
8	Truk	$V_0 \rightarrow V_{28} \rightarrow V_{27} \rightarrow V_{26} \rightarrow V_{25} \rightarrow V_{24} \rightarrow V_{59} \rightarrow V_{57} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_{16} \rightarrow V_0$	98	2,40	1,63	4,03	72
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_6 \rightarrow V_7 \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{15} \rightarrow V_0$	56	1,43	0,93	2,36	43
9	Truk	$V_0 \rightarrow V_{28} \rightarrow V_{27} \rightarrow V_{16} \rightarrow V_{59} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_{15} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_0$	103	1,85	1,72	3,57	55,5
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_6 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_5 \rightarrow V_0$	56	0,42	0,93	1,35	12,5
10	Truk	$V_0 \rightarrow V_2 \rightarrow V_4 \rightarrow V_{14} \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_5 \rightarrow V_3 \rightarrow V_0$	103	4,52	1,72	6,24	135,75
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_1 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_{11} \rightarrow V_0$	55	0,57	0,92	1,49	17
11	Truk	$V_0 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_{11} \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_5 \rightarrow V_3 \rightarrow V_0$	103	1,54	1,72	3,26	46,25
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_4 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_2 \rightarrow V_1 \rightarrow V_0$	45	0,44	0,75	1,19	13,25
12	Truk	$V_0 \rightarrow V_4 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_5 \rightarrow V_3 \rightarrow V_2 \rightarrow V_0$	96	1,52	1,60	3,12	45,75
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_1 \rightarrow V_0$	36	0,35	0,60	0,95	10,5
13	Truk	$V_0 \rightarrow V_4 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_5 \rightarrow V_3 \rightarrow V_2 \rightarrow V_0$	96	1,52	1,60	3,12	45,75
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_1 \rightarrow V_0$	16	0,07	0,27	0,34	2
14	Truk	$V_0 \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_3 \rightarrow V_2 \rightarrow V_1 \rightarrow V_0$	76	1,29	1,27	2,56	38,75
	Pick up	-	-	-	-	-	-
15	Truk	-	-	-	-	-	-
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_3 \rightarrow V_2 \rightarrow V_0$	60	1,28	1,00	2,28	38,5
16	Truk	-	-	-	-	-	-
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_0$	31	1,35	0,52	1,87	40,5
17	Truk	-	-	-	-	-	-
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{14} \rightarrow V_0$	14	0,60	0,23	0,83	18

Sumber: pengolahan data

2) Pengurutan kunjungan konsumen dengan metode 2-OPT, 3-OPT

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengurutan kunjungan konsumen dengan menggunakan 2-OPT, 3-OPT yaitu sebagai berikut:

- i. Pengurutan kunjungan konsumen dimulai dari rute pertama untuk armada truk.
- ii. Lakukan pemecahan perjalanan, dengan memecah perjalanan menjadi tiga titik untuk perjalanan dengan jumlah konsumen ≥ 6 konsumen dan pecah perjalanan menjadi dua titik untuk perjalanan dengan jumlah konsumen ≤ 5 konsumen. Sebagai contoh pembagian rute pertama untuk armada truk. Rute pertama untuk armada truk memuat 13 konsumen.
- iii. Hubungkan titik-titik perjalanan baru hasil pemecahan perjalanan tersebut. Penggabungan titik-titik menjadi sebuah pengurutan perjalanan dilakukan dengan mempertimbangkan jam kerja perusahaan. Jadi total waktu pengiriman sebuah perjalanan tidak melebihi jam kerja perusahaan. Hitung kembali jarak yang ditimbulkan dari hasil penggabungan titik-titik perjalanan tersebut. Jarak terpendek yang dihasilkan dari penggabungan tersebut disimpan dan selanjutnya digunakan sebagai jarak tempuh rute hasil penggabungan tersebut.
- iv. Secara terperinci hasil pengurutan kunjungan konsumen dengan menggunakan metode 2-OPT, 3-OPT seperti terlihat pada tabel 6 berikut ini:

Tabel 6. Penentuan urutan kunjungan dalam setiap rute dengan 2-OPT, 3-OPT

Rute ke-	Armada	Konsumen yang dilayani	Total Pengiriman (galon)	Waktu tempuh kendaraan (Jam)	Waktu loding dan unloading (Jam)	Waktu Total Pengiriman (Jam)	Jarak tempuh kendaraan (Km)
1	Truk	$V_0 \rightarrow V_{41} \rightarrow V_{42} \rightarrow V_{21} \rightarrow V_{20} \rightarrow V_{33} \rightarrow V_{34} \rightarrow V_{37} \rightarrow V_0$	72	5,67	1,2	6,87	170
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{54} \rightarrow V_{53} \rightarrow V_{38} \rightarrow V_{36} \rightarrow V_{35} \rightarrow V_{19} \rightarrow V_0$	51	6,12	0,85	6,97	183,5
2	Truk	$V_0 \rightarrow V_{18} \rightarrow V_{21} \rightarrow V_{20} \rightarrow V_{33} \rightarrow V_{34} \rightarrow V_{35} \rightarrow V_{38} \rightarrow V_{37} \rightarrow V_0$	99	5,22	1,65	6,87	156,5
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{19} \rightarrow V_{46} \rightarrow V_{47} \rightarrow V_{48} \rightarrow V_0$	54	5,03	0,9	5,93	151
3	Truk	$V_0 \rightarrow V_{18} \rightarrow V_{21} \rightarrow V_{30} \rightarrow V_0$	62	4,70	1,03	5,73	141
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{29} \rightarrow V_{44} \rightarrow V_{45} \rightarrow V_0$	54	3,83	0,9	4,73	115
4	Truk	$V_0 \rightarrow V_{22} \rightarrow V_{23} \rightarrow V_{32} \rightarrow V_{31} \rightarrow V_{29} \rightarrow V_{45} \rightarrow V_{44} \rightarrow V_{39} \rightarrow V_{55} \rightarrow V_0$	102	4,22	1,7	5,95	81,5
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{26} \rightarrow V_{24} \rightarrow V_{18} \rightarrow V_{32} \rightarrow V_{31} \rightarrow V_0$	57	2,72	0,97	3,90	122
5	Truk	$V_0 \rightarrow V_{55} \rightarrow V_{43} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_{57} \rightarrow V_{56} \rightarrow V_{31} \rightarrow V_{32} \rightarrow V_0$	104	4,07	1,73	5,80	106,5
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{28} \rightarrow V_{26} \rightarrow V_{24} \rightarrow V_{23} \rightarrow V_{25} \rightarrow V_{29} \rightarrow V_9 \rightarrow V_{49} \rightarrow V_0$	57	3,55	0,95	3,90	91,5
6	Truk	$V_0 \rightarrow V_{40} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_{57} \rightarrow V_{59} \rightarrow V_{31} \rightarrow V_{32} \rightarrow V_{25} \rightarrow V_{24} \rightarrow V_{26} \rightarrow V_{28} \rightarrow V_0$	103	3,05	1,72	4,77	78
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{27} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{52} \rightarrow V_{51} \rightarrow V_{50} \rightarrow V_0$	58	2,60	0,97	3,58	74
7	Truk	$V_0 \rightarrow V_{59} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_{57} \rightarrow V_{31} \rightarrow V_{32} \rightarrow V_{25} \rightarrow V_{24} \rightarrow V_{26} \rightarrow V_{27} \rightarrow V_{28} \rightarrow V_0$	105	2,47	1,75	4,15	44
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_6 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{15} \rightarrow V_{17} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{16} \rightarrow V_0$	59	1,47	0,98	2,42	57,5
8	Truk	$V_0 \rightarrow V_{16} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{59} \rightarrow V_{25} \rightarrow V_{24} \rightarrow V_{26} \rightarrow V_{27} \rightarrow V_{28} \rightarrow V_0$	98	1,92	1,63	3,75	51
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_5 \rightarrow V_8 \rightarrow V_{15} \rightarrow V_{57} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_7 \rightarrow V_0$	59	1,70	0,98	2,67	56
9	Truk	$V_0 \rightarrow V_{15} \rightarrow V_{16} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{59} \rightarrow V_{27} \rightarrow V_{28} \rightarrow V_0$	97	1,87	1,62	3,58	12,5
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_6 \rightarrow V_7 \rightarrow V_8 \rightarrow V_5 \rightarrow V_0$	56	0,42	0,93	1,35	45
10	Truk	$V_0 \rightarrow V_6 \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{12} \rightarrow V_{15} \rightarrow V_{16} \rightarrow V_{59} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_0$	104	1,50	1,73	3,45	25,25
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_2 \rightarrow V_5 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_7 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_0$	58	0,84	0,97	1,80	54,75
11	Truk	$V_0 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_{11} \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_{15} \rightarrow V_3 \rightarrow V_0$	101	1,82	1,68	3,22	13,5
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_4 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_0$	45	0,45	0,75	1,20	54,75
12	Truk	$V_0 \rightarrow V_2 \rightarrow V_5 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_0$	96	1,89	1,6	3,49	13,5
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_1 \rightarrow V_{13} \rightarrow V_{10} \rightarrow V_0$	50	0,45	0,83	1,28	54

Lanjutan Tabel 6. Penentuan urutan kunjungan dalam setiap rute dengan 2-OPT, 3-OPT

Rute ke-	Armada	Konsumen yang dilayani	Total Pengiriman (galon)	Waktu tempuh kendaraan (Jam)	Waktu loding dan unloading (Jam)	Waktu Total Pengiriman (Jam)	Jarak tempuh kendaraan (Km)
13	Truk	$V_0 \rightarrow V_2 \rightarrow V_5 \rightarrow V_3 \rightarrow V_4 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_0$	96	1,80	1,6	3,49	10,5
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_1 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_0$	36	0,35	0,6	0,95	49,25
14	Truk	$V_0 \rightarrow V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_{60} \rightarrow V_0$	96	1,64	1,6	3,24	-
	Pick up	-	-	-	-	-	-
15	Truk	-	-	-	-	-	41,75
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{14} \rightarrow V_{58} \rightarrow V_0$	56	1,39	0,93	2,32	-
16	Truk	-	-	-	-	-	18
	Pick up	$V_0 \rightarrow V_{14} \rightarrow V_0$	14	0,60	0,23	0,83	

Sumber: pengolahan data

3.2.3. Menghitung biaya pengiriman

Biaya pengiriman usulan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh komponen biaya pengiriman yang ada. Biaya pengiriman akan merepresentasikan besarnya pengeluaran yang ditimbulkan dengan menggunakan rute usulan. Perhitungan biaya pengiriman untuk rute usulan dengan menggunakan metode sweep dan 2-OPT, 3-OPT .

Tabel 7. Perhitungan Biaya Pengiriman

No.	Biaya	Metode Sweep	Metode 2-OPT, 3-OPT
1	Bahan bakar truck	Rp.905.329,2 perbulan	Rp.905.329,2 perbulan
2	Bahan bakar pickup	Rp.573.282 perbulan	Rp.573.282 perbulan
3	Biaya depresiasi truck	Rp.500.000 perbulan	Rp.500.000 perbulan
4	Biaya depresiasi pick up	Rp.375.000 perbulan	Rp.375.000 perbulan
5	Gaji sales,kernet		
	- gaji sales - gaji kernet	Rp.1.000.000 perbulan Rp. 500.000 perbulan	Rp.1.000.000 perbulan Rp. 500.000 perbulan
6	Pajak Truk	Rp.66.667 perbulan	Rp.66.667 perbulan
7	Pajak pickup	Rp.50.000 perbulan	Rp.50.000 perbulan
8	Biaya perawatan	Rp.400.000 perbulan	Rp.400.000 perbulan

3.2.4 Penentuan layak tidaknya rute usulan

Untuk menentukan apakah rute usulan layak atau tidak maka dilakukan perbandingan biaya pengiriman antara rute usulan dan rute perusahaan. Perbandingan antara biaya pengiriman rute usulan dan rute perusahaan dihitung dengan rumus:

$$\text{Selisih biaya pengiriman} = \text{Biaya pengiriman rute usulan} - \text{biaya pengiriman rute perusahaan}$$

Bila diketahui biaya pengiriman rute usulan perbulan dengan menggunakan metode *sweep* sebesar Rp.5.457.660 dan biaya pengiriman usulan dengan menggunakan metode 2-OPT, 3-OPT sebesar Rp. 5.370.278,2 dengan biaya pengiriman rute perusahaan perbulan sebesar Rp 5.891.667, maka selisihnya adalah:

- Selisih biaya pengiriman dengan metode *sweep*
 = Biaya pengiriman rute usulan perbulan–biaya pengiriman rute perusahaan perbulan
 = Rp. 5.457.660 - Rp 5.891.667 = Rp. – 434.007
- Selisih biaya pengiriman dengan metode 2-OPT, 3-OPT
 Biaya pengiriman rute usulan perbulan–biaya pengiriman rute perusahaan perbulan
 = Rp. 5.370.278,2 - Rp 5.891.667 = Rp. – 521.338,8

Dari hasil perhitungan metode 2-OPT, 3-OPT biayanya lebih rendah.

4. Penyusunan Rute dan Jadwal pengiriman

Setelah diketahui waktu total pengiriman, maka selanjutnya dapat direncanakan suatu jadwal. Jadwal pengiriman dilakukan dengan melakukan pembagian rute yang akan ditempuh oleh kendaraan setiap minggu. Berdasarkan hasil penyusunan rute usulan terlihat adanya perbaikan pada sistem pengiriman produk di PT. Tirta Alam Tunggon. Pengurutan kunjungan konsumen untuk setiap rute dengan menggunakan metode *sweep* dan 2-OPT, 3-OPT memberikan kontribusi perbaikan pengiriman produk di perusahaan. Hal ini terlihat adanya perbaikan jarak tempuh dan biaya pengiriman. Biaya pengiriman dengan menggunakan rute usulan yang lebih rendah dibandingkan dengan biaya pengiriman yang selama ini dikeluarkan perusahaan. Oleh karena itu dengan penggunaan rute usulan tersebut perusahaan dapat menghemat biaya pengiriman. Secara terperinci perbandingan rute perusahaan dengan rute usulan seperti terlihat pada tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan rute perusahaan dan rute usulan

Keterangan	Jarak tempuh	Biaya pengiriman
Rute perusahaan	Tidak diketahui dengan pasti	Rp. 6.058.334
Rute usulan dengan metode <i>sweep</i>	2323 km	Rp. 5.624.327
Rute usulan dengan metode 2-OPT, 3-OPT	2208 km	Rp. 5.543.088,2

Berdasarkan tabel 8. tersebut terlihat bahwa rute usulan dengan menggunakan metode 2-OPT, 3-OPT menghasilkan biaya pengiriman yang lebih rendah dibandingkan dengan rute usulan dengan menggunakan metode *sweep*. Hal ini dikarenakan pengurutan kunjungan konsumen dengan menggunakan metode 2-OPT, 3-OPT dilakukan berdasarkan kedekatan jarak antar konsumen. Selain itu pengurutan kunjungan yang didasarkan pada kedekatan daerah akan menimbulkan jarak tempuh yang lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan metode *sweep*. Penyusunan rute usulan tersebut akan dapat meningkatkan teraturnya jadwal dan urutan pengiriman. Dengan adanya jadwal dan rute, pengiriman produk ke konsumen akan lebih teratur sehingga pelayanan terhadap konsumen dapat ditingkatkan. Penggunaan jadwal dan rute pengiriman dapat mengoptimalkan alokasi penggunaan jam kerja perusahaan. Dengan adanya jadwal pengiriman, waktu tempuh total pengiriman dapat diketahui secara pasti sehingga alokasi penggunaan jam kerja untuk pengiriman produk dapat dengan mudah dievaluasi.

pihak manajerial dan sales diperlukan dalam penerapan metode ini untuk penambahan informasi dari pihak-pihak tersebut.

Daftar Pustaka

- Amelia. *Perencanaan Rute dan Jadwal Pengiriman Material dengan Menggunakan Metode Saving's Matrix*. Tugas Akhir, Surakarta:FakultasTeknik UNS:2005. (Unpublished)
- Ballou, Ronald H. *Business Logistics Management*. Edisi keempat. New Jersey: Prentice Hall Inc. 1998.
- Blecha, Charlotte Jacobs. Marc Goetschalckx. *The Vehicle Routing Problem with Backhauls: Properties and Solution Algorithm*. Georgia Tech Research Corporation. Atlanta, Georgia. 1998
- Bolduc M C, Renaud J, *A Heuristic For The Routing and Carrier Selection Problem*. Université Laval, Québec, G1K 7P4, Canada.
- Bowersox, Donald J. *Manajemen Logistik* Jilid 1, Jakarta :Bumi Aksara, 1995.
- Chen, Chia-Ho. Ching-Jung Ting. *A Hybrid Ant Colony System For Vehicle Routing Problem With Time Windows*. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2005, Vol. 6, pp. 2822 - 2836
- Chopra, Sunil. *Supply Chain Management. Strategy, Planning, and Operation*. New Jersey : Prentice Hall Inc. 2004
- Gambardella, Luca Maria. *Vehicle Routing Problems (VRPs)*. IDSIA Istituto Dalle Molle di Studi sull'intelligenza Artificiale Technische Universiteit Eindhoven, November 2000, 28-29 <http://www.idsia.ch/luca>
- Haksever C, B. Render, R. Russell, and R. Murdick, *Service Management and Operations*, 2nd ed. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ (2000): 476–497.
- Mardiasmo, *Akuntansi Keuangan Dasar 2*. Yogyakarta: BPFE Yogyakarta. 1991
- Pallavicine, Gloria M. P. *Improving The Network Analyst's Performance Using A Saving Heuristic*. Transportation Program – University of São Paulo at São Carlos
- Røpke, Stefan. *Polynomial time heuristics for the VRP*, Lecturer Handout. Department of Computer Science. Copenhagen University. www.diku.dk. 2005
- Rosita, Bernadet. *Penyusunan Rute Distribusi Es Balok Di PT. Putri Salju Menggunakan Fisher And Jaikumar Algorithm*. Tugas Akhir, Surakarta: Fakultas Teknik UNS: 2006 (Unpublished)
- Spasovic, Lazar. Steven Chien. *A Methodology for Evaluating of School Bus Routing -A Case Study of Riverdale, New Jersey-*. Transportation Research Board 80th Annual Meeting Washington, D.C January 7-11, 2001