



**PENERAPAN ALGORITMA SWEEP UNTUK PENYELESAIAN *OPEN VEHICLE*  
*ROUTING PROBLEM* PADA KASUS DISTRIBUSI PRODUK**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Ramayanti Rizka Maulina**  
**NIM 121810101003**

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**PENERAPAN ALGORITMA SWEEP UNTUK PENYELESAIAN *OPEN VEHICLE ROUTING PROBLEM* PADA KASUS DISTRIBUSI PRODUK**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Jurusan Matematika Fakultas (S1) dan mendapat gelar Sarjana Sains

Oleh  
**Ramayanti Rizka Maulina**  
**NIM 121810101003**

**JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya untuk melancarkan segala urusan dalam pengerjaan skripsi;
2. kedua orang tua saya, Ayah Heriyanto dan Ibu Siti Mutmainah yang telah memberikan limpahan kasih sayang, doa serta dukungan pada setiap langkah saya;
3. dosen serta guru-guru dari Taman Kanak-kanak hingga sekarang yang telah berjasa mendidik dan membimbing saya dengan penuh kesabaran;
4. Almamater Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

**MOTTO**

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu namun ia amat baik bagimu dan boleh jadi engkau mencintai sesuatu namun ia amat buruk bagimu, Allah Maha Mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui.”

*(Terjemahan Q.S. Al-Baqarah: 216)\*)*



---

\*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2002. Al-Qur'an dan Terjemahannya. Surabaya: Duta Ilmu Surabaya

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ramayanti Rizka Maulina

NIM : 121810101003

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penerapan Algoritma *Sweep* untuk Penyelesaian *Open Vehicle Routing Problem* pada Kasus Distribusi Produk” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember,       Maret 2019

Yang menyatakan,

Ramayanti Rizka Maulina

NIM 121810101003

**SKRIPSI**

**PENERAPAN ALGORITMA *SWEEP* UNTUK PENYELESAIAN *OPEN VEHICLE ROUTING PROBLEM* PADA KASUS DISTRIBUSI PRODUK**

Oleh :

Ramayanti Rizka Maulina  
NIM 121810101003

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom.

Dosen Pembimbing Anggota : Kusbudiono, S.Si., M.Si.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Penerapan Algoritma *Sweep* untuk Penyelesaian *Open Vehicle Routing Problem* pada Kasus Distribusi Produk” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Jember

Tim Penguji,

Ketua,

Anggota I

Ahmad Kamsyakawuni., S.Si., M.Kom.  
NIP 197211291998021001

Kusbudiono, S.Si., M.Si.  
NIP 197704302005011001

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Mohamad Fatekurohman, S.Si., M.Si.  
NIP 196906061998031001

Bagus Juliyanto, S.Si., M.Si.  
NIP 198007022003121001

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Sujito, Ph. D.  
NIP 196102041987111001

## RINGKASAN

**Penerapan Algoritma *Sweep* untuk Penyelesaian *Open Vehicle Routing Problem* pada Kasus Distribusi Produk;** Ramayanti Rizka Maulina, 121810101003, 2019: 59 halaman; Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam universitas Jember.

Kebutuhan hidup manusia ada bermacam-macam. Letak geografis tempat tinggal memungkinkan beberapa kebutuhan manusia sulit terpenuhi. Kondisi ini dimanfaatkan oleh beberapa pelaku ekonomi untuk membuka usaha di berbagai wilayah atau menawarkan jasa pengiriman barang pemenuh kebutuhan. Para pelaku ekonomi pada umumnya memiliki tempat produksi yang terpusat di suatu wilayah kemudian barang hasil produksi didistribusikan ke berbagai wilayah tersebut. Proses ini memerlukan biaya. Biaya tersebut perlu diminimalisir untuk memaksimalkan keuntungan yang diperoleh. Permasalahan tentang minimalisir biaya pendistribusian termasuk dalam VRP (*Vehicle Routing Problem*).

Permasalahan yang dihadapi oleh para pelaku ekonomi memiliki kondisi yang beragam. Salah satu permasalahan ini yaitu terdapat perusahaan-perusahaan yang tidak memiliki kendaraan untuk pendistribusian produk dari pabrik ke sejumlah cabang perusahaan atau jumlah kendaraan yang dimiliki oleh perusahaan tersebut tidak cukup untuk memenuhi permintaan pelanggan. Alternatif yang dapat dipilih dalam kondisi tersebut yaitu menggunakan kendaraan sewa. Penggunaan kendaraan sewa berarti kendaraan tidak harus kembali ke depot (perusahaan) setelah pendistribusian produk ke para pelanggan. Permasalahan ini termasuk dalam OVRP (*Open Vehicle Routing Problem*).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan solusi OVRP pada pendistribusian produk dengan menerapkan algoritma *sweep*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data distribusi produk PT. Ciomas Adisatwa dari penelitian Kusumawardani dan Sari (2017). Data ini terdiri atas sebuah depot dan 21 pelanggan. Data yang digunakan terdapat enam kriteria yang meliputi lokasi depot dan pelanggan, jumlah permintaan setiap pelanggan, jarak antara setiap

lokasi, kapasitas kendaraan, estimasi konsumsi bahan bakar pada kendaraan, serta biaya operasional kendaraan.

Penelitian dilakukan dengan menerapkan dua jenis metode *sweep* yaitu *forward sweep* dan *backward sweep*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari penerapan dua metode yang berbeda dihasilkan kombinasi pelanggan yang berbeda serta total biaya distribusi yang berbeda. Penerapan metode *forward sweep* pada data distribusi produk PT. Ciomas Adisatwa dengan 21 pelanggan menghasilkan tiga buah klaster dengan rute sejauh 166,61 km dengan total biaya distribusi sebesar Rp1.641.618,50, sedangkan penerapan metode *backward sweep* menghasilkan tiga buah klaster dengan rute sejauh 185,91 km dengan total biaya distribusi sebesar Rp1.658.023,50. Dari kedua solusi ini diketahui bahwa solusi dari penerapan metode *forward sweep* merupakan solusi yang paling optimal.

## PRAKATA

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penerapan Algoritma *Sweep* untuk Penyelesaian *Open Vehicle Routing Problem* pada Kasus Distribusi Produk”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ahmad Kamsyakawuni, S.Si., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Kusbudiono, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penelitian ini;
2. Dr. Mohamad Fatekurohman, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Bagus Juliyanto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan sarannya pada penyusunan skripsi ini;
3. seluruh staf pengajar Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah memberikan ilmu serta bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini;
4. Ayahanda Heriyanto dan Ibunda Siti Mutmainah yang telah memberikan doa serta dukungan selama ini;
5. Adik Khasanul Alfiani serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan semangat demi terselesaikannya skripsi ini;
6. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

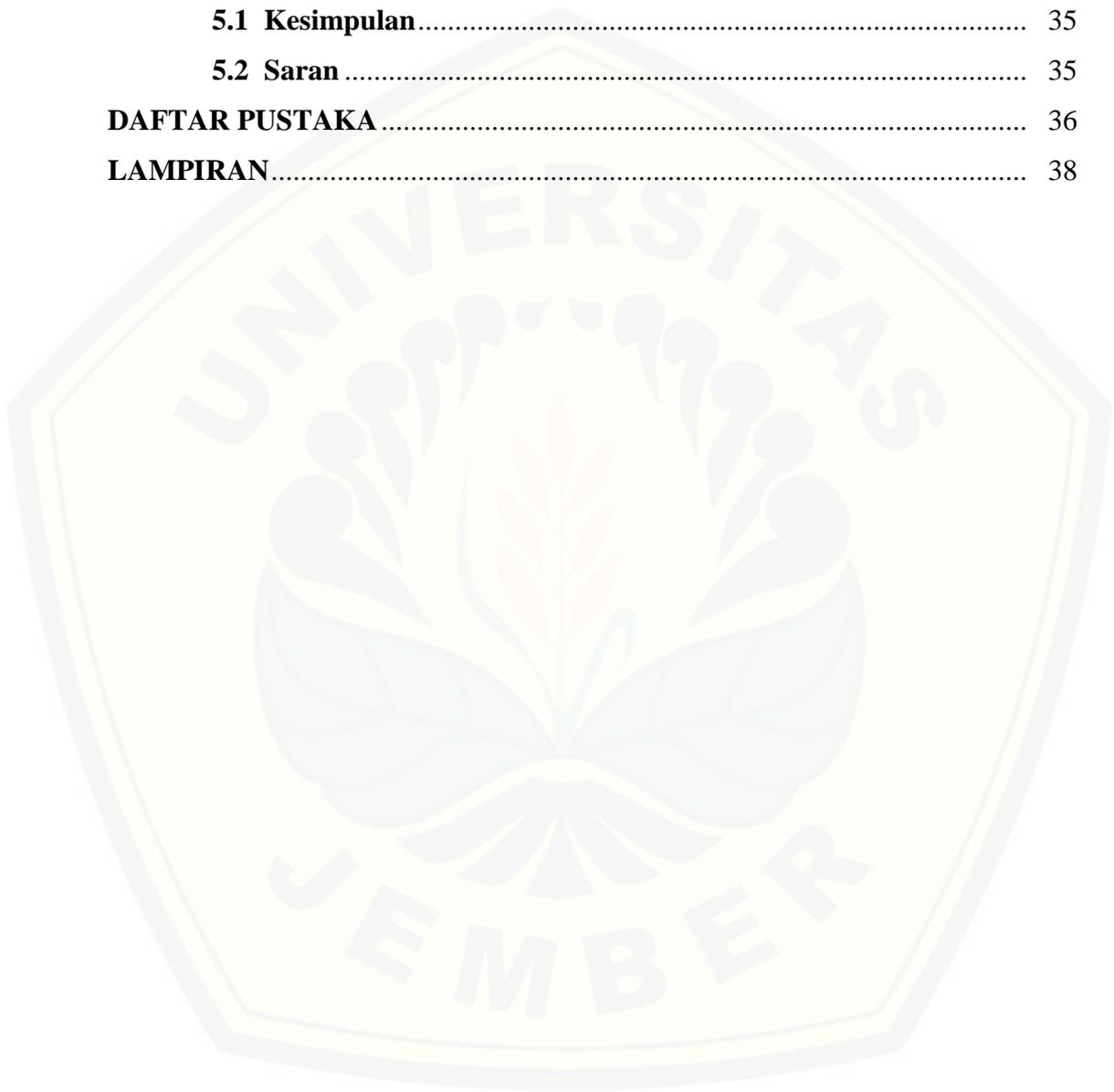
Jember, Maret 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN .....	vii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Batasan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Tujuan.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 Manfaat.....</b>	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Teori Graf.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 <i>Vehicle Routing Problem (VRP)</i>.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 <i>Open Vehicle Routing Problem (OVRP)</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 <i>Algoritma Sweep</i> .....</b>	<b>10</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Data Penelitian .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Langkah-langkah Penelitian.....</b>	<b>14</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1 Hasil.....</b>	<b>17</b>

4.1.1 Penyelesaian Manual.....	17
4.1.2 Penyelesaian Menggunakan Program .....	25
<b>4.2 Pembahasan.....</b>	<b>30</b>
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>35</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>35</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>36</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>38</b>

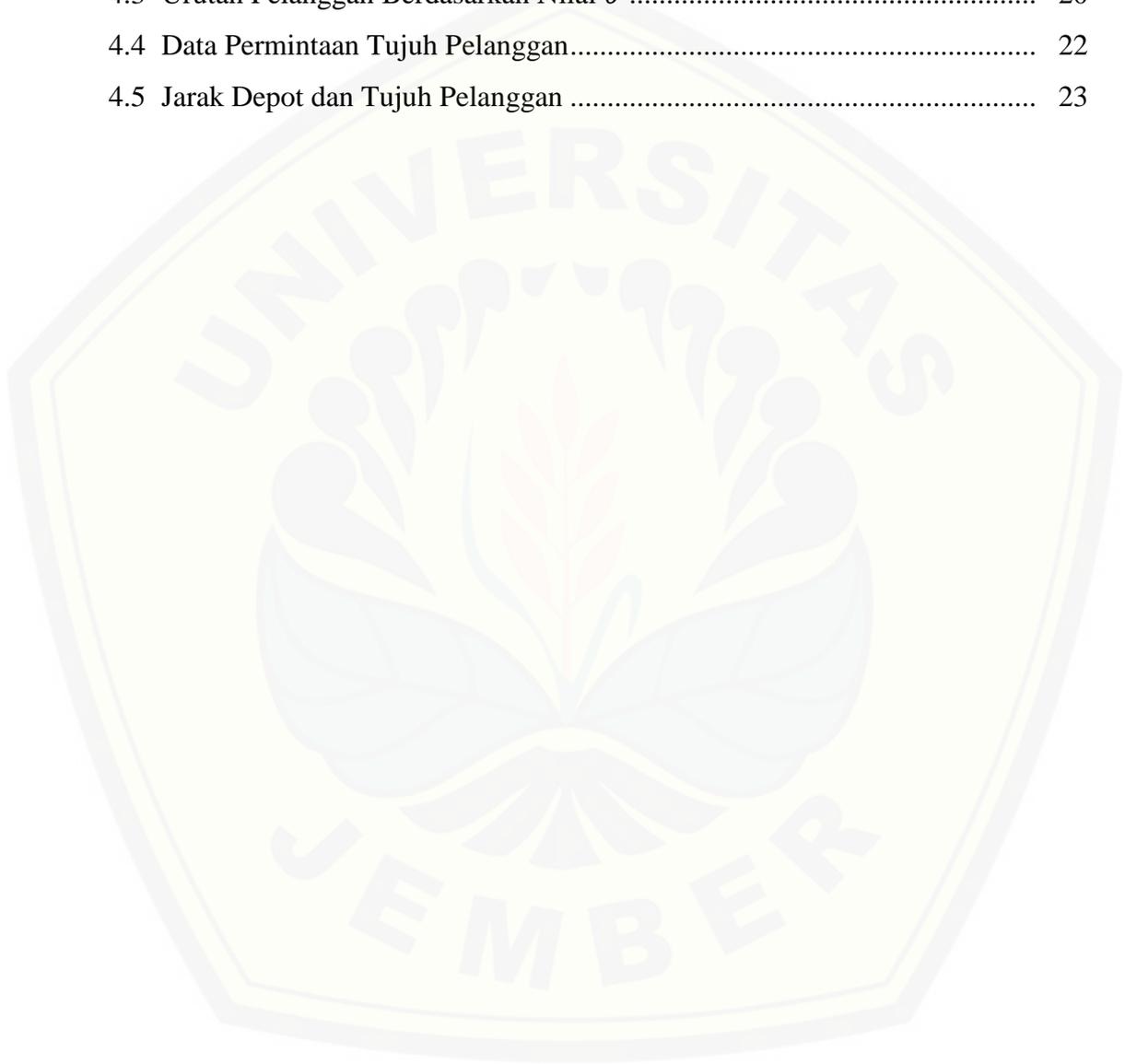


**DAFTAR GAMBAR**

2.1	Ilustrasi <i>Open Vehicle Routing Problem</i> .....	8
2.2	Ilustrasi <i>Radial Line</i> .....	10
2.3	Contoh Pengelompokkan dengan <i>Forward Sweep</i> .....	11
3.1	Skema Langkah-langkah Penelitian.....	16
4.1	Penerapan Metode <i>Forward Sweep</i> .....	21
4.2	Penerapan Metode <i>Backward Sweep</i> .....	21
4.3	Rute dengan <i>Forward Sweep</i> .....	24
4.4	Rute dengan <i>Backward Sweep</i> .....	25
4.5	Tampilan Awal Program.....	27
4.6	Tampilan Setelah Input Data .....	28
4.7	Tampilan Output Program dengan Metode <i>Forward Sweep</i> .....	29
4.8	Tampilan Output Program dengan Metode <i>Backward Sweep</i> .....	30

**DAFTAR TABEL**

4.1 Data Depot dan Tujuh Pelanggan .....	17
4.2 Data Koordinat Lokasi Depot dan Tujuh Pelanggan .....	18
4.3 Urutan Pelanggan Berdasarkan Nilai $\theta$ .....	20
4.4 Data Permintaan Tujuh Pelanggan.....	22
4.5 Jarak Depot dan Tujuh Pelanggan .....	23



**DAFTAR LAMPIRAN**

A. Lokasi Depot dan Pelanggan.....	38
B. Koordinat Lokasi Pelanggan.....	39
C. Permintaan Pelanggan.....	39
D. Jarak Antara Setiap Lokasi .....	40
E. Tampilan Skrip Program untuk Data yang Diinputkan.....	42
F. Tampilan Skrip Program untuk <i>Clustering</i> Pelanggan .....	42
G. Tampilan Skrip Program untuk Generasi Rute .....	43
H. Tampilan Skrip Program untuk <i>Plotting</i> Rute dan Perhitungan Jarak pada Setiap Rute .....	43
I. Tampilan Skrip Output Program.....	44
J. Output Program dengan Metode <i>Forward Sweep</i> .....	44
K. Output Program dengan Metode <i>Backward Sweep</i> .....	44

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Manusia memiliki bermacam-macam kebutuhan yang terbagi dalam tiga jenis berdasarkan prioritas pemenuhannya, yaitu kebutuhan primer, sekunder, dan tersier. Letak geografis tempat tinggal memungkinkan beberapa kebutuhan tersebut sulit terpenuhi. Hal ini mengharuskan manusia mencari barang atau jasa pemenuh kebutuhan dari tempat lain. Kondisi tersebut dimanfaatkan oleh beberapa pelaku ekonomi untuk membuka usaha di berbagai lokasi atau menawarkan jasa pengiriman barang pemenuh kebutuhan. Hubungan yang saling menguntungkan tercipta dalam kegiatan tersebut, yaitu masyarakat dapat menemukan barang atau jasa pemenuh kebutuhan di sekitar tempat tinggal serta pelaku ekonomi dapat memasarkan produknya di berbagai wilayah.

Para pelaku ekonomi pada umumnya memiliki tempat produksi yang terpusat di suatu wilayah. Barang hasil produksi selanjutnya didistribusikan ke berbagai wilayah. Proses distribusi merupakan salah satu aspek yang memerlukan strategi pada pelaksanaannya. Hal ini karena proses distribusi mampu memperluas pemasaran produk, namun memerlukan biaya pada proses berlangsungnya. Oleh karena itu strategi yang tepat perlu ditemukan untuk meminimalkan biaya yang dikeluarkan untuk menghindari kerugian.

Permasalahan tentang minimalisir biaya pendistribusian termasuk dalam VRP (*Vehicle Routing Problem*). VRP memberikan solusi dalam bentuk kombinasi rute pelayanan pelanggan. Rute distribusi yang dicari dalam VRP adalah rute terpendek yang ditempuh suatu kendaraan dari depot ke pelanggan-pelanggan kemudian kembali ke depot. Letak pelanggan tersebar di beberapa lokasi sekitar depot. Setiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali oleh satu kendaraan pada setiap rute. Rute terpendek yang ditemukan dapat meminimalkan jumlah biaya transportasi pada proses distribusi yang dikeluarkan oleh suatu perusahaan (Kumar dan Jayacitra, 2016).

Penelitian tentang VRP pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Salah satu penelitian tentang VRP yaitu Fatimah (2016) yang membahas tentang penerapan algoritma *Particle Swarm Organization* (PSO) untuk VRP dengan *time windows* pada kasus pendistribusian barang. Penelitian tersebut berfokus pada pencarian rute kendaraan dengan biaya minimum untuk melayani permintaan pelanggan serta memenuhi kendala kapasitas kendaraan dengan *time windows* pada masing-masing pelanggan dan depot. Pada penelitian itu disebutkan bahwa kendaraan yang digunakan merupakan kendaraan milik perusahaan dan kendaraan kembali ke depot setelah mendistribusikan produk ke pelanggan-pelanggan dalam satu rute distribusi.

Permasalahan yang ada dalam masyarakat memiliki kondisi yang bermacam-macam. Salah satu permasalahan ini yaitu terdapat perusahaan-perusahaan yang tidak memiliki kendaraan untuk pendistribusian produk dari pabrik ke sejumlah cabang perusahaan atau jumlah kendaraan yang dimiliki oleh perusahaan tersebut tidak cukup untuk memenuhi permintaan pelanggan. Dalam hal ini perusahaan dapat menggunakan kendaraan sewa. Penggunaan kendaraan sewa berarti kendaraan tidak harus kembali ke depot (perusahaan) setelah pendistribusian produk ke para pelanggan. Ketika kendaraan tidak perlu kembali ke depot, maka rute penugasan kendaraan berakhir pada pelanggan terakhir yang dikunjungi oleh kendaraan tersebut. Permasalahan ini disebut sebagai OVRP (*Open Vehicle Routing Problem*) (Atefi dkk, 2017).

Setiap pelaku ekonomi menginginkan keuntungan yang maksimal. Penggunaan kendaraan sewa mampu memaksimalkan keuntungan yang dihasilkan oleh suatu perusahaan. Hal ini karena adanya penggunaan kendaraan sewa akan memperluas jangkauan perusahaan dalam pelayanan pelanggan. Perluasan jangkauan ini selanjutnya akan berdampak pada jumlah produk yang dapat dipasarkan. Semakin luas jangkauan perusahaan maka semakin besar kemungkinan peningkatan jumlah produk yang dapat dipasarkan. Selain keuntungan yang dapat diharapkan dari penggunaan kendaraan sewa, terdapat konsekuensi yang harus ditanggung. Penggunaan kendaraan sewa akan menambah biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Berdasarkan kondisi ini maka diperlukan suatu

strategi pada penggunaan kendaraan sewa dalam pendistribusian produk untuk menekan total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan sehingga keuntungan yang didapatkan maksimal.

Yousefikhoshbakht dan Khorram (2012) menggunakan algoritma *sweep* dan *ant colony system* dalam penyelesaian VRP klasik. Dalam penelitian itu disebutkan bahwa algoritma *sweep* merupakan algoritma *heuristic* yang terkenal dan efektif dalam penentuan solusi VRP. Algoritma *sweep* merupakan algoritma yang menjadikan depot sebagai titik pusatnya. Pengelompokan pelanggan dilakukan dengan membuat *radial line* yang dimulai dari  $0^\circ$  searah maupun berlawanan arah jarum jam. *Radial line* diperluas hingga kapasitas kendaraan penuh atau hampir penuh. Para pelanggan yang tercakup dalam satu *radial line* dijadikan dalam satu kelompok (klaster) pelanggan. Satu klaster pelanggan dilayani oleh satu kendaraan sehingga jumlah klaster pelanggan yang terbentuk oleh algoritma ini dapat merepresentasikan jumlah kendaraan yang digunakan. Oleh karena itu dalam penelitian ini algoritma *sweep* akan diterapkan untuk menentukan solusi *open vehicle routing problem* pada kasus pendistribusian produk.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana penerapan algoritma *sweep* untuk penyelesaian *open vehicle routing problem* pada pendistribusian produk.

## 1.3 Batasan Masalah

Permasalahan yang diteliti pada penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal, yaitu :

- a. kendaraan yang digunakan merupakan kendaraan sewa yang homogen;
- b. jenis muatan adalah homogen;
- c. jumlah permintaan telah diketahui sebelum kendaraan meninggalkan depot;
- d. pengiriman tidak terbatas pada waktu;
- e. antara setiap lokasi terdapat jalan yang dapat dilalui dengan kondisi jalan yang sama dan lalu lintas lancar.

#### 1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui solusi yang diperoleh dengan menerapkan algoritma *sweep* untuk penyelesaian *open vehicle routing problem* pada pendistribusian produk.

#### 1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. bagi lembaga, bermanfaat dalam upaya pengamalan Tri Dharma Perguruan Tinggi;
- b. bagi peneliti, meningkatkan pemahaman tentang *open vehicle routing problem* dan algoritma *sweep*;
- c. bagi pembaca, sebagai referensi pemecahan permasalahan yang berkaitan dengan *open vehicle routing problem*.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Teori Graf

Sebuah graf sederhana  $G$  dibentuk dari himpunan  $V(G)$  yang memuat elemen-elemen yang disebut *vertex* (simpul atau titik) dalam jumlah terhingga dan sebuah himpunan  $E(G)$  yang memuat pasangan-pasangan elemen  $V(G)$  yang berbeda dan tidak berurutan yang disebut dengan rusuk (*edges* atau sisi) (Wilson, 2010). Himpunan *vertex* pada graf tidak boleh kosong, sedangkan himpunan sisi pada graf boleh kosong. Hal ini memungkinkan suatu graf tidak memiliki sisi dan hanya terdiri atas sebuah titik. Penomoran *vertex* pada graf dapat dinyatakan dengan huruf  $\{a, b, c, \dots\}$  atau dengan bilangan asli  $\{1, 2, 3, \dots\}$  atau dengan gabungan keduanya  $\{v_1, v_2, v_3, \dots\}$ . Sedangkan sisi pada graf yang menghubungkan titik  $v_1$  dan  $v_2$  dinyatakan dengan pasangan  $(v_1, v_2)$ . Sisi atau *edges* pada graf dapat juga ditulis dengan  $\{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$  (Lipschutz dan Lipson, 2002).

Graf memiliki beberapa terminologi (istilah). Beberapa dari terminologi tersebut yaitu :

a. Bertetangga (*Adjacent*)

Dua buah simpul pada graf  $G$  dikatakan bertetangga jika keduanya terhubung dengan sebuah sisi. Simpul  $a$  bertetangga dengan  $b$  jika  $(a, b)$  adalah sebuah sisi pada graf  $G$ .

b. Bersisian (*Incident*)

Untuk sembarang sisi  $e = (a, b)$ , sisi  $e$  dikatakan bersisian dengan simpul  $a$  dan simpul  $b$ .

c. Lintasan (*Path*)

Lintasan pada suatu graf sederhana merupakan barisan simpul-simpul dalam graf tersebut  $(v_0, v_1, v_2, \dots, v_{n-1}, v_n)$ . Lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut lintasan tertutup (*closed path* atau *cycle*), sedangkan lintasan yang tidak berakhir pada simpul awal disebut lintasan terbuka (*open path*).

d. Terhubung (*Connected*)

Simpul  $a$  dan simpul  $b$  dikatakan terhubung jika terdapat lintasan dari  $a$  ke  $b$  (Munir, 2010).

## 2.2 *Vehicle Routing Problem (VRP)*

*Vehicle Routing Problem (VRP)* adalah sebuah permasalahan dimana terdapat beberapa kendaraan untuk rute-rute yang menghubungkan satu atau lebih depot ke beberapa pelanggan. Jumlah kendaraan harus ditemukan supaya dapat melayani semua pelanggan dengan mempertimbangkan rute yang diambil. Rute tersebut merupakan rute yang memenuhi setiap kendala yang berkaitan dengan masalah kapasitas kendaraan, permintaan pelanggan, waktu, dan sebagainya. Setiap pelanggan dalam permasalahan ini dikunjungi oleh tepat satu kendaraan (Moolman dkk, 2010).

VRP memiliki beberapa jenis. Jenis-jenis VRP tersebut diantaranya :

- a. *Capasited Vehicle Routing Problem (CVRP)*, yaitu permasalahan dasar VRP yang terbatas pada kapasitas kendaraan yang digunakan. Solusi pada CVRP adalah rute terpendek yang dilalui kendaraan sedemikian sehingga setiap pelanggan dilayani oleh tepat satu kendaraan namun muatan yang dibawa oleh setiap kendaraan dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan tersebut;
- b. *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)*, yaitu jenis VRP untuk mengoptimalkan penggunaan kendaraan pada proses pelayanan pelanggan dalam jangka waktu tertentu. VRPTW dapat disebut sebagai kombinasi VRP dan penjadwalan;
- c. *Vehicle Routing Problem with Pick-Up and Delivering (VRPPD)*, yaitu VRP yang memungkinkan adanya muatan yang dibawa dari dan menuju depot. Permasalahan pada VRPPD yang dalam satu rute terbagi menjadi dua CVRP terpisah disebut sebagai *VRP with backhauls*. CVRP yang pertama yaitu kendaraan bertugas untuk melakukan pengiriman dari depot ke pelanggan (*linehaul*). CVRP kedua yaitu kendaraan bertugas mengambil muatan dari pelanggan untuk dibawa menuju ke depot (*backhaul*). VRPPD dengan syarat pengiriman dan pengambilan dilakukan oleh satu kendaraan pada satu rute

pelayanan dapat terjadi dalam waktu yang sama disebut sebagai VRP *with simultaneous pickup and delivery*;

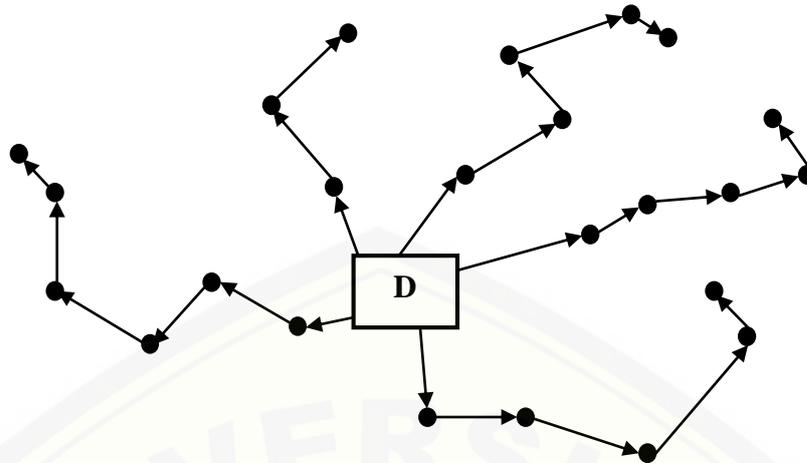
- d. *Open Vehicle Routing Problem* (OVRP), yaitu jenis VRP dengan menghapuskan syarat kendaraan harus kembali ke depot setelah melakukan pengiriman ke setiap pelanggan dalam suatu rute. Tujuan dari OVRP yaitu membentuk Hamiltonian *path* pada pelayanan pelanggan (Kumar dan Jayacitra, 2016).

### 2.3 *Open Vehicle Routing Problem* (OVRP)

*Open Vehicle Routing Problem* (OVRP) merupakan salah satu variasi dari VRP. Perbedaan utama antara OVRP dengan jenis VRP lainnya yaitu rute kendaraan dalam OVRP berupa Hamiltonian *path*, sedangkan rute kendaraan dalam jenis VRP lainnya berupa Hamiltonian *circuit*. Pada permasalahan distribusi barang dalam OVRP, setiap kendaraan memulai perjalanan dari depot dengan membawa muatan yang akan didistribusikan ke beberapa pelanggan dalam satu rute. Kendaraan tidak perlu kembali ke titik awal (depot) setelah proses distribusi selesai (semua permintaan pelanggan terpenuhi). Permasalahan dalam OVRP adalah menentukan suatu rute kendaraan untuk meminimalkan:

- a. jumlah kendaraan yang digunakan untuk melayani permintaan pelanggan;
- b. rute pelayanan pelanggan.

Peningkatan biaya yang dikeluarkan akibat penambahan jumlah kendaraan akan selalu lebih besar dibandingkan dengan peningkatan biaya akibat penambahan rute kendaraan. Oleh karena itu meminimalkan jumlah kendaraan dianggap sebagai tujuan optimasi utama, sedangkan meminimalkan rute pelayanan pelanggan sebagai tujuan optimasi kedua (Ge dkk, 2016).



Gambar 2.1 Ilustrasi *Open Vehicle Routing Problem*

OVRP didefinisikan sebagai graf  $G = (V, E)$  dengan  $V = \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_n\}$  sebagai himpunan titik serta  $E = \{(v_i, v_j) : v_i, v_j \in V, i \neq j, j \neq 0\}$  sebagai himpunan sisi di antara setiap titik pada  $V$ . Setiap titik  $v_i$  pada  $V (0 \leq i \leq n)$  memiliki permintaan  $q_i \geq 0$ . Titik  $v_0$  merepresentasikan depot, sehingga titik ini memiliki permintaan  $q_0 = 0$ . Setiap sisi  $(v_i, v_j) \in E$  berkaitan dengan nilai  $c_{ij}$  dari titik  $v_i$  ke  $v_j$  (Sevкли dan Guler, 2017).

Model matematika OVRP membutuhkan dua variabel keputusan. Variabel keputusan yang pertama yaitu :

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1 & \text{jika terdapat lintasan dari } v_i \text{ ke } v_j \text{ yang dilalui kendaraan } k \\ 0 & \text{lainnya.} \end{cases}$$

Variabel keputusan yang kedua yaitu :

$$z_k = \begin{cases} 1 & \text{jika kendaraan } k \text{ aktif} \\ 0 & \text{lainnya.} \end{cases}$$

Kendaraan  $k$  dinyatakan aktif jika kendaraan  $k$  mengunjungi minimal satu pelanggan. Berdasarkan kedua variabel keputusan tersebut, maka OVRP memiliki fungsi tujuan yang dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$\min \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n c_{ij} x_{ij}^k + \sum_{k=1}^K w_k z_k \quad (2.1)$$

serta fungsi kendala :

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^n x_{ij}^k = 1, \quad \forall j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.2)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n x_{ij}^k = 1, \quad \forall i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.3)$$

$$x_{ij}^k \leq z_k, \quad \forall i = 0, 1, 2, \dots, n; \forall j = 1, 2, 3, \dots, n; \forall k = 1, 2, 3, \dots, K \quad (2.4)$$

$$\sum_{i=0}^n x_{iu}^k - \sum_{j=1}^n x_{uj}^k = 0, \quad \forall k = 1,2,3, \dots, n; \quad \forall u = 1,2,3, \dots, n \quad (2.5)$$

$$\sum_{(i,j) \in S \times S} x_{ij}^k \leq S - 1, \quad \forall S \subseteq V: 1 \leq S \leq n; \quad \forall k = 1,2,3, \dots, K \quad (2.6)$$

$$\sum_{j=1}^n q_j (\sum_{i=0}^n x_{ij}^k) \leq Q, \quad \forall k = 1,2,3, \dots, K \quad (2.7)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{0j}^k \leq 1, \quad \forall k = 1,2,3, \dots, K \quad (2.8)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{i0}^k = 0, \quad \forall k = 1,2,3, \dots, K \quad (2.9)$$

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}, \quad \forall i = 0,1,2, \dots, n; \quad \forall j = 1,2,3, \dots, n; \quad \forall k = 1,2,3, \dots, K \quad (2.10)$$

$$z_k \in \{0,1\}, \quad \forall k = 1,2,3, \dots, K \quad (2.11)$$

dimana,

$c_{ij}$  = biaya perjalanan dari  $v_i$  ke  $v_j$

$w$  = biaya operasional kendaraan

$q$  = permintaan pelanggan

$Q$  = kapasitas maksimal kendaraan

$K$  = jumlah maksimal kendaraan yang digunakan.

Persamaan (2.1) merupakan fungsi tujuan untuk meminimalkan biaya perjalanan dan biaya operasional kendaraan yang digunakan. Biaya perjalanan berkaitan dengan biaya konsumsi bahan bakar kendaraan per kilometer, sedangkan biaya operasional kendaraan adalah biaya sewa kendaraan. Fungsi kendala (2.2) dan (2.3) memastikan ada tepat satu kendaraan yang mengunjungi dan meninggalkan setiap pelanggan serta depot dalam setiap rute. Fungsi kendala (2.4) menunjukkan relasi variabel  $x$  dan  $z$  untuk memastikan setiap pelanggan dilayani oleh kendaraan yang aktif. Fungsi kendala (2.5) merupakan persamaan yang memodelkan kontinuitas setiap rute kendaraan. Fungsi kendala (2.6) untuk mengeliminasi subtur. Pada fungsi kendala ini, untuk setiap  $i = 1,2, \dots, S$  dan  $j = 1,2, \dots, S$  maka jumlah lintasan yang terbentuk kurang dari atau sama dengan  $S - 1$ . Fungsi kendala (2.7) menunjukkan total permintaan pelanggan yang dimuat oleh setiap kendaraan pada satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan ( $Q$ ). Fungsi (2.8) dan (2.9) merupakan fungsi untuk memastikan ada tepat satu kendaraan yang meninggalkan depot untuk melayani urutan pelanggan pelanggan dalam setiap rute dan tidak ada kendaraan yang kembali ke depot. Fungsi (2.10) dan (2.11)

mendefinisikan variabel  $x$  dan  $z$  untuk setiap kendaraan  $k$  (Mirhassani dan Abolghasemi, 2011).

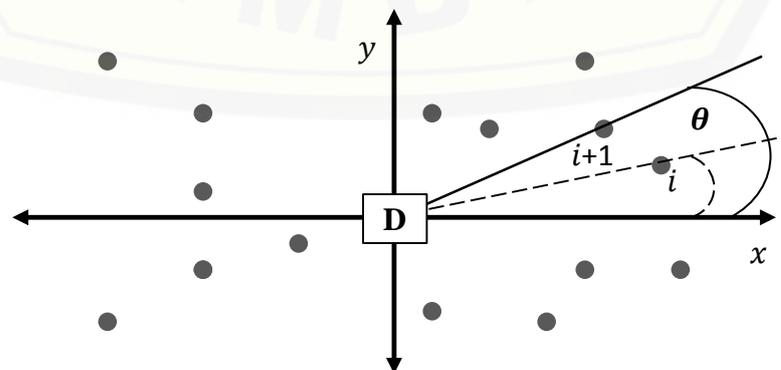
## 2.4 Algoritma Sweep

Algoritma *sweep* termasuk dalam algoritma heuristik. Algoritma ini pertama kali diperkenalkan oleh Gillet dan Miller pada tahun 1974. Algoritma *sweep* diawali dengan menentukan koordinat polar setiap lokasi pelanggan. Pada algoritma ini depot dianggap sebagai titik pusat koordinat. Oleh karena itu, perhitungan  $\theta_i$  untuk setiap pelanggan menggunakan persamaan

$$\theta_i = \tan^{-1} \left( \frac{y_i - y_0}{x_i - x_0} \right) \quad (2.12)$$

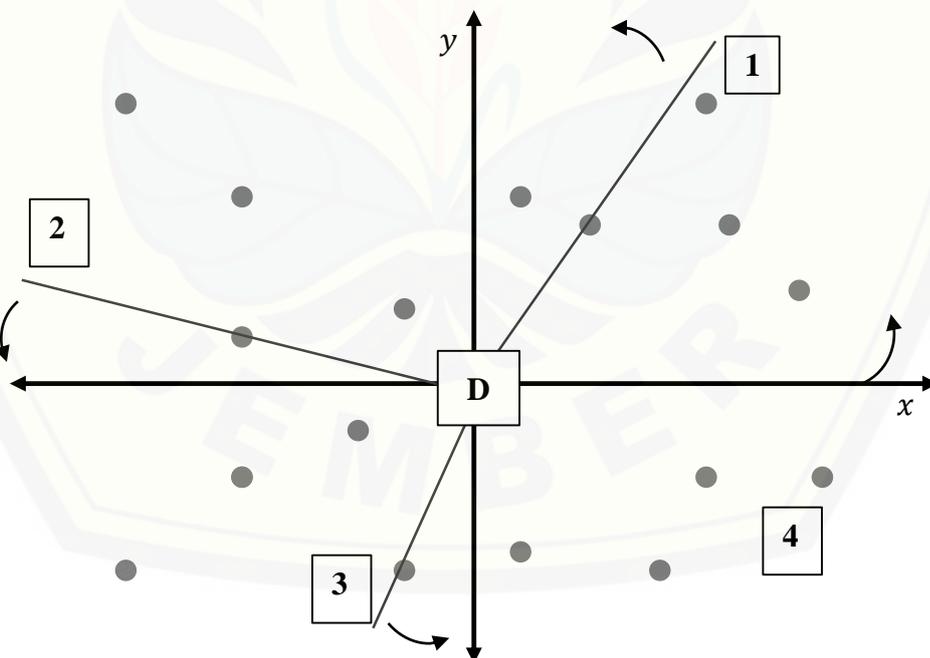
dengan  $(x_i, y_i)$  sebagai titik lokasi pelanggan sedangkan  $(x_0, y_0)$  sebagai titik lokasi depot (Yousefikhoshbakht dan Khorram, 2012).

Langkah selanjutnya yaitu *sweeping* pelanggan. *Sweeping* pelanggan dilakukan dengan membuat *radial line* yang membentuk suatu sudut dengan depot sebagai pusat. Sudut ini diperbesar hingga wilayah yang dilalui *radial line* tersebut mencakup pelanggan pada titik  $i$ . Sudut selanjutnya diperbesar hingga mencakup pelanggan pada titik  $i + 1$ . Jika permintaan pelanggan pada titik  $i + 1$  ditambahkan dengan permintaan pelanggan pada titik  $i$  tidak melebihi kapasitas maksimal yang ditentukan, maka pelanggan pada titik  $i$  dan  $i + 1$  termasuk dalam satu kluster. Namun jika melebihi kapasitas maksimal yang telah ditentukan, maka *sweeping* dihentikan dan pelanggan pada titik  $i + 1$  akan dimasukkan dalam kluster berikutnya. Proses ini berlaku untuk  $i + 2$ ,  $i + 3$ ,  $i + 4$ , dan seterusnya serta diulang sampai semua titik memiliki kluster (Nurcahyo dkk, 2002)



Gambar 2.2 Ilustrasi *Radial Line*

Algoritma *sweep* memiliki 2 jenis metode dalam penerapannya. Kedua metode ini dibedakan berdasarkan arah perputaran *radial line*. Metode tersebut yaitu *forward sweep* dan *backward sweep*. *Forward sweep* merupakan pengelompokan pelanggan dengan arah perputaran *radial line* dimulai dari sudut  $0^\circ$  menuju sudut  $360^\circ$ . Arah perputaran ini biasa disebut dengan *counter clockwise* atau berlawanan arah jarum jam. *Backward sweep* memiliki arah perputaran sebaliknya. Arah perputaran *radial line* pada metode ke dua dalam algoritma *sweep* ini bergerak dari sudut  $360^\circ$  menuju sudut  $0^\circ$ . Arah perputaran ini dapat juga disebut dengan perputaran searah jarum jam (*clockwise*) (Akhand dkk, 2017). Gambar 2.3 menunjukkan pengelompokan pelanggan menjadi 4 kluster dengan D sebagai depot dan titik-titik sebagai pelanggan. Pengelompokan ini menggunakan metode *forward sweep* sehingga urutan kluster dapat dilihat pada Gambar 2.3. Hasil pengelompokan pelanggan tersebut menghasilkan kluster pertama dengan 4 pelanggan, kluster ke-2 dengan 5 pelanggan, kluster ke-3 dengan 4 pelanggan, dan kluster ke-4 dengan 4 pelanggan.



Gambar 2.3 Contoh Pengelompokan dengan *Forward Sweep*

Langkah selanjutnya dalam algoritma ini yaitu generasi rute. Generasi rute bertujuan untuk menghubungkan semua titik dalam setiap kluster. Setiap titik dihubungkan berdasarkan jarak antara titik dengan depot serta jarak antara suatu

titik dengan titik lainnya. Titik pertama yang dihubungkan dengan depot merupakan titik yang memiliki jarak terdekat dengan depot. Titik berikutnya dihubungkan dengan titik pertama berdasarkan lokasi yang terdekat dengan titik pertama. Prosedur ini dilanjutkan hingga semua titik dalam setiap klaster yang sama terhubung dalam satu rute (Rehana dkk, 2017).



## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Data Penelitian

Data dalam penelitian ini adalah data distribusi produk PT. Ciomas Adisatwa dari penelitian Kusumawardani dan Sari (2017). PT. Ciomas Adisatwa merupakan perusahaan yang melayani permintaan daging ayam di Kota Semarang dan sekitarnya. Data ini terdiri atas sebuah depot dan 21 pelanggan. Depot berlokasi di Jl. Patimura Km 6, Kauman Lor, Pabelan, Kab. Semarang, Jawa Tengah, sedangkan pelanggan-pelanggan tersebar di beberapa wilayah di Kota Semarang dan sekitarnya. Data yang digunakan berupa data lokasi depot dan pelanggan, jumlah permintaan pelanggan, jarak antara lokasi depot dan pelanggan, serta jarak antarlokasi pelanggan. Peneliti menambahkan data koordinat lokasi depot dan pelanggan berdasarkan data lokasi depot dan pelanggan yang terdapat dalam penelitian Kusumawardani dan Sari (2017). Dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa PT. Ciomas Adisatwa belum memiliki cara pendistribusian daging ayam yang tetap. Oleh karena itu, peneliti menambahkan data tentang penggunaan kendaraan sewa pada proses distribusi daging ayam.

Data dalam penelitian ini dibagi dalam enam kriteria. Kriteria-kriteria tersebut yaitu lokasi depot dan pelanggan, permintaan pelanggan, jarak antara setiap lokasi, kapasitas kendaraan dan biaya operasional kendaraan. Kelima kriteria ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

#### a. Lokasi Depot dan Pelanggan

Data ini berupa data koordinat lokasi depot serta pelanggan. Data lokasi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data alamat PT. Ciomas Adisatwa (depot) serta alamat 21 pelanggan dari perusahaan tersebut (Lampiran A). Menurut Firdaus (2015), *Google Maps* dapat memberikan informasi sistem koordinat geografis suatu lokasi yang direpresentasikan dalam *latitude* ( $y$ ) dan *longitude* ( $x$ ). Oleh karena itu, peneliti menggunakan bantuan *Google Maps* untuk mendapatkan data koordinat lokasi depot dan pelanggan (Lampiran B).

b. Permintaan Pelanggan

Data ini berupa data jumlah permintaan setiap pelanggan. Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data permintaan daging ayam oleh setiap pelanggan PT.Ciomas Adisatwa pada tanggal 9 Februari 2017. Permintaan pelanggan dipenuhi dalam setiap satuan kg (Lampiran C).

c. Jarak Antara Setiap Lokasi

Data ini berupa data jarak tempuh kendaraan antara setiap lokasi. Data pada penelitian ini merupakan data jarak yang ditempuh oleh suatu kendaraan dari lokasi PT. Ciomas Adisatwa (depot) menuju setiap lokasi pelanggan serta jarak tempuh kendaraan antarlokasi pelanggan. Data jarak disajikan dalam satuan km (lampiran D).

d. Kapasitas Kendaraan

Kapasitas kendaraan merupakan ukuran kemampuan kendaraan untuk membawa muatan. Kendaraan yang digunakan merupakan kendaraan sewa dengan jenis yang homogen (mobil *ice box*) yang memiliki kapasitas maksimal 500 kg daging ayam per kendaraan.

e. Estimasi Konsumsi Bahan Bakar

Kendaraan yang digunakan dalam proses distribusi produk merupakan mobil *ice box* dengan estimasi konsumsi bahan bakar Rp850,00 per km.

f. Biaya operasional kendaraan

Biaya operasional dalam penelitian ini meliputi biaya sewa per unit kendaraan serta upah dua orang pekerja. Biaya operasional tersebut sebesar Rp500.000,00 untuk setiap kendaraan per hari.

### 3.2 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian tentang penerapan algoritma *sweep* untuk menemukan penyelesaian OVRP dalam penelitian ini sebagai berikut:

a. Studi literatur

Langkah pertama dalam penelitian ini yaitu studi literatur tentang OVRP dan algoritma *sweep* dari artikel-artikel di internet, skripsi, dan sumber lain yang berhubungan dengan algoritma dan permasalahan.

b. Pengumpulan Data

Data yang digunakan berdasarkan sub bab 3.1. Data tersebut berupa lokasi depot dan pelanggan, jumlah pelanggan, jarak antara lokasi depot dan pelanggan, jarak antarlokasi pelanggan, jumlah permintaan setiap pelanggan, kapasitas kendaraan, serta biaya operasional setiap kendaraan.

c. Penerapan Algoritma *sweep*

Penerapan algoritma *sweep* meliputi beberapa proses, yaitu :

- 1) merepresentasikan data lokasi depot dan pelanggan dalam koordinat polar dengan depot sebagai pusat koordinat;
- 2) membuat *radial line* dan menentukan arah perputarannya;
- 3) memperbesar sudut *radial line* hingga mencakup pelanggan pertama;
- 4) memperbesar sudut *radial line* hingga pelanggan-pelanggan yang tercakup memiliki total permintaan kurang dari atau sama dengan kapasitas kendaraan (terbentuk satu klaster);
- 5) mengulangi langkah 3 dan 4 hingga membentuk beberapa klaster yang mencakup semua pelanggan seperti pada Gambar 2.4;
- 6) generasi rute berdasarkan jarak antarlokasi pada setiap klaster seperti pada sub bab 2.4.

d. Pembuatan Program

Program menggunakan GUI MATLAB sehingga akan mempermudah dalam input data serta melihat outputnya.

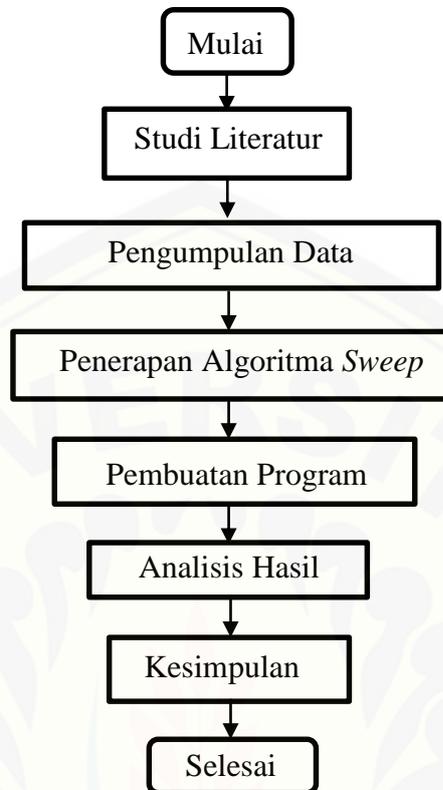
e. Analisis Hasil

Pada analisis hasil, dilakukan perbandingan dan pembahasan hasil yang diperoleh dari penerapan algoritma *sweep* dengan metode *forward sweep* dan *backward sweep* untuk penyelesaian OVRP pada kasus distribusi produk. Hasil yang dibandingkan yaitu rute kendaraan dalam pelayanan pelanggan serta biaya operasional yang perlu dikeluarkan.

f. Kesimpulan

Penarikan kesimpulan berdasarkan analisis hasil.

Skema langkah-langkah penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Skema Langkah-langkah Penelitian

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa penerapan algoritma *sweep* untuk penyelesaian *Open Vehicle Routing Problem* (OVRP) pada kasus pendistribusian produk menggunakan metode *forward sweep* dan *backward sweep* menghasilkan kombinasi pelanggan dan rute yang berbeda pada setiap klasternya. Pada kasus pendistribusian produk PT. Ciomas Adisatwa ke 21 pelanggan, rute yang dihasilkan dari penerapan metode *backward sweep* 19,3 km lebih jauh dari rute yang dihasilkan dari penerapan metode *forward sweep* sehingga terdapat selisih biaya distribusi sebesar Rp16.405,00. Oleh karena itu solusi yang paling optimal yaitu solusi dari penerapan metode *forward sweep*.

### 5.2 Saran

Penelitian ini merupakan penelitian tentang *Open Vehicle Routing Problem* (OVRP) dengan produk serta kendaraan yang digunakan memiliki jenis yang homogen. Penelitian selanjutnya dapat melakukan penelitian tentang OVRP dengan jenis produk dan kendaraan yang heterogen. Selain itu, penelitian juga dapat dilakukan dengan menerapkan algoritma yang berbeda atau dengan menambahkan kendala waktu pengiriman, kondisi jalan (lintasan), serta jenis permintaan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Akhand, M. A., Z. J. Peya, dan K. Murase. 2017. Capacitated Vehicle Routing Problem Solving using Adaptive Sweep and Velocity Tentative PSO. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 20(4): 288-295.
- Atefi, R., M. Salari, L. C. Coelho, dan J. Renaud. 2017. The Open Vehicle Routing Problem with Decoupling Points. *European Journal of Operational Research*. 265(1): 316-327.
- Fatimah, Z. M. 2016. Penerapan Algoritma *Particle Swarm Optimization* untuk *Vehicle Routing Problem with Time Windows* pada Kasus Pendistribusian Barang. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Firdaus, R. M. 2015. Perancangan Sistem Informasi Pencarian Hotel di Wilayah Jember dengan Google *Maps* API. *Skripsi*. Jember: Program Studi Sistem Informasi Universitas Jember.
- Ge, B., Y. Han, dan C. Bian. 2016. Hybrid Ant Colony Optimization Algorithm for Solving the Open Vehicle Routing Problem. *Journal of Computers*. 27(4): 41-54.
- Kumar, V. S. dan R. Jayacitra. 2016. Linear Sweep Algorithm for Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery between Two Depots with Several Nodes. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*. 12(1): 897-908.
- Kusumawardani, A. P. dan E. R. Sari. 2017. Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Menggunakan Metode Clarke and Weight Saving dan Algoritma Genetika untuk Distribusi Daging Ayam di PT. Ciomas Adisatwa. <https://eprints.uny.ac.id/52610>. [Diakses pada 20 Desember 2018].
- Lipschutz, S. dan M. Lipson. 2002. *Matematika Diskrit Edisi 2*. Jakarta: Salemba Teknik.
- Mirhassani, S. A. dan N. Abolghasemi. 2011. A Particle Swarm Optimization Algorithm for Open Vehicle Routing Problem. *Expert Systems with Applications*. 38: 11547-11551.
- Moolman, A. J., K. Koen, dan J. V. Wethuizen. 2010. Activity Based Costing For Vehicle Routing Problems. *South African Journal of Industrial Engineering*. 21(2): 161-171.
- Munir, R. 2010. *Matematika Diskrit*. Bandung: Informatika.

- Nurchahyo, G. W., R. A. Alias, M. Shamsuddin, dan M. Noor. 2002. Sweep Algorithm in Vehicle Routing Problem For Public Transport. *Jurnal Antarbangsa*. 2: 51-64.
- Rehana, S., K. V. Subbaiah, dan M. Premsai. 2017. Solving A capacitated Vehicle Routing Problem Using Metaheuristic Algorithm. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*. 3(1): 804-808.
- Sevкли, A. Z. dan B. Guler. 2017. The Multi-Phase Oscillated Variable Neighbourhood Search Algorithm for Real World Open Vehicle Routing Problem. *Applied Soft Computing*. 58: 128-144.
- Wilson, R. J. 2010. *Pengantar Teori Graf*. Jakarta: Erlangga.
- Yousefikhoshbakht, M. dan E. Khorram. 2012. Solving Vehicle Routing Problem by a Hybrid Metaheuristic Algorithm. *Journal of Industrial Engineering International*. 8(11): 1-9.

LAMPIRAN

Lampiran A. Lokasi Depot dan Pelanggan

Kode	Tempat	Alamat
0	Depot (PT Ciomas Adisatwa)	Jl. Patimura Km 6, Kauman Lor, Pabelan, Kab Semarang.
1	Ayam Krezy	Jl. Nakula Sadewa No.9, Kembangarum, Dukuh, Sidomukti, Kota Salatiga.
2	D'Saji Crispy	Jl. Jend. Sudirman No.265a, Gendongan, Tingkir, Salatiga.
3	Wahid Hotel	Jl. Jendral Sudirman No. 2, Salatiga, Sidorejo, Salatiga, Sidorejo, Kota Salatiga.
4	LA Crispy	Jl. Plongkowati, Tegalrejo, Argomulyo, Tegalrejo, Salatiga, Kota Salatiga.
5	Chicken Day	Sidoharjo, Susukan, Semarang.
6	Balemong Resort	Jl. Patimura No. 1B, Sisemut, Ungaran.
7	The Wujil Resort & Conventions	Jl. Soekarno-Hatta km 25,5 Ungaran, Semarang.
8	Semesta Bilingual Boarding School	Jl. Raya Manyaran-Gunungpati No.KM. 15, Nongkosawit, Gn. Pati, Kota Semarang.
9	Ada Swalayan	Jl. Setiabudi No. 221 - 225, Srandol Wetan, Banyumanik, Srandol Kulon, Semarang, Kota Semarang.
10	PT. Carrefour Indonesia	Jl. Jenderal Anton Sujarwo No.119, Srandol Wetan, Banyumanik, Kota Semarang.
11	A&W Restaurants, Duta Pertiwi Mall Semarang	Jl. Pemuda No. 150, Sekayu, Semarang Tengah, Kota Semarang.
12	A&W Restaurants Srandol	Jl. Setiabudi No. 127, Srandol Kulon, Banyumanik, Kota Semarang.
13	Richeese Factory	Jl. S. Parman No.48, Gajahmungkur, Kota Semarang.
14	Noormans Hotel Semarang	Jl. Teuku Umar No. 27, Kel. Jatingaleh, Kec. Gajahmungkur, Karangrejo, Gajahmungkur, Kota Semarang.
15	Sarana Medika	Jl. Kh Ahmad Dahlan, Pekunden, Semarang Tengah, Kota Semarang.
16	Rumah Sakit Permata Medika	Jl. Raya Mr. Moch Ichsan No. 93-97 Ngaliyan, Ngaliyan, Kota Semarang.

<b>Kode</b>	<b>Tempat</b>	<b>Alamat</b>
17	Pop Chicken	Ruko Permata Karanggeneng Kav.D, Jl. Mr. Wurjanto, Sumurejo, Gunung Pati, Sumurrejo, Gn. Pati, Kota Semarang.
18	Family Fried Chicken	Jl. Meranti Barat I 335 RT 006/16, Semarang, 50235, Sronдол Wetan, Banyumanik, Semarang.
19	Hotel ibis Semarang Simpang Lima	Jl. Gajahmada No.172, Pekunden, Semarang Tengah, Kota Semarang.
20	CV. Jaya Mandiri	Jl. Pedurungan Kidul I No.3, Pedurungan Kidul, Pedurungan, Kota Semarang.
21	Quick Chicken	Jl. Pandanaran No.197, Banaran, Pambraman, Banaran, Kec. Boyolali, Kabupaten Boyolali.

## Lampiran B. Koordinat Lokasi Pelanggan

<b>Kode</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Kode</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
0	-7,271604	110,517393	11	-6,983267	110,412267
1	-7,333543	110,489326	12	-7,049536	110,418701
2	-7,337631	110,507157	13	-7,004666	110,411249
3	-7,325852	110,504389	14	-7,027993	110,418218
4	-7,341871	110,503266	15	-6,98879	110,425904
5	-7,40847	110,59464	16	-7,000191	110,342195
6	-7,117661	110,403054	17	-7,108038	110,391616
7	-7,173374	110,415699	18	-7,073593	110,418963
8	-7,059727	110,361691	19	-6,986681	110,422775
9	-7,06082	110,412743	20	-7,011981	110,47599
10	-7,067949	110,411509	21	-7,52948	110,601555

## Lampiran C. Permintaan Pelanggan

<b>Kode</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>permintaan</b>	150	120	60	55	80	100	40	60	40	40	40

<b>Kode</b>	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<b>permintaan</b>	40	40	100	45	45	45	35	65	50	35

Lampiran D. Jarak Antara Setiap Lokasi

<b>Kode</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	9,5	7,7	6,9	9,3	23,5	28,4	21,8	38,5	34,4	34,3	45,9
1	9,5	0	2,5	2,6	1,7	20,9	27,5	24,2	33,4	30,8	30,5	39,5
2	7,7	2,5	0	1,3	1,6	16,4	30	23,4	40,1	36	35,9	47,5
3	6,9	2,6	1,3	0	1,6	17,8	29,4	22,8	39,5	35,4	35,4	46,9
4	9,3	1,7	1,6	1,6	0	16,5	30,7	24,2	40,8	36,7	36,7	48,2
5	23,5	20,9	16,4	17,8	16,5	0	52	45,4	62,1	58	56,3	68,5
6	28,4	27,5	30	29,4	30,7	52	0	7,1	10,1	6,8	6,7	18,3
7	21,8	24,2	23,4	22,8	24,2	45,4	7,1	0	16,7	12,6	12,6	24,2
8	38,5	33,4	40,1	39,5	40,8	62,1	10,1	16,7	0	15,4	15,4	15,4
9	34,4	30,8	36	35,4	36,7	58	6,8	12,6	15,4	0	0,16	13,6
10	34,3	30,5	35,9	35,4	36,7	56,3	6,7	12,6	15,4	0,16	0	11,7
11	45,9	39,5	47,5	46,9	48,2	68,5	18,3	24,2	15,4	13,6	11,7	0
12	35,1	31	36,7	36,1	37,4	58,7	7,5	13,4	16,2	0,75	0,9	10,8
13	42,2	33,4	43,8	43,4	44,6	65,9	14,6	20,5	12,8	7,9	8	3,5
14	39,2	31,3	40,8	40,3	41,5	62,8	11,6	17,4	12,1	4,8	5	6,9
15	44,6	38,2	46,2	45,6	46,9	68,2	17	29,5	14,3	10,2	10,4	2,3
16	51,2	43,7	52,8	52,5	53,5	74,8	22,9	28,3	15,1	18,2	18,4	8,7
17	30,1	30,3	31,7	31,3	32,4	53,7	1,7	13,1	8,4	8,1	7,3	16,8
18	30	29,1	34,5	33,9	35,2	54,5	7,2	12,3	15,9	2,2	0,2	13,5
19	44,7	38,3	46,3	45,8	47,1	68,4	17,1	28,4	14,5	10,4	10,5	2,4
20	38,5	43,8	51,7	36,1	52,5	69,6	21	37,4	21,2	14,8	15	9,6
21	32,9	47,5	25,2	26,5	25,2	19,4	57,3	50,2	67,4	63,5	62,5	74,4

<b>Kode</b>	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
0	35,1	42,2	39,2	44,6	51,2	30,1	30	44,7	38,5	32,9
1	31	33,4	31,3	38,2	43,7	30,3	29,1	38,3	43,8	47,5
2	36,7	43,8	40,8	46,2	52,8	31,7	34,5	46,3	51,7	25,2
3	36,1	43,4	40,3	45,6	52,5	31,3	33,9	45,8	36,1	26,5
4	37,4	44,6	41,5	46,9	53,5	32,4	35,2	47,1	52,5	25,2
5	58,7	65,9	62,8	68,2	74,8	53,7	54,5	68,4	69,6	19,4
6	7,5	14,6	11,6	17	22,9	1,7	7,2	17,1	21	57,3
7	13,4	20,5	17,4	29,5	28,3	13,1	12,3	28,4	37,4	50,2
8	16,2	12,8	12,1	14,3	15,1	8,4	15,9	14,5	21,2	67,4
9	0,75	7,9	4,8	10,2	18,2	8,1	2,2	10,4	14,8	63,5
10	0,9	8	5	10,4	18,4	7,3	0,2	10,5	15	62,5
11	10,8	3,5	6,9	2,3	8,7	16,8	13,5	2,4	9,6	74,4
12	0	7,1	4,1	9,5	17,5	11,9	6,5	9,6	14,1	70,9
13	7,1	0	3,4	4,6	10,3	15,2	10	3,8	10,7	71
14	4,1	3,4	0	5,4	13,4	12,2	6,6	5,6	10	67,6
15	9,5	4,6	5,4	0	10	18,1	10,5	1,9	8,1	74,4
16	17,5	10,3	13,4	10	0	21,1	20,4	12,5	17,7	80,1
17	11,9	15,2	12,2	18,1	21,1	0	7,5	17,4	23	59
18	6,5	10	6,6	10,5	20,4	7,5	0	11,2	15,2	63,2
19	9,6	3,8	5,6	1,9	12,5	17,4	11,2	0	9,1	74,6
20	14,1	10,7	10	8,1	17,7	23	15,2	9,1	0	77,6
21	70,9	71	67,6	74,4	80,1	59	63,2	74,6	77,6	0

## Lampiran E. Tampilan Skrip Program untuk Data yang Diinputkan

```
%Data
Koordinat=get(handles.uitable1,'data');
Distance=get(handles.uitable2,'data');
Kapasitas=str2num(get(handles.edit1,'string'));
Sewa=str2num(get(handles.edit2,'string'));
BBM=str2num(get(handles.edit3,'string'));

%-----
%List Pelanggan Hari-h
Data=get(handles.uitable3,'data');
Pelanggan=Data(1,:);
Permintaan=Data(2,:);
```

Lampiran F. Tampilan Skrip Program untuk *Clustering* Pelanggan

```
N=length(Pelanggan);
for i=1:N
    y=Koordinat(Pelanggan(i)+1,1)-Koordinat(1,1);
    x=Koordinat(Pelanggan(i)+1,2)-Koordinat(1,2);
    if x>0 && y>0 %Kuadran 1
        Theta(i)=atand(y/x);
    elseif x<0 && y>0 %Kuadran 2
        Theta(i)=180+atand(y/x);
    elseif x<0 && y<0 %Kuadran 3
        Theta(i)=180+atand(y/x);
    elseif x>0 && y<0 %Kuadran 4
        Theta(i)=360+atand(y/x);
    elseif y==0 %Sumbu x
        if x>0
            Theta(i)=0;
        else
            Theta(i)=180;
        end
    elseif x==0 %Sumbu y
        if y>0
            Theta(i)=90;
        else
            Theta(i)=270;
        end
    end
end
dir1=get(handles.radiobutton1,'value');
dir2=get(handles.radiobutton2,'value');
if dir1==1
    [Theta_urut, indeks]=sort(Theta);
elseif dir2==1
    [Theta_urut, indeks]=sort(Theta,'descend');
end
k=1; a=1; all=0;
for i=1:N
    tot_permintaan=sum(Permintaan(indeks(a:i)));
    if tot_permintaan>Kapasitas
        Cluster{k}=Pelanggan(indeks(a:i-1));
        k=k+1;
    end
end
```

```

a=i;
all=all+length(Cluster{k-1});
end
end
if all<N
Cluster{k}=Pelanggan(indeks(a:N));
end
K=size(Cluster,2); %jumlah kendaraan aktif

```

#### Lampiran G. Tampilan Skrip Program untuk Generasi Rute

```

for k=1:K
Dim=length(Cluster{k});
temp=Cluster{k};
nd=0; Rute{k}=[];
while ~isempty(temp)
dist=[];
for i=1:length(temp)
dist(i)=Distance(nd+1,temp(i)+1);
end
min_dist=find(dist==min(dist));
Rute{k}=[Rute{k} temp(min_dist(1))];
nd=temp(min_dist(1));
temp=setxor(temp,temp(min_dist(1)),'stable');
end
end

```

#### Lampiran H. Tampilan Skrip Program untuk *Plotting* Rute dan Perhitungan Jarak pada Setiap Rute

```

axes(handles.axes1);
Coor=[Koordinat(:,2) Koordinat(:,1)];
node=size(Coor,1);
color=['k';'r';'g';'b';'m';'c';'y'];
for k=1:K
RuteMap=zeros(node);
RuteMap(1,Rute{k}(1)+1)=Distance(1,Rute{k}(1)+1);
JarakTempuh(k)=Distance(1,Rute{k}(1)+1);
for j=1:length(Rute{k})-1
RuteMap(Rute{k}(j)+1,Rute{k}(j+1)+1)=Distance(Rute{k}(j)+1,Rute{k}(j+1)+1);
JarakTempuh(k)=JarakTempuh(k)+Distance(Rute{k}(j)+1,Rute{k}(j+1)+1);
end
gplot(RuteMap,Coor,['-' color(mod(k-1,7)+1)]);
hold on;
lgd{k}=['Klaster ' num2str(k)];
end
axis image
legend(lgd);
inlat=max(Coor(:,2))-min(Coor(:,2));
inlon=max(Coor(:,1))-min(Coor(:,1));
for i=1:node
line(Coor(i,1),Coor(i,2),'Marker','s','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','r','MarkerSize',5);
text(Coor(i,1),Coor(i,2)+inlat/50,sprintf(num2str(i-1)));
end
line(Coor(1,1),Coor(1,2),'Marker','s','MarkerEdgeColor','k','MarkerSize',15);

```

```
xlim([min(Coor(:,1))-inlon/10 max(Coor(:,1))+inlon/1.6])
ylim([min(Coor(:,2))-inlat/10 max(Coor(:,2))+inlat/10])
hold off;
xlabel('Longitude'); ylabel('Latitude');
```

#### Lampiran I. Tampilan Skrip Output Program

```
output='Solusi';
for k=1:K
    str=['Rute ' num2str(k) ' : 0'];
    for j=1:length(Rute{k})
        str=[str '-' num2str(Rute{k}(j))];
    end
    output={char(output);str,['Jarak Tempuh : '
num2str(JarakTempuh(k))];''};
end
set(handles.listbox1,'string',char(output));
set(handles.text6,'string',[num2str(sum(JarakTempuh)) ' km']);
set(handles.text8,'string',['Rp '
num2str(sum(JarakTempuh)*BBM+K*Sewa)];
set(handles.text10,'string',[num2str(toc) ' d']);
```

#### Lampiran J. Output Program dengan Metode *Forward Sweep*

Klaster	Rute	Jarak
1	0-18-10-9-12-14-13-11-15-19-20	55,41
2	0-3-1-7-6-17-8-16	66
3	0-2-4-5-21	45,2
Total		166,61

#### Lampiran K. Output Program dengan Metode *Backward Sweep*

Klaster	Rute	Jarak
1	0-3-2-4-1-5-21	51,8
2	0-7-6-17-10-9-12-18-8-16	76,31
3	0-20-15-19-11-13-14	57,8
Total		185,91