

2018

Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Menggunakan Algoritma Sweep

Togatorop, Yesi Septiana

<http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/2679>

Downloaded from Repositori Institusi USU, Universitas Sumatera Utara

**PENYELESAIAN *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM*
MENGUNAKAN ALGORITMA *SWEEP***

SKRIPSI

**YESI SEPTIANA TOGATOROP
140803049**



**DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

**PENYELESAIAN *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM*
MENGUNAKAN ALGORITMA SWEEP**

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi tugas dan memenuhi syarat mencapai gelar
Sarjana Sains**

**YESI SEPTIANA TOGATOROP
140803049**



**DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

PERNYATAAN ORISINALITAS

PENYELESAIAN *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM* MENGUNAKAN ALGORITMA *SWEEP*

SKRIPSI

Saya mengakui bahwa skripsi ini adalah hasil kerja saya sendiri. Kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, Maret 2018

Yesi Septiana Togatorop
140803049

PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* Menggunakan Algoritma *Sweep*
Kategori : Skripsi
Nama : Yesi Septiana Togatorop
Nomorindukmahasiswa : 140803049
Program Studi : Sarjana (S1) Matematika
Departemen : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sumatera Utara

Disetujui di
Medan, Maret 2018

Komisi Pembimbing :

Ketua Departemen Matematika
FMIPA USU

Pembimbing

Dr. Suyanto, M.Kom
NIP. 19590813 198601 1 002

Prof. Dr. Saib Suwilo, M.Sc
NIP. 19640109 198803 1 004

PENYELESAIAN *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM* MENGUNAKAN ALGORITMA *SWEEP*

ABSTRAK

Transportasi merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam sistem manajemen logistik. Untuk mencapai pemakaian sarana transportasi yang ideal, diperlukan suatu model yang dapat menggambarkan berbagai masalah dalam bidang transportasi. *Vehicle Routing Problem* (VRP) suatu model yang memiliki banyak varian yang menggambarkan masalah transportasi, salah satu variasi VRP adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) merupakan penentuan sebuah set rute di mana setiap rute tersebut dilakukan oleh sebuah kendaraan yang memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot untuk memenuhi permintaan customer dengan keterbatasan pada kapasitas kendaraan. Tujuan penelitian ini menyelesaikan CVRP menggunakan algoritma *sweep*. Algoritma *sweep* merupakan algoritma yang terdiri dari dua tahap, tahap pertama yaitu *clustering* agen dan tahap kedua yaitu pembentukan rute untuk masing-masing *cluster* dengan metode *Nearest Neighbour*.

Kata Kunci : Transportasi, *Capacitated Vehicle Routing Problem*, Algoritma *Sweep*

COMPLESION OF CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM USING SWEEP ALGORITHM

ABSTRACT

Transportation is one of the most important components in logistics management system. To achieve the ideal use of transportation, a model is needed, which can describe various problems in the field of transportation. Vehicle Routing Problem (VRP) is a model that has many variants that describe transportation problems, one of the variations of VRP is the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) is a determination of a set of routes in which each route is done by a vehicle that starts the journey from the depot and back again to the depot to meet customer demand with limitations on vehicle capacity. The purpose of this research completed CVRP using sweep algorithm. Sweep algorithm is an algorithm consisting of two stages, the first stage is clustering agent and second stage is the formation of route for each cluster with method of Nearest Neighbors.

Keywords : Transportation, Capacitated Vehicle Routing Problem, Sweep Algorithm

PENGHARGAAN

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat-Nya sehingga skripsi dengan judul “Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* Menggunakan Algoritma *Sweep*” dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang turut mendukung dalam penulisan skripsi ini:

1. Bapak Prof. Dr. Saib Suwilo, M.Sc, sebagai Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan arahan, nasehat, dan motivasi yang diberikan kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Tulus, M.Si dan Ibu Dr. Elly Rosmaini, M.Si sebagai Dosen Pembimbing yang banyak memberikan saran dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Dr. Suyanto, M.Kom sebagai Ketua Departemen Matematika dan Bapak Drs. Rosman Siregar, M.Si. selaku Sekretaris Departemen Matematika FMIPA USU.
4. Bapak Dr. Kerista Sebayang, MS sebagai Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.
5. Semua Dosen di Departemen Matematika FMIPA USU atas segala ilmu dan bimbingan yang diberikan kepada penulis selama perkuliahan, serta seluruh Staf Administrasi yang ada di Departemen Matematika FMIPA USU.
6. Bapak Pimpinan PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir Cabang Kota Medan yang telah membantu penulis memberikan data yang diperlukan dalam penulisan skripsi ini.

7. Teristimewa kepada kedua orang tua penulis Bapak St. Togar Togatorop, Ibu Nurma Siallagan, Saudara penulis Riana WindaWati Togatorop, S.Pd, Indra Halomoan Togatorop, S.Pd, Dora Christina Togatorop, S.Pd dan Januarto Manguhir Togatorop, A.md serta keluarga penulis atas doa, nasehat, bimbingan dan dukungan moril dan materil, yang menjadi sumber motivasi bagi penulis untuk tetap semangat dalam perkuliahan dan penulisan skripsi ini.
8. Teristimewa kepada Guntur J R Situmorang, sahabat-sahabat FF, sahabat-sahabat KK, sahabat Herma Agustiar Silalahi, sahabat Fekky Rawang, sahabat Nia Sitohang, teman-teman mahasiswa matematika stambuk 2014, senior-senior dan adik-adik stambuk 2015, 2016 dan 2017 serta abang dan kakak alumni yang telah memberi dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhirnya, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan Tuhan senantiasa menyertai kita.

Medan, Maret 2018

Yesi Septiana Togatorop

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGESAHAN SKRIPSI	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PENGHARGAAN	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Kontribusi Penelitian	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Tinjauan Pustaka	4
 BAB 2 LANDASAN TEORI	
2.1 Transportasi	8
2.2 Graf	8
2.3 <i>Vehicle Routing Problem</i>	9
2.4 <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i>	11
2.5 Metode Penyelesaian <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i>	14
2.5.1 Pendekatan Eksak	14
2.5.2 Pendekatan Heuristik Klasik	15
2.5.3 Pendekatan Heuristik Modern / Metaheuristik	15
2.5.4 Algoritma <i>Saving</i>	16
2.5.5 Algoritma Genetika	16

2.5.6 <i>Cluster First Route Second</i>	17
2.5.7 Algoritma <i>Sweep</i>	18
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Rancangan Penelitian	22
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	23
3.3 Jenis dan Sumber Data	
3.3.1 Jenis Data	23
3.3.1 Sumber Data	24
3.4 Teknik Analisi Data	
3.4.1 Model <i>Capacitate Vehicle Routing Problem</i> Pengiriman Paket (Barang)	24
3.4.2 Program Menggunakan <i>Software</i> MATLAB untuk Menyelesaikan <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i> Menggunakan Algoritma <i>Sweep</i>	26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengolahan Data	
4.1.1 Data Customer	30
4.1.2 Matriks Jarak	30
4.1.3 Tahap Penyelesaian Menggunakan Algoritma <i>Sweep</i>	
4.1.3.1 Tahap Pengelompokkan (<i>Clustering</i>)	30
4.1.3.2 Tahap Pembentukan Rute	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

Nomor Tabel	Judul	Halaman
4.1	Wilayah –wilayah Customer	27
4.2	Data koordinat dan depot	32
4.3	Data Urutan Sudut Polar	36
4.4	Rute Pengiriman Menggunakan Algoritma <i>Sweep</i>	48
4.5	Jarak Tempuh Rute Pengiriman Menggunakan Algoritma <i>Sweep</i>	49
4.6	Rute Pengiriman Perusahaan	49
4.7	Jarak Tempuh Rute Pengiriman Perusahaan	50

DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Judul	Halaman
1.1	Ilustrasi Permasalahan CVRP	5
2.1	Graf dengan 6 node	
2.2	Contoh Kasus Graf Pada CVRP	11
2.3	Graf Untuk Solusi CVRP	11
2.4	Diagram Alir Algoritma <i>sweep</i>	21
3.1	Rancangan Penelitian	23
4.1	Wilayah-wilayah customer dan depot	31
4.2	Koordinat masing-masing wilayah	31

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Lamp	Judul	Halaman
1.	Wilayah-wilayah custmer	63
2.	Matriks Jarak Tempuh dari Depot dan Wilayah Customer (Km)	68
3.	Rute 1, Rute 2 dan Rute 3	69
4.	Surat Izin Pengambilan Data	73
5.	Surat Izin Riset	74

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam sistem manajemen logistik. Peningkatan efisiensi dari sistem transportasi dapat dilakukan dengan memaksimalkan *utilitas* dari alat transportasi yang ada. Untuk mengurangi biaya transportasi dan juga untuk meningkatkan pelayanan terhadap para *costumer*, perlu dicari jalur atau rute terbaik, yang dapat meminimalkan jarak dan waktu. PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir Cabang Kota Medan merupakan perusahaan yang bergerak di bidang logistik dan pengiriman barang. Perusahaan tersebut melakukan pengiriman dengan pembagian wilayah untuk setiap rute tidak dilakukan secara efisien dikarenakan penggunaan kendaraan yang melakukan pengiriman barang banyak tetapi kapasitas pada kendaraan tersebut sering mengalami kekosongan *space* didalamnya. Untuk mencapai pemakaian sarana transportasi yang ideal, diperlukan suatu model, yang dapat menggambarkan berbagai masalah dalam bidang transportasi. *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah suatu model yang memiliki banyak varian, yang menggambarkan masalah transportasi, yang bertujuan untuk menemukan rute dengan biaya minimum untuk pengiriman suatu produk kepada sejumlah customer di beberapa lokasi yang berbeda, dengan menggunakan beberapa kendaraan. VRP pertama kali dipelajari oleh Dantzig dan Ramser (1959) dalam bentuk rute dan pedjawalan truk. Clarke dan Wright (1964) kemudian melanjutkan penelitian ini dengan memperkenalkan istilah depot sebagai tempat keberangkatan dan kembalinya kendaraan. Clarke dan Wright menggunakan saving algorithm.

Beberapa dari contoh varian dari VRP antara lain (Suprayogi: 2003):

- VRP *Time Windows*: VRPTW
- *Capacitated* VRP: CVRP
- VRP *PickUp and Delivery*: VRPPD
- *Dynamic* VRP: DVRP

Berdasarkan contoh beberapa varian dari VRP, penulis tertarik melakukan penelitian tentang penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang merupakan penentuan sebuah set rute di mana setiap rute tersebut dilakukan oleh sebuah kendaraan yang memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot untuk memenuhi permintaan customer dengan keterbatasan pada kapasitas kendaraan. Selain itu, diperlukan metode atau algoritma untuk menyelesaikan model masalah tersebut. Pada penelitian ini menggunakan algoritma *Sweep* yang adalah salah satu pendekatan untuk memecahkan permasalahan CVRP yang menugaskan node ke dalam *cluster* dan menghasilkan rute terbaik untuk meminimumkan biaya transportasi.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana menyelesaikan permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* menggunakan Algoritma *Sweep* sehingga diperoleh solusi yang mendekati optimal dengan tidak mengabaikan batasan-batasan yang ada.

1.3 Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah dalam penulisan skripsi ini yaitu :

1. Wilayah objek permasalahan adalah kota Medan.
2. Kapasitas angkut kendaraan seragam.
3. Data diperoleh dari perusahaan, dimana data tersebut meliputi data perusahaan berupa:
 - Perusahaan PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir Cabang Kota Medan.
 - Wilayah penerima barang di kota Medan sejumlah 200 wilayah.
 - Berat barang yang akan dikirim.
 - Jenis kendaraan dan kapasitas kendaraan.
4. Paramater penentu optimasi adalah kapasitas kendaraan dan rute.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* menggunakan algoritma *Sweep*.

1.5 Kontribusi Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah peneliti mendapatkan pengalaman yang berharga melalui keterlibatannya secara langsung pada dunia kerja serta mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang diperoleh tentang penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* menggunakan Algoritma *Sweep* dalam menganalisa optimasi rute pengiriman.

1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian disusun dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Studi Pendahuluan

Mengumpulkan bahan referensi dan mempelajari serta menggali berbagai informasi berupa jurnal-jurnal ataupun situs internet yang berhubungan dengan *Capacitated Vehicle Routing Problem*(CVRP).

2. Pengumpulan Data

Penelitian ini memperoleh data yang dibutuhkan dari perusahaan berupa data barang yang dikirim, data kapasitas kendaraan, dan data wilayah-wilayah penerima barang.

3. Pengolahan Data

- a. Membuat Model *Capacitated Vehicle Routing Problem* Pengiriman Paket.

- b. Menyelesaikan dengan CVRP menggunakan algoritma *sweep* yaitu:

- Membuat data tabel wilayah customer
- Membuat matriks jarak tempuh dari depot dan wilayah customer
- Tahapan menggunakan algoritma *sweep* ada 2 yaitu:
 - Membuat pengelompokkan (*clustering*)
 - Membuat pembentukan rute pengiriman akan diselesaikan dengan metode *Nearest Neighbour*.

4. Membuat kesimpulan dan saran.

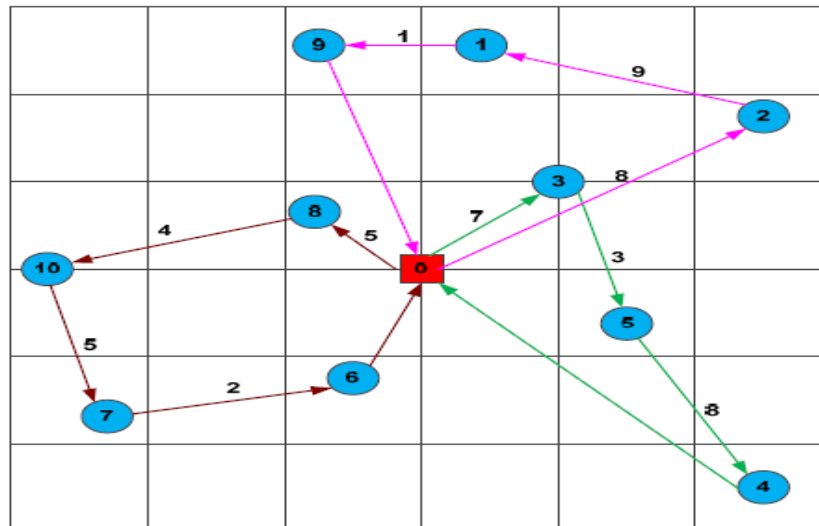
1.7 Tinjauan Pustaka

Permasalahan menentukan rute kendaraan yang digunakan untuk mendistribusikan barang ke sejumlah agen dari suatu depot dengan tujuan meminimumkan total biaya perjalanan yang memenuhi kendala-kendala yang diberikan, termasuk dalam permasalahan yang disebut *Travelling Salesman Problem* (TSP). Inti dari TSP yaitu dalam melakukan satu kali perjalanan, seorang *salesman* diharuskan mengunjungi beberapa agen, dimana setiap agen hanya dikunjungi satu kali dan diakhiri dengan kembali ke depot. TSP kemudian berkembang atau diperluas menjadi *Vehicle Routing Problem* (VRP). VRP merupakan perluasan dari TSP sehingga VRP sering disebut sebagai m-TSP.

VRP adalah istilah umum yang banyak dipergunakan. Beberapa ahli lain menggunakan istilah yang berbeda, namun tetap pada permasalahan yang sama seperti, *Vehicle Dispatching* yang dipelajari oleh Dantzig dan Ramser (1959) atau yang paling dikenal dengan *Truck Dispatching Problem* yang merupakan perutean optimal armada truk pengangkut bensin antara terminal massal dan sejumlah besar stasiun layanan yang dipasok oleh terminal. Rute terpendek antara dua titik di sistem diberikan dan permintaan untuk satu atau beberapa produk ditentukan untuk sejumlah stasiun dalam sistem distribusi (Dantzig, G. B, Ramser, J. H :1959). Metode *Saving Algorithm* oleh Clark & Wright (1964) melakukan perhitungan penghematan yang diukur dari seberapa banyak dapat dilakukan pengurangan jarak tempuh dan waktu yang digunakan dengan mengaitkan node-node yang ada dan menjadikannya sebuah rute berdasarkan nilai *savings* yang terbesar yaitu jarak tempuh antara source node dan node tujuan (Akhand, M.A. H, Sultana Tanzima, Shuvo M.I, Al-Mahmud: 2017).

VRP merupakan penentuan sebuah set rute di mana setiap rute tersebut dilakukan oleh sebuah kendaraan yang memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot untuk memenuhi permintaan konsumen tanpa melanggar batasan-batasan yang ditetapkan serta dapat meminimasi biaya transportasi. Total permintaan semua pelanggan dalam satu rute tidak boleh melebihi kapasitas

kendaraan yang digunakan. Setiap rute yang ditunjukkan oleh satu kendaraan yang mengunjungi pelanggan sebanyak satu kali. Karena terdapat keterbatasan pada kapasitas kendaraan. VRP ini sering disebut dengan *Capacitated Vehicle Routing Problem*(CVRP).



Gambar 1.1 Ilustrasi Permasalahan CVRP

Gambar 1.1 merupakan ilustrasi dari permasalahan CVRP dimana kendaraan pertama secara berurutan mengunjungi pelanggan 2, 1 dan 9, lalu kembali ke depot. Kendaraan kedua secara berurutan mengunjungi 3,5 dan 4 lalu kembali ke depot. Kendaraan ketiga mengunjungi pelanggan 8, 10, 7 dan 6 lalu kembali ke depot.

Permasalahan yang muncul adalah penentuan rute kendaraan yang dengan permasalahan kapasitas kendaraan yang terbatas untuk meminimumkan biaya transportasi dengan menggunakan metode-metode. Beberapa contoh metode pendekatan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks antara lain yaitu Algoritma *Sweep*, Algoritma *Saving*, Algoritma Genetika, dan Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). Pada penelitian ini akan digunakan Algoritma *Sweep* untuk menyelesaikan permasalahan CVRP. Algoritma *sweep* adalah metode yang sederhana dalam perhitungannya, bahkan untuk memecahkan masalah yang cukup besar. Keakuratan metode ini rata-rata kesalahan perhitungannya adalah sebesar 10 %. Keakuratan metode ini adalah pada cara pembuatan jalur rutenya (Ballou, R.H: 2005).

Algoritma Sweep terdiri dari dua tahap yaitu:

- Tahap pertama yaitu tahap pengelompokkan (*clustering*) yang mana pengelompokkan awal dilakukan dengan menggabungkan titik-titik dalam satu *cluster* berdasarkan kapasitas maksimal kendaraan. Permintaan total dalam satu *cluster* mungkin akan melebihi kapasitas kendaraan, karenanya beberapa titik dimasukkan ke *cluster* berikutnya.
- Tahap kedua yaitu dengan menentukan urutan rute dari setiap *cluster* menggunakan metode *Nearest Neighbour*.

CVRP dapat dinyatakan sebagai permasalahan untuk menentukan rute optimal melalui sebuah himpunan lokasi dan didefinisikan dalam sebuah graf $G = (V, E)$ di mana himpunan $V = \{1, 2, \dots, n\}$ adalah himpunan simpul dan E adalah himpunan rusuk. Simpul 0 mewakili depot dan sisa himpunan simpul V sesuai dengan n customer. Biaya non-negatif d_{ij} dikaitkan dengan setiap tepi $\{i, j\} \in E$. Unit q_i dimulai dari depot 0 (dengan asumsi $q_i = 0$). Satu set kendaraan identik dengan kapasitas q ditempatkan di depot 0 dan harus digunakan untuk mendistribusikan kepada customer. Rute didefinisikan sebagai siklus sederhana dari grafik G yang melewati depot 0 dan sehingga total permintaan simpul yang dikunjungi tidak melebihi kapasitas kendaraan (Kumar, V. V, Senthil, Jayachitra, R: 2016).

Model sederhana CVRP sebagai berikut:

$$\text{Meminimumkan } Z = \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n C_{ijk} X_{ijk} \quad (1.1)$$

Dengan pembatas:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n X_{ijk} = 1, \text{ untuk semua } i \quad (1.2)$$

$$\sum_{i=0}^n d_i \sum_{j=1}^n X_{ijk} = q, \text{ untuk semua } k \quad (1.3)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{0jk} = 1, \text{ untuk semua } k \quad (1.4)$$

$$\sum_{i=0}^n X_{ijk} - \sum_{j=1}^n X_{jik} = 0, \text{ untuk semua } k \quad (1.5)$$

$$\sum_{i=0}^n X_{ijk} = 1, \text{ untuk semua } k \quad (1.6)$$

$$X_{ijk} \in 0, 1, \text{ untuk semua } i, j, k \quad (1.7)$$

di mana:

- i : Indeks node awal
- j : Indeks node tujuan
- k : Indeks kendaraan
- d : *Demand*
- d : *Demand* pada node awal
- d_{ij} ; *Demand* yang dimulai dari node awal ke node tujuan
- q : Kapasitas kendaraan
- q_i : Kapasitas kendaraan yang dimulai dari node awal
- $X_{ijk} \in 0, 1$: Batasan biner untuk variabel keputusannya.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Transportasi

Transportasi merupakan komponen yang sangat penting dalam manajemen logistik suatu perusahaan. Masalah pengoperasian transportasi yang berhubungan dengan pengiriman barang cukup kompleks disebabkan oleh jangkauan area, biaya pengangkutan dan waktu yang diperlukan untuk pengangkutan. Pada umumnya, transportasi menyerap persentase biaya logistik pada suatu perusahaan sehingga dalam mengurangi biaya tersebut membutuhkan tingkat pelayanan yang baik dengan rute terbaik dalam pengoperasian transportasi.

Transportasi diartikan sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan. Proses transportasi merupakan gerakan dari tempat asal, dari mana kegiatan angkutan dimulai, ke tempat tujuan, kemana kegiatan pengangkutan diakhiri (Ikfan, Noer dan Masuldin Ilyas: 2013).

2.2 Graf

Graf digunakan untuk mempresentasikan objek - objek diskrit dan hubungan antara objek – objek tersebut (Munir, 2005). Secara matematis graf didefinisikan sebagai berikut:

Graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E) yang dalam hal ini:

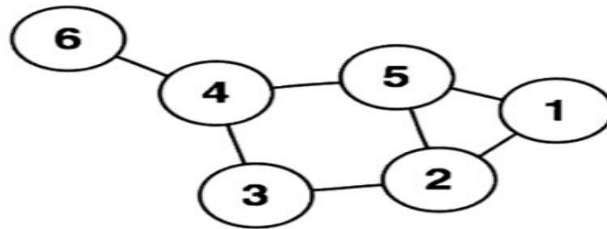
V = Himpunan tidak kosong dari simpul – simpul (*vertices* atau *node*)
: $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

E = Himpunan rusuk (*edges* atau *arcs*) yang menghubungkan sepasang simpul : $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$

Atau dapat ditulis dengan notasi $G = (V, E)$ dengan $e_1 = (v_i, v_j)$ merupakan busur yang menghubungkan simpul v_i dan simpul v_j . Suatu jaringan akan terdiri dari suatu himpunan titik – titik yang disebut *node*. *Node* - *node* tersebut akan dihubungkan oleh suatu garis dan disebut *edges*.

Dalam menggambarkan graf, simpul digambarkan dengan lingkaran kecil atau titik tebal dan busur digambarkan dengan garis, dan arah panah pada garis melambangkan arah dari garis tersebut. Nomor atau nama simpul dapat diletakkan di dalam lingkaran kecil atau di tepi titik tebal.

Busur (i,j) disebut busur berarah jika terdapat suatu aliran dari simpul i menuju ke simpul j . Dalam hal ini simpul i disebut simpul awal, sumber atau pangkal dan simpul j disebut simpul akhir, ujung, tujuan, atau terminal dari busur (i,j) . Jika tidak terdapat aliran dari simpul i ke simpul j , maka busur (i,j) disebut busur tidak berarah.



Gambar 2.1 Graf dengan 6 node

2.3 Vehicle Routing Problem

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah istilah umum yang diberikan untuk permasalahan yang melibatkan rute kendaraan dengan berbasis depot yang melayani customer yang tersebar dengan permintaan tertentu. Tujuan umum VRP adalah melayani sekumpulan pelanggan dengan ongkos operasi yang minimum. VRP merupakan perluasan dari *Traveling Salesman Problem* (TSP) sehingga sering disebut sebagai m- TSP.

VRP pertama kali dipelajari oleh Dantzig dan Ramser (1959) dalam bentuk rute dan penjadwalan truk yang paling dikenal dengan *The Truck Dispatching Problem* yang merupakan perutean optimal armada truk pengangkut bensin antara terminal massal dan sejumlah besar stasiun layanan yang dipasok oleh terminal. Rute terpendek antara dua titik di sistem diberikan dan permintaan untuk satu atau beberapa produk ditentukan untuk sejumlah stasiun dalam sistem distribusi.

Diinginkan untuk menemukan cara untuk menetapkan stasiun ke truk sedemikian rupa sehingga tuntutan stasiun terpenuhi dan jarak tempuh total yang tercakup dalam armada adalah minimum. Suatu prosedur berdasarkan formulasi pemrograman linier diberikan untuk mendapatkan solusi yang mendekati optimal (Dantzig, G. B, Ramser, J. H :1959).

Clarke dan Wright (1964) kemudian melanjutkan penelitian ini dengan memperkenalkan istilah depot sebagai tempat keberangkatannya dan kembalinya kendaraan. Clark dan Wright menggunakan *saving algorithm* yang disusun dalam sebuah rute yang terbaik. Melakukan perhitungan penghematan yang diukur dari seberapa banyak dapat dilakukan pengurangan jarak tempuh dan waktu yang digunakan dengan mengaitkan node-node yang ada dan menjadikannya sebuah rute berdasarkan nilai *savings* yang terbesar yaitu jarak tempuh antara source node dan node tujuan. Logika dari metode ini bermula dari kendaraan yang melayani setiap tempat perhentian dan kembali ke depot. Hal ini memberikan jarak maksimum dalam masalah penentuan rute. Kemudian, dua tempat perhentian digabung dalam satu rute yang sama sehingga satu kendaraan tersebut dieliminasi dan jarak tempuh/perjalanan dapat dikurangi (Akhand, M.A. H, Sultana Tanzima, Shuvo M.I, Al-Mahmud: 2017).

Sejak saat itu penelitian VRP semakin berkembang karena peran VRP penting dalam bidang logistik perusahaan. Perkembangan VRP meliputi pendekatan pemecahan masalah dan munculnya kendala – kendala baru. VRP diklasifikasi kedalam banyak variansi, banyak basis dan varian VRP yang penting adalah (Kumar, V. V, Senthil, Jayachitra, R: 2016):

- *Capacitated VRP (CVRP)*
- *VRP with times windows (VRPTW)*
- *VRP with pick up and delivery (VRPPD)*
- *Open VRP (OVRP)*

VRP didefinisikan ke dalam graf $G(V, E)$ dimana $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ merupakan himpunan simpul yang mempresentasikan lokasi depot dimana node 1 dan E merupakan himpunan rusuk. Dengan setiap (i, j) : $i \neq j$ adalah bobot non-

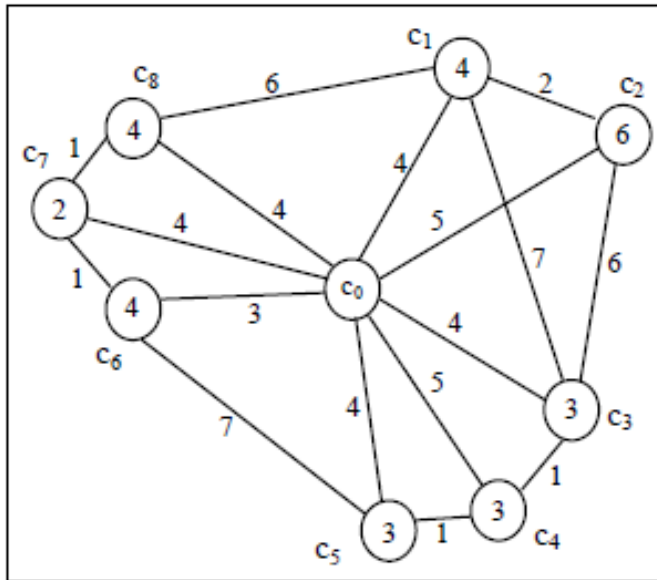
negatif yang menghubungkan $C = (c_{ij})$ dimana (c_{ij}) dapat diinterpretasikan biaya pengiriman atau waktu pengiriman. Disaat C simetris, sering kali mudah untuk mengganti E dengan sekumpulan tepi yang tidak diarahkan.

2.4 Capacitated Vehicle Routing Problem

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan bentuk paling dasar dari VRP, yang dapat dilihat sebagai formulasi dari dua masalah terkenal yang telah ada sebelumnya yaitu, *Travelling Salesman Problem* dan *Bin Packing Problem*. (Gunawan, Maryati Indra dan Wibowo Henry Kurniawan: 2012). Pertama kali diperkenalkan melalui makalah yang berjudul “*The Truck Dispatching Problem*”, CVRP sebagai bentuk paling dasar VRP, telah menarik banyak perhatian bagi para ilmuwan untuk meneliti tentang masalah tersebut.

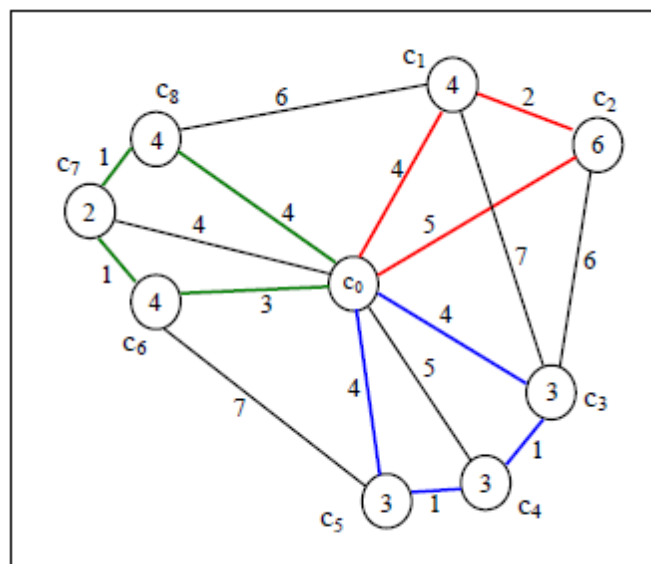
CVRP merupakan penentuan sebuah set rute di mana setiap rute tersebut dilakukan oleh sebuah kendaraan yang memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot untuk memenuhi permintaan customer dengan keterbatasan pada kapasitas kendaraan. Kapasitas kendaraan yang digunakan pada CVRP harus homogen. Definisi CVRP hampir sama dengan definisi *The Truck Dispatching Problem*. Dengan beberapa generalisasi, seperti mengganti truk menjadi kendaraan, bahan bakar menjadi barang, pom bensin menjadi customer/pelanggan, dan terminal utama menjadi central depot (pusat pengiriman), CVRP menjadi model masalah transportasi yang jauh lebih luas.

Konsep daripada CVRP agar lebih mudah untuk dipahami akan diberikan contoh kasus yang sederhana disertai dengan representasi graf dan solusi optimalnya.



Gambar 2.2 Contoh Kasus Graf Pada CVRP

Berdasarkan Gambar 2.2, c_0 adalah central depot. Sedangkan vertex – vertex lain adalah wilayah customer. Pada setiap vertex terdapat angka yang merupakan *customer's demand* atau kuantitas permintaan pelanggan. Sedangkan *edge* (garis yang menghubungkan 2 vertex) adalah jalan yang dapat ditempuh menuju wilayah customer yang lain. Angka yang terdapat di masing – masing *edge* adalah bobot dari *edge* yang mempresentasikan jarak / waktu (cost) yang harus ditempuh untuk sampai pada wilayah bersangkutan.



Gambar 2.3 Graf Untuk Solusi CVRP

Dari permasalahan CVRP diatas, Jumlah kendaraan yang dipakai adalah 3. Kendaraan pertama melewati rute dengan *edge* berwarna merah. Kendaraan kedua melewati *edge* warna biru, dan kendaraan ketiga melewati *edge* warna hijau. Ketiga kendaraan ini akan melayani 8 customer dengan total permintaan 29 satuan. Kendaraan pertama melayani customer dengan total permintaan 10 satuan, dan melewati total jarak 11 satuan. Kendaraan kedua membawa barang 9 satuan, dan melewati total jarak 10 satuan. Kendaraan ketiga membawa barang 10 satuan, dan melewati total jarak 9 satuan. Jadi total jarak yang ditempuh oleh ketiga kendaraan adalah 30 satuan. Rute kendaraan 1 = 0-1-2-0. Rute kendaraan 2 = 0-3-4-5-0. Rute kendaraan 3 = 0-6-7-8-0. Total biaya = 30 satuan.

Model matematika dari CVRP didefinisikan dari suatu graf $G = (V, E)$ dimana $V = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ merupakan himpunan simpul yang mempresentasikan agen – agen yang akan dilayani dengan permintaan yang sudah diketahui dan depot berada di simpul 0. Jaringan jalan yang digunakan kendaraan dinyatakan sebagai himpunan rusuk yang berarah E yaitu penghubung depot dengan customer dan juga penghubung antar setiap customer, $E = \{(i, j) | i, j \in V, i \neq j\}$. Semua rute dimulai dengan 0 dan berakhir dengan 0. Himpunan kendaraan K merupakan kumpulan kendaraan yang homogen dengan kapasitas q . Setiap agen i untuk setiap $i \in V$ memiliki permintaan d_i sehingga panjang rute dibatasi oleh kapasitas kendaraan. Setiap rusuk $i, j \in E$ memiliki jarak tempuh c_{ij} dan jarak tempuh diasumsikan simetris yaitu $c_{ij} = c_{ji}$. Variabel keputusan adalah x_{ijk} :

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{jika terdapat perjalanan dari } i \text{ ke } j \text{ dengan kendaraan } k \\ 0, & \text{jika tidak terdapat perjalanan dari } i \text{ ke } j \text{ dengan kendaraan } k \end{cases}$$

Model sederhana CVRP sebagai berikut:

$$\text{Meminimumkan } Z = \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n C_{ijk} X_{ijk} \quad (2.1)$$

Dengan pembatas:

1. Setiap customer hanya dikunjungi tepat sekali oleh suatu kendaraan

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n X_{ijk} = 1, \quad \text{untuk semua } i \quad (2.2)$$

2. Permintaan semua customer dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan

$$\sum_{i=0}^n d_i \sum_{j=1}^n X_{ijk} \leq q, \quad \text{untuk semua } k \quad (2.3)$$

3. Setiap rute berawal dari depot

$$\sum_{j=1}^n X_{0jk} = 1, \quad \text{untuk semua } k \quad (2.4)$$

4. Setiap kendaraan yang mengunjungi satu node pasti akan meninggalkan node tersebut

$$\sum_{i=0}^n X_{ijk} - \sum_{j=1}^n X_{jik} = 0, \quad \text{untuk semua } k \quad (2.5)$$

5. Setiap rute berakhir di depot

$$\sum_{i=0}^n X_{ijk} = 1, \quad \text{untuk semua } k \quad (2.6)$$

6. Variabel keputusan merupakan variabel biner

$$X_{ijk} \in 0, 1, \quad \text{untuk semua } i, j, k \quad (2.7)$$

di mana:

i	: Indeks node awal
j	: Indeks node tujuan
k	: Indeks kendaraan
C_{ijk}	: Jarak dari node awal ke node tujuan yang dilakukan oleh kendaraan
X_{ijk}	: Variabel keputusannya (variabel keputusan adalah variabel biner yang mengidentifikasi node i , node j dilakukan oleh kendaraan k)
d_i	: <i>Demand</i> pada node awal
d	: <i>Demand</i>
q_i	: Kapasitas kendaraan pada node awal
q	: Kapasitas kendaraan
$X_{ijk} \in 0, 1$: Batasan biner untuk variabel keputusannya.

2.5 Metode Penyelesaian CVRP

Secara umum, VRP dapat diselesaikan dengan menggunakan dua jenis pendekatan, yaitu pendekatan eksak dan pendekatan heuristik (Toth dan Vigo, 2002). Penyelesaian melalui pendekatan heuristik dalam VRP dapat dibagi menjadi dua, yaitu pendekatan heuristik klasik dan pendekatan heuristik modern (metaheuristik).

2.5.1 Pendekatan Eksak

Penyelesaian solusi CVRP melalui pendekatan eksak dilakukan dengan menghitung setiap solusi yang mungkin sampai ditemukan solusi terbaik. Terdapat beber

apa algoritma eksak utama penyelesaian CVRP, yaitu Branch and Bound, Branch and Cut, dan Set Covering Based. Penyelesaian solusi CVRP melalui pendekatan eksak secara umum akan menghabiskan waktu yang lama. Hal tersebut dikarenakan CVRP termasuk dalam permasalahan NP-hard (Non Polynomial-hard), kompleksitas penyelesaian permasalahan akan meningkat secara eksponensial dengan semakin rumitnya permasalahan. Hingga saat ini, belum ada algoritma eksak yang mampu menyelesaikan kasus-kasus yang terdiri lebih dari lima puluh konsumen secara konsisten (Toth dan Vigo: 2002). Oleh karena itu, dilakukan berbagai penelitian terhadap algoritma heuristik untuk menyederhanakan penyelesaian CVRP.

2.5.2 Pendekatan Heuristik Klasik

Pendekatan heuristik klasik memberikan suatu cara untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang lebih sulit dan dengan kualitas dan waktu penyelesaian yang lebih cepat daripada solusi eksak. Pendekatan heuristik tidak terlalu mengeksplorasi ruang pencarian solusi dan biasanya menghasilkan solusi dengan kualitas yang cukup baik dengan waktu perhitungan yang singkat. Beberapa contoh algoritma heuristik klasik adalah *Saving*, *Sweep*, *Two Phase*, dan lain-lain.

Berdasarkan kualitas solusi yang diperoleh melalui pendekatan heuristik klasik berdasarkan konstruksi sederhana dan teknik perbaikan lokal tidak dapat menandingi implementasi metode heuristik modern. Namun, kesederhanaan dalam

penggunaannya membuat algoritma heuristik klasik, seperti *Sweep* dan *Saving Algorithm*, tetap menjadi metode yang populer dan banyak digunakan sebagai dasar dalam perangkat lunak komersil.

2.5.3 Pendekatan Heuristik Modern / Metaheuristik

Pendekatan heuristik modern, lebih dikenal dengan metaheuristik, adalah prosedur pencarian solusi umum untuk melakukan eksplorasi yang lebih dalam pada daerah yang menjanjikan dari ruang solusi yang ada (Dreo, Petrowsky dan Taillard, 2006). Perbedaannya dengan heuristik klasik adalah diperbolehkannya perusakan solusi atau penurunan fungsi tujuan. Pendekatan metaheuristik memecahkan masalah dengan melakukan perbaikan mulai dengan satu atau lebih solusi awal. Solusi awal ini bisa dihasilkan melalui dua cara, yaitu diperbolehkan melalui pendekatan heuristik ataupun diperoleh secara acak. Kualitas solusi yang dihasilkan dari metode ini jauh lebih baik daripada heuristik klasik.

Beberapa contoh metaheuristik adalah *Genetic Algorithm*, *Simulated Annealing*, *Tabu Search*, *Ant Colony System*, *Differential Evolution*, dan lain-lain. Prinsip dasar algoritma metaheuristik adalah pencarian lokal dan pencarian populasi. Dalam metode pencarian lokal, eksplorasi yang intensif dilakukan terhadap ruang solusi dengan berpindah dari satu solusi ke solusi tetangga lainnya yang potensial dalam satu lingkungan (*neighbourhood*).

2.5.4 Algoritma *Saving*

Algoritma Clarke - Wright Saving (Clarke - Wright Savings Method) merupakan suatu metode yang ditemukan oleh Clarke dan Wright pada tahun 1964. Metode ini merupakan salah satu pendekatan heuristik yang dipublikasikan sebagai suatu algoritma yang digunakan sebagai solusi untuk permasalahan rute kendaraan dimana sekumpulan rute pada setiap langkah ditukar untuk mendapatkan sekumpulan rute yang lebih baik, dan metode ini digunakan untuk mengatasi permasalahan yang cukup besar, dalam hal ini adalah jumlah rute yang banyak.

Cara heuristik ini disebut metode Savings, dimana terjadi perubahan prosedur dalam setiap langkah sehingga menghasilkan yang lebih baik. Langkah – langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Setiap rute menghubungkan pusat dengan satu pelanggan.
- b. Kemudian, hubungkan setiap dua pelanggan dalam satu rute jika total permintaannya tidak melebihi kapasitas kendaraan pengangkut. Dengan algoritma ini, dihitung biayanya dan dipilih yang terbesar.
- c. Kemudian, Rute diperluas lagi dengan mengkombinasikan rute – rute yang ada, penghitungan biaya dilakukan dan biaya terbesar dipilih.
- d. Lakukan langkah ini berulang – ulang hingga permintaan melebihi kapasitas kendaraan pengangkut

2.5.5 Algoritma Genetika

Algoritma genetika merupakan algoritma dengan pendekatan metaheuristik yang termasuk ke dalam kelompok *evolutionary algorithm*. Elemen dasar dari algoritma genetika yaitu reproduksi, *crossover*, dan mutasi. Dalam algoritma genetika, prosedur pencarian hanya didasarkan pada nilai fungsi tujuan, tidak ada pemakaian gradien atau teknik kalkulus (Desiana, Asri, Ridwan AriYanuar dan Aurachman Rio: 2016). Beberapa istilah yang digunakan dalam algoritma genetika yaitu:

a. Kromosom

Dalam algoritma genetika, satu kromosom atau individu mewakili satu vektor solusi. Jika tidak bisa langsung menggunakan vektor solusi dalam implementasi algoritma genetika ini, maka dibutuhkan pengkodean untuk mewakili suatu nilai solusi dengan menggunakan bilangan biner.

b. *Fitness*

Fitness digunakan untuk mengukur tingkat kebaikan atau kesesuaian suatu solusi dengan solusi yang dicari. *Fitness* bisa berhubungan langsung dengan fungsi tujuan atau modifikasi terhadap fungsi tujuan. Setelah kondisi dievaluasi dengan fungsi *fitness* perlu dilakukan proses seleksi terhadap kromosom. Seleksi

digunakan untuk memilih di antara kromosom anggota populasi mana yang bisa menjadi induk atau menentukan kromosom mana yang akan menjadi anggota populasi berikutnya.

c. Kawin silang

Kawin silang dilakukan untuk mendapatkan kombinasi yang lebih baik antara satu individu dengan individu lain dalam suatu populasi. Parameter yang penting dalam kawin silang ini yaitu probabilitas kawin silang. Jika nilai probabilitas kecil maka sedikit kromosom yang akan mengalami kawin silang dan sebaliknya.

d. Mutasi

Mutasi digunakan untuk memunculkan individu baru yang berbeda sama sekali dengan individu yang sudah ada atau dapat terjadi muncul solusi baru untuk bisa keluar dari optimum lokal.

2.5.6 Cluster First Route Second

Cluster first route second merupakan salah satu metode penyelesaian CVRP yaitu dengan metode heuristik dua fase. Dalam proses penentuan solusi CVRP menggunakan metode ini terdapat dua permasalahan yang terpisah yakni:

- a. *Clustering* atau pengelompokan, yaitu menentukan pembagian customer ke dalam kelompok masing – masing dengan penyesuaian kapasitas kendaraan.
- b. Menentukan rute, yaitu urutan *customer* yang akan dikunjungi untuk setiap rute.

Pada metode *cluster first route second*, customer dikelompokkan kedalam *cluster-cluster* terlebih dahulu untuk kemudian ditentukan urutan customer yang dikunjungi. Terdapat beberapa teknik berbeda dalam melakukan pengelompokkan, sementara penentuan rute dilakukan dengan *Travelling Salesman Problem (TSP)*. Pengelompokkan tersebut diantara dapat menggunakan Algoritma *Sweep*, Algoritma *Fisher* dan *Jaikumar*, dan Algoritma *Petal*.

2.5.7 Algoritma Sweep

Algoritma *sweep* merupakan salah satu teknik pengelompokkan dalam *cluster first route second* dimana termasuk pada pendekatan heuristik klasik. Kualitas solusi yang diperoleh tidak ada jaminan sebagai global optimum dikarenakan bahwa pendekatan heuristik tidak terlalu mengeksplorasi ruang solusi. Algoritma *sweep* adalah metode *clustering* yang paling sederhana untuk menyelesaikan CVRP. Pada penelitian menggunakan algoritma *sweep* dikarenakan bahwa *sweep* dapat memecahkan masalah yang cukup besar dengan metode yang sederhana dan waktu yang singkat.

Algoritma *sweep* pertama kali dikenalkan Gillet & Miller pada 1974 dimana clusteringnya dimulai dengan menempatkan depot sebagai titik pusat koordinat dan dikelilingi nodes yang tersebar secara acak sesuai letak geografis. Dalam menyelesaikan permasalahan CVRP, algoritma *sweep* diperlukan dua tahapan proses yaitu tahapan pengelompokan (*clustering*) dilanjutkan dengan pembentukan rute.

1. Tahapan Pengelompokan (*Clustering*)

Langkah – langkah tahapan pengelompokkan yaitu:

- a. Menggambarkan masing – masing agen dalam koordinat kartesius dan menetapkan lokasi depot sebagai pusat koordinat.
- b. Menentukan semua koordinat polar dari masing – masing agen yang berhubungan dengan depot. Langkah mengubah koordinat kartesius (x, y) menjadi koordinat polar (r, θ) adalah sebagai berikut:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2.8)$$

$$\theta = \arctan \frac{y}{x} \quad (2.9)$$

- c. Melakukan pengelompokkan (*clustering*) dimulai dari agen yang memiliki sudut polar terkecil dan seterusnya berurutan sampai agen yang memiliki sudut polar terbesar dengan memperhatikan kapasitas kendaraan.
- d. Memastikan semua agen “tersapu” dalam *cluster* saat ini.
- e. Pengelompokan dihentikan ketika dalam satu *cluster* akan melebihi kapasitas kendaraan.
- f. Membuat *cluster* baru dengan langkah yang sama seperti langkah c dari agen yang memiliki sudut polar terkecil yang belum termasuk dalam *cluster* sebelumnya (agen yang terakhir ditinggalkan).
- g. Mengulagi langkah c – f, sampai semua agen telah dimasukkan dalam sebuah *cluster*.

2. Tahap Pembentukan Rute

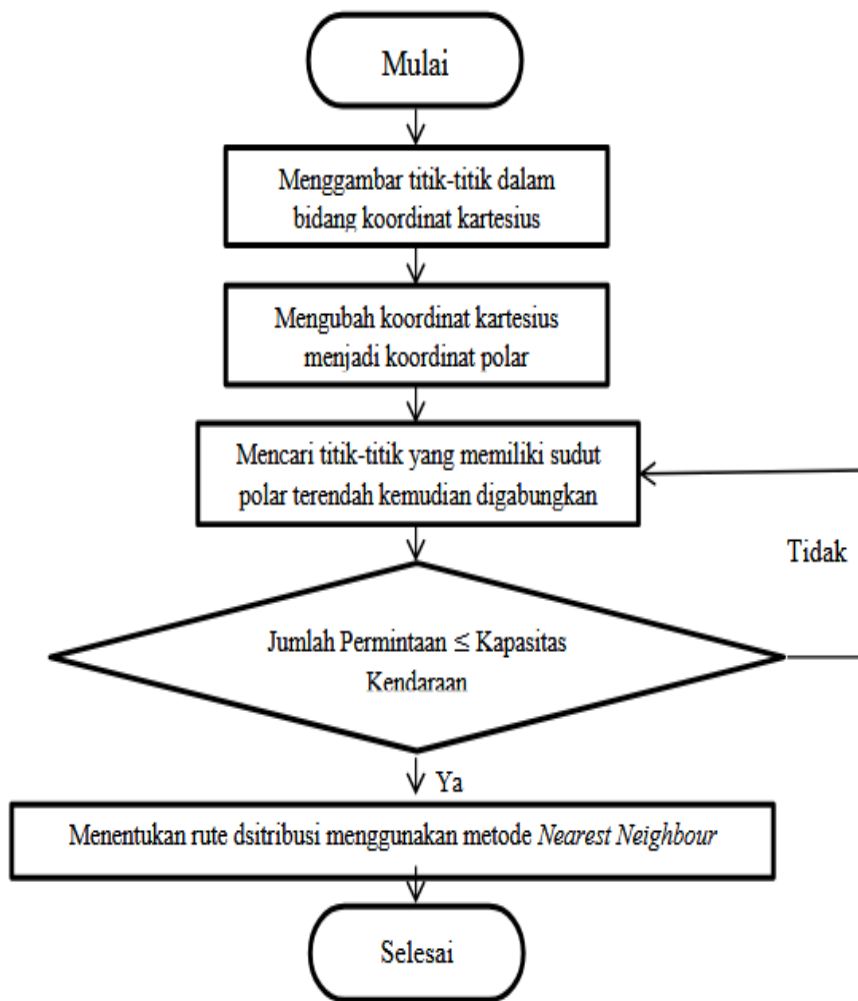
Tahapan kedua pada algoritma *sweep* yaitu dengan membentuk rute – rute berdasarkan *cluster* yang telah diperoleh pada tahap *clustering*. Setiap *cluster* akan dilayani oleh satu kendaraan pada setiap rute yang akan diperoleh. Setiap *cluster* akan menjadi sebuah permasalahan TSP sehingga penyelesaian tahapan pembentukan rute akan dilakukan dengan metode *Nearest Neighbour*.

Metode *Nearest Neighbour* merupakan metode paling sederhana untuk menyelesaikan masalah TSP. Pertama, memilih salah satu node yang mewakili suatu node awal. Selanjutnya, memilih node tujuan yang akan dikunjungi berikutnya, dengan pertimbangan hanya memilih node yang memiliki jarak terdekat dengan node yang sebelumnya dikunjungi. Setelah seluruh node dikunjungi atau seluruh node telah terhubung, maka tutup rute perjalanan dengan kembali ke depot.

Langkah – langkah dalam menentukan pembentukan rute dengan metode *Nearest Neighbour* yaitu:

- a. Langkah 0 : Inisialisasi
- Menentukan satu titik yang akan menjadi titik awal perjalanan dimana dalam penelitian ini sudah ditentukan bahwa titik awal perjalanan dimulai dari awal dari depot perusahaan.
 - Menentukan $C = \{1, 2, 3, 4, \dots, n\}$ sebagai himpunan titik yang dikunjungi.
 - Menentukan urutan rute perjalanan saat ini (sementara) (R).
- b. Langkah 1: Memilih titik yang selanjutnya akan dikunjungi.
- Jika n_1 adalah titik yang berada diurutan terakhir dari rute R maka akan ditemukan titik berikutnya, n_2 yang memiliki jarak paling minimum dengan n_1 dimana n_2 merupakan anggota dari C . Apabila terdapat banyak pilihan optimal artinya terdapat lebih dari satu titik yang memiliki jarak yang sama dari titik terakhir dalam rute R dan jarak tersebut merupakan jarak paling minimum maka pilih secara acak.
- c. Langkah 2: Menambahkan titik yang terpilih pada langkah 1 pada urutan rute berikutnya. Menambahkan titik n_2 di urutan akhir dari rute sementara dan mengeluarkan yang terpilih tersebut dari daftar titik yang belum dikunjungi.
- d. Langkah 3: Jika semua titik yang harus dikunjungi telah dimasukkan dalam rute atau $C = \emptyset$, maka tidak ada lagi titik yang ada di C . Selanjutnya menutup rute dengan menambahkan titik inisialisasi atau titik awal perjalanan diakhir rute. Dengan kata lain, rute ditutup dengan kembali lagi ke titik asal. Jika sebaliknya, kembali melakukan langkah 1.

Diagram alir dari algoritma *sweep* ditunjukkan pada Gambar 2.4.



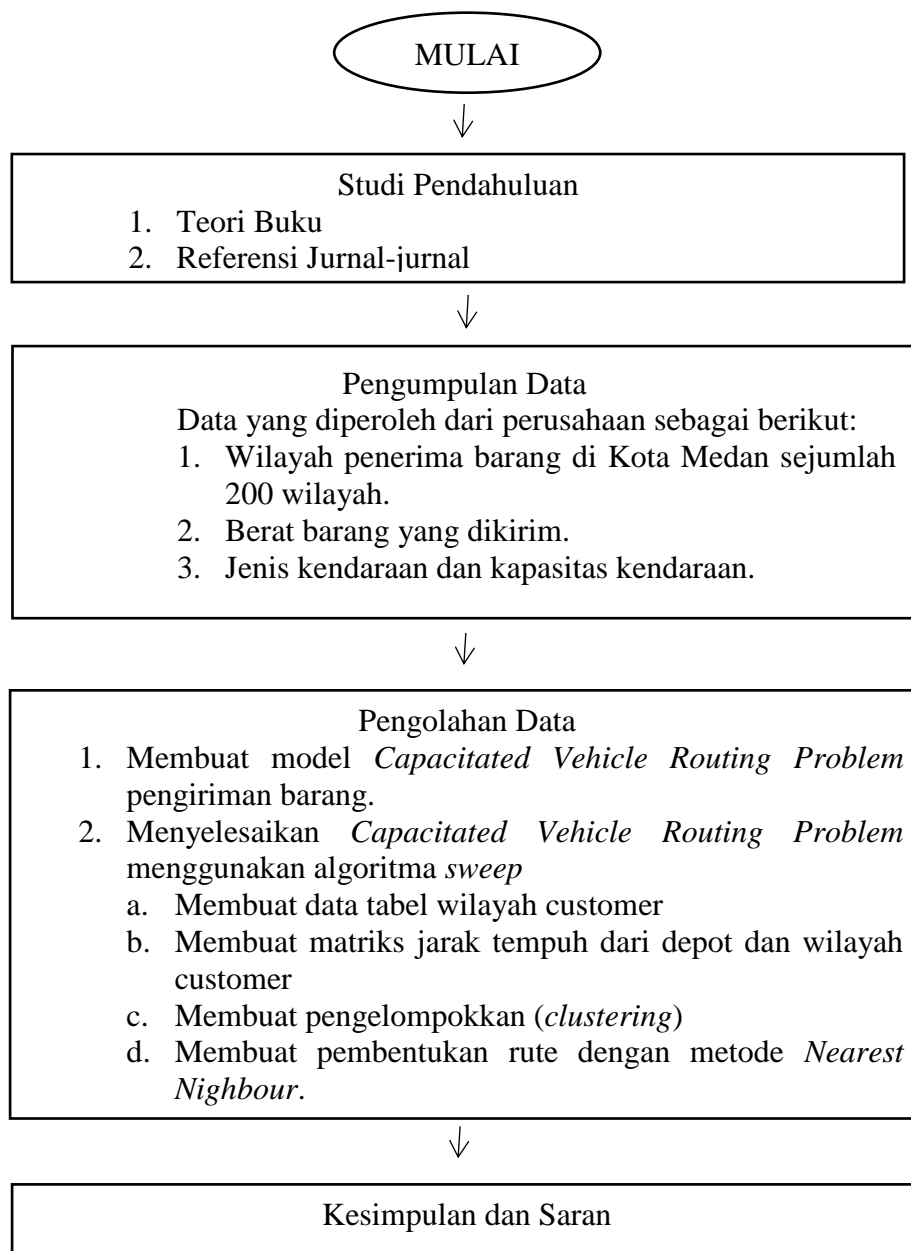
Gambar 2.4 Diagram Alir Algoritma Sweep

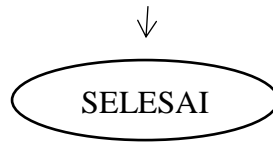
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data dengan riset lapangan dan riset kepustakaan. Rancangan penelitian dilaksanakan dengan mengikuti langkah-langkah yang terdapat pada blok diagram berikut:





Gambar 3.1 Rancangan Penelitian

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir Kota Cabang Medan yang beralamat pada jalan Brigjen Katamso No. 523 E, Simpang Pelangi, Medan. Penelitian ini dilakukan mulai Desember 2017 – Januari 2018.

3.3 Jenis dan Sumber Data

3.3.1 Jenis Data

Jenis data yang digunakan adalah data kuantitatif yaitu data yang diperoleh dari perusahaan sebagai berikut:

1. Data pengiriman barang customer, meliputi:
 - a. Tanggal pengiriman barang pada tanggal 15 Januari 2018.
 - b. Kendaraan beroperasi dimulai dari node depot yaitu, JNE Amplas *Trade Center*.
 - c. Wilayah-wilayah customer sebanyak 200 wilayah.
 - d. Berat barang (kilogram).
2. Pengiriman barang menggunakan Mobil *Box Grand Max* sebanyak 3 kendaraan dengan kapasitas kendaraan 500 kilogram/kendaraan.
3. Data rute pengiriman rute oleh perusahaan.

Adapun asumsi – asumsi digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Setiap customer terhubung satu sama lain dan jarak antar agen simetris yaitu $C_{ij} = C_{ji}$.
- b. Tidak terjadi kemacetan, kondisi jalan tidak rusak dan kendaraan dalam kondisi bagus.
- c. Keadaan lampu lalu lintas tidak diperhitungkan.

3.3.2 Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh pada PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir Cabang Kota Medan dengan melalui pencatatan, wawancara, dan arsip-arsip perusahaan yang sesuai dengan data yang dibutuhkan dalam pemecahan masalah..

3.4 Teknik Analisi Data

Analisis data merupakan salah satu cara yang digunakan untuk menginterpretasikan data-data yang telah dikumpulkan dari lapangan dan telah diolah sehingga menghasilkan informasi yang bermanfaat dan dapat dijadikan alternatif dalam pengambilan keputusan.

Yang dilakukan dengan data yang telah dikumpulkan dari lapangan adalah sebagai berikut:

1. Membuat model *Capacitated Vehicle Routing Problem* pengiriman barang.
2. Membuat tabel data customer dengan berat barang pada masing-masing customer .
3. Membuat matriks jarak tempuh dari depot ke customer.
4. Membuat pengelompokkan (*clustering*) pengiriman barang dengan bantuan *software* AUTOCAD.
5. Membuat pembentukan rute dengan menggunakan metode *Nearest Neighbour*.

3.4.1 Model *Capacitated Vehicle Routing Problem* Pengiriman Barang

Pengiriman paket (barang) menggunakan model CVRP dapat didefinisikan Graf $G = (V, E)$. Himpunan V merupakan himpunan simpul terdiri atas gabungan himpunan customer C dan depot, $V = \{0, 1, 2, 3, \dots, 201\}$ dimana depot adalah 0 dan 201 dan

$C = \{1, 2, 3, \dots, 200\}$. Jaringan jalan yang digunakan kendaraan merupakan himpunan rusuk yaitu himpunan E yang penghubung antar customer, $\{i, j\} \in E$. K merupakan himpunan dari kendaraan yang digunakan yang homogen dengan kapasitas q . Unit q_i dimulai dari depot 0. Setiap customer i untuk setiap $i \in C$ memiliki d_i sehingga panjang rute dibatasi oleh kapasitas kendaraan. Setiap $\{i, j\} \in E$ memiliki jarak tempuh c_{ij} dan $c_{ij} = c_{ji}$.

Didefinisikan bahwa Untuk setiap $\{i, j\} \in E, i \neq 201, j \neq 0$ dan untuk kendaraan k didefinisikan variabel:

$$X_{ijk} \begin{cases} 1, & \text{jika terdapat perjalanan dari } i \text{ ke } j \text{ dengan kendaraan } k \\ 0, & \text{jika tidak terdapat perjalanan dari } i \text{ ke } j \text{ dengan kendaraan } k \end{cases}$$

Formula matematis CVRP pada pengiriman paket (barang) sebagai berikut:

$$Z = \sum_{i=0}^{200} \sum_{j=1}^{201} \sum_{k=1}^3 C_{ijk} X_{ijk} \quad (3.1)$$

Dengan pembatas:

1. Setiap customer hanya dikunjungi tepat sekali oleh suatu kendaraan.

$$\sum_{j=1}^{201} \sum_{k=1}^3 X_{ijk} = 1, \quad \text{untuk semua } i \quad (3.2)$$

2. Permintaan semua customer dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan

$$\sum_{i=0}^{200} d_i \sum_{j=1}^{201} X_{ijk} \leq 500, \quad \text{untuk semua } k \quad (3.3)$$

3. Setiap rute berawal dari depot

$$\sum_{j=1}^{201} X_{0jk} = 1, \quad \text{untuk semua } k \quad (3.4)$$

4. Setiap kendaraan yang mengunjungi satu node pasti akan meninggalkan node tersebut

$$\sum_{i=0}^{200} X_{ijk} - \sum_{j=1}^{201} X_{jik} = 0, \quad \text{untuk semua } k \quad (3.5)$$

5. Setiap rute berakhir di depot

$$\sum_{i=0}^{200} X_{ijk} = 1, \quad \text{untuk semua } k \quad (3.6)$$

6. Variabel keputusan merupakan variabel biner

$$X_{ijk} \in 0, 1, \quad \text{untuk semua } i, j, k \quad (3.7)$$

di mana:

i	: Indeks node awal
j	: Indeks node tujuan
k	: Indeks kendaraan
C_{ijk}	: Jarak dari node awal ke node tujuan yang dilakukan oleh kendaraan
X_{ijk}	: Variabel keputusannya (variabel keputusan adalah variabel biner yang mengidentifikasi node i , node j dilakukan oleh kendaraan k)
d_i	: <i>Demand</i> pada node awal
d	: <i>Demand</i>
q_i	: Kapasitas kendaraan pada node awal
q	: Kapasitas kendaraan
$X_{ijk} \in 0, 1$: Batasan biner untuk variabel keputusannya.

3.4.2 Program Menggunakan *Software* MATLAB untuk Menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* Menggunakan Algoritma *Sweep*

Program:

```
clc;
clear all;
%inisialisasi data ke dalam bentuk matriks
A = load('a.txt');
B = load('c.txt');

%pengelompokan (cluster)
demand = 0;
i = 1;
```

```

j = 0;
k = 0;
counter = [1 1];
[baris, kolom] = size(A);
while i <= baris
    demand = demand + A(i, 2);
    if demand > 500
        demand = 0;
        counter(2) = 1;
        counter(1) = counter(1) + 1;
    else
        j = j + 1;
        C(counter(1), counter(2)) = A(i, 1);
        counter(2) = counter(2) + 1;
        i = i + 1;
        demandC(1, j) = demand;
    end
end
end

```

```

%menampilkan cluster
fprintf('1. Membuat Cluster\n\n');
[cluster, kolom] = size(C);
counter = [1 1];
for j = 1 : cluster
    i = 1;
    fprintf('Cluster %g : ',j);
    while i <= kolom
        if C(j, counter(2)) ~= 0
            fprintf('%g ',C(j, counter(2)));
            k = k + 1;
        end
        counter(2) = counter(2) + 1;
    end
end

```

```

        i = i + 1;
    end
    fprintf('\nTotal bobot permintaan : %g\n',demandC(1,k));
    counter(2) = 1;
    fprintf('\n');
end

```

```

%menentukan rute
fprintf('\n\n2. Dengan urutan rute setiap cluster sebagai berikut :\n\n');
for i = 1 : cluster
    k = 1;
    m = 1;
    while k ~= 0
        l = 0;
        for j = 1 : kolom
            if C(i,j) ~= 0 && C(i,j) ~= inf
                l = l + 1;
                X(1,l) = B(k,C(i,j)+1);
                X(2,l) = C(i,j);
            end
        end
        end

    if m == 1
        [s, t] = size(X);
        end

    z = sort(X(1,:));
    min = z(1);
    for y = 1 : length(z)
        if X(1,y) == min
            k = X(2,y)+1;

```

```

        end
    end

    [u, v] = size(C);
    for y = 1 : v
        if C(i,y) == k-1
            C(i,y) = inf;
        end
    end
end

R(1,m) = k-1;
Jarak(1,m) = min;
if length(R) == t
    Jarak(1,m+1) = B(k,1);
    k = 0;
end
X = [];
z = [];
min = [];
m = m + 1;
end

fprintf('Urutan Rute Cluster %g : 0 ',i);
for p = 1 : length(R)
    fprintf('-> ');
    fprintf('%g ',R(p));
end
fprintf('-> 0\n');
fprintf('Dengan Total jarak tempuh : %g km\n\n',sum(Jarak));
R = [];
Jarak = [];
End

```

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

4.1.1 Data Customer

Data wilayah – wilayah customer dengan berat (kilogram) pada masing-masing customer sebanyak 200 pada Kota Medan dimana pengiriman dilakukan pada tanggal 15 Januari 2018 dengan 3 kendaraan akan dibuat ke dalam Tabel 3.1 yang akan ditampilkan pada Lampiran 1 .

4.1.2 Matriks Jarak

Data jarak tempuh dari depot dan setiap wilayah-wilayah customer satuan kilometer dengan bantuan *Google Maps* yang ditampilkan pada Lampiran 2.

4.1.3 Tahap Penyelesaian Menggunakan Algoritma *Sweep*

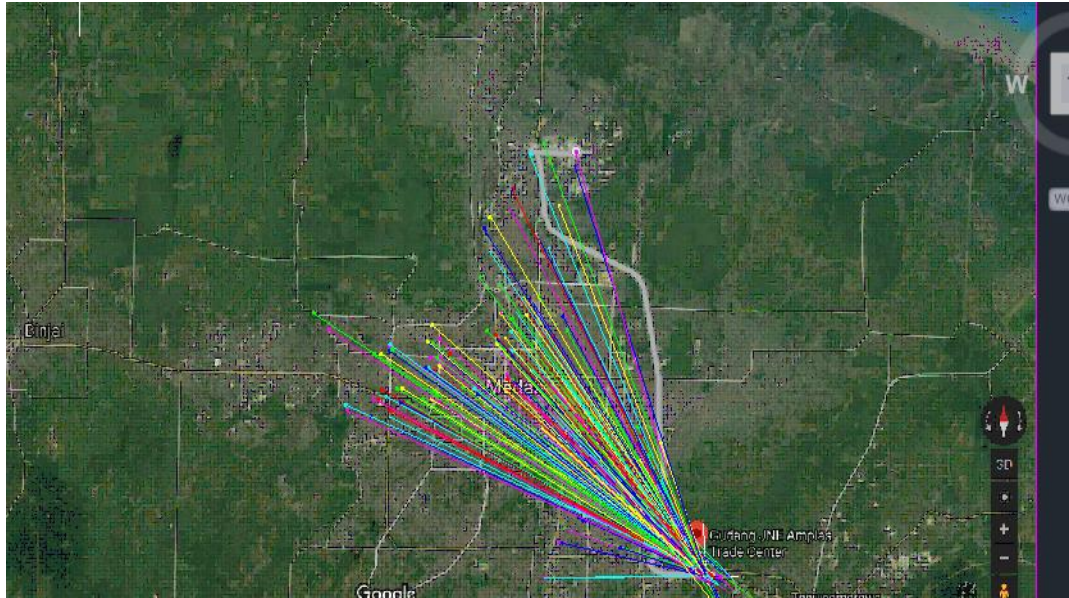
Tahap penyelesaian menggunakan Algoritma *Sweep* ada 2 tahap yaitu tahap pengelompokkan (*clustering*) dan tahap pembentukan rute.

4.1.3.1 Tahap Pengelompokkan (*Clustering*)

Langkah – langkah tahapan pengelompokkan yaitu:

- a. Menggambarkan masing – masing agen dalam koordinat kartesius dan menetapkan lokasi depot sebagai pusat koordinat.

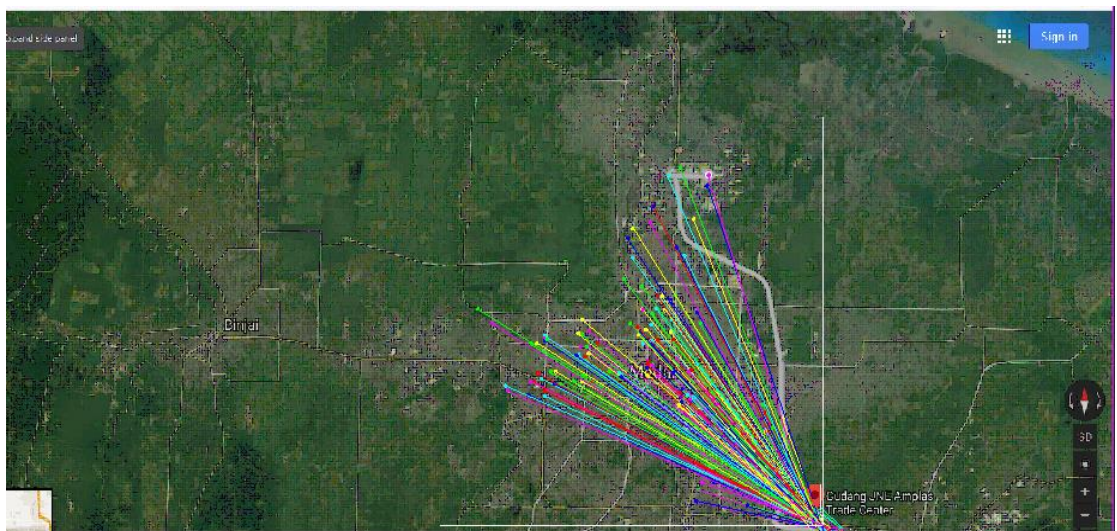
Gudang JNE Trade Center sebagai depot diletakkan pada koordinat (0,0) pada bidang dua dimesi Setiap customer ditentukan titik koordinatnya terhadap depot. Lokasi depot dan customer diperoleh dari *Google Maps*, yang kemudian diubah ke dalam bentuk gambar untuk dilakukan penentuan titik koordinat pada dua dimensi. Penentuan titik koordinat depot dan setiap customer menggunakan *software* AUTOCAD.



Gambar 4.1 Wilayah – wilayah customer dan depot

- b. Menentukan semua koordinat polar dari masing –masing agen yang berhubungan dengan depot.

Setiap customer dihitung sudut polarnya terhadap depot yang merupakan koordinat (0,0). Perhitungan sudut dilakukan berlawanan arah jarum jam dengan bantuan *tools software* AUTOCAD untuk mencari *dimension angular*. Perhitungan sudut dilakukan dengan membuat garis lurus dari titik pusat yaitu depot hingga ke titik koordinat customer dan garis lurus terhadap sumbu x .



Gambar 4.2 Koordinat masing – masing wilayah

Sudut yang terbentuk dengan kedua garis tersebut merupakan sudut polar yang digunakan untuk tahap selanjutnya yaitu pengelompokkan. Data koordinat depot dan masing – masing customer ditampilkan pada Tabel 3.2.

Tabel 4.2 Data koordinat dan depot

Node	x	y	Sudut Polar (°)	Node	x	y	Sudut Polar (°)
0	0	0	0	100	-3.2	5.9	118.47°
1	-3.7	0.7	169.29°	101	-5.7	4.3	141.71°
2	-3.3	1.2	160.02°	102	-7	6.5	137.12°
3	-3.4	1.6	154.80°	103	-8.4	5.3	147.75°
4	-4,2	2	154.54°	104	-8.6	5.3	148.36°
5	-3.6	1	164.48°	105	-5	5.7	131.26°
6	-4.2	2	154.54°	106	-5.4	5.6	133.96°
7	-2.7	3.1	131.05°	107	-5.2	6	130.91°
8	-4.3	3.6	140.06°	108	-5.7	5.7	135°
9	-3.5	2.8	141.34°	109	-7	5.5	141.84°
10	-5.5	5.7	133.98°	110	-6.9	5.5	141.44°
11	-2.5	3.5	125.54°	111	-7.2	5.5	142.62°
12	-3.6	2.3	147,43°	112	-6.9	5.1	143.53°
13	-2.8	3	133.03°	113	-6.9	5.1	143.53°
14	-3.2	3.6	131.63°	114	-6.6	5.2	141.77°
15	-3.4	3.2	136.74°	115	-6.8	4.9	144.22°
16	-3.1	3.3	133.21°	116	-7	4.7	146.12°
17	-3.3	3.4	133.15°	117	-7	4.8	145.56°
18	-3.5	3.9	131.91°	118	-7.1	4.9	145.39°
19	-3	3.3	132.27°	119	-7.2	4.9	145.76°
20	-2.9	3.3	131.31°	120	-8.1	5.3	146.80°
21	-3.4	3.3	135.86°	121	-8.2	3.8	155.14°
22	-3.3	3.1	136.79°	122	-7.8	4.4	150.57°

23	-5.5	5.8	133.48°	123	-8	4.4	151.19°
24	-3.2	3.4	133.26°	124	-8.1	5.5	145.82°
25	-3.1	3.5	131.53°	125	-10.1	6.1	148.87°
26	-2.8	4	124.99°	126	-9.7	5.7	149.56°
27	-3	3.9	127.57°	127	-7.1	5.9	140.27°
28	-3.2	4	128.66°	128	-5.8	7	129.64°
29	-3.3	3.2	135.88°	129	-6.9	5.5	141.44°
30	-3	3.9	127.57°	130	-5.9	4.3	143.91°
31	-3.2	3.9	129.37°	131	-8.3	4.3	152.61°
32	-2.6	3.8	124.38°	132	-7.3	4.1	150.68°
33	-2.7	3.6	126.87°	133	-6	4.3	144.37°
34	-2.7	3.6	126.87°	134	-4	3.6	138.01°
35	-2.8	3.7	127.12°	135	-4.1	3.6	138.72°
36	-2.8	3.7	127.12°	136	-4.2	3.8	137.86°
37	-2.6	3.7	125.10°	137	-4	3.8	136.47°
38	-2.6	3.1	129.99°	138	-3.9	3.8	135.74°
39	-2.5	3.4	126.33°	139	-4.3	4.3	135°
40	-2.4	3.7	122.97°	140	-4.9	5.2	133.30°
41	-2.5	3.7	124.05°	141	-5.2	5.2	135°
42	-2.5	3.7	124.05°	142	-4.4	5.3	129.70°
43	-2.5	3.7	124.05°	143	-4.4	5.1	130.79°
44	-2	3.7	118.39°	144	-4.5	5.7	128.29°
45	-2.1	3.7	119.58°	145	-4	5.6	125.54°
46	-1.7	3.6	115.28°	146	-3.7	6	121.66°
47	-1.7	3.4	116.57°	147	-4.4	5.8	127.18°
48	-3.6	5.7	122.28°	148	-4.6	6.3	126.14°
49	-1.8	3.5	117.22°	149	-3.9	3.6	137.29°
50	-1.7	3.2	117.98°	150	-3.8	3.2	139.90°
51	-1.8	3.1	120.14°	151	-4	3.3	140.48°
52	-1.2	2.6	114.78°	152	-4.1	3.8	137.17°
53	-1.6	2.7	120.65°	153	-4.1	3.9	136.43°

54	-2.9	3.9	126.63°	154	-4	3.7	137.23°
55	-1.7	2.7	122.20°	155	-5	4.8	136.17°
56	-1.5	2.8	118..18°	156	-4.7	4.8	134.40°
57	-3.9	3.7	136.51°	157	-3.9	4.4	131.55°
58	-3.2	3.8	130.10°	158	-3.8	4.5	130.18°
59	-3.2	3.8	130.10°	159	-3.7	4.6	128.81°
60	-3.3	3.8	130.97°	160	-4.4	4.3	135.66°
61	-2.9	3.8	127.35°	161	-4.2	3.7	138.62°
62	-3.1	4	127.78°	162	-2.9	3.6	128.85°
63	-3.2	4	128.66°	163	-8.1	3.7	155.45°
64	-3.3	4	129.52°	164	-4.2	3.5	140.19°
65	-2.8	4.2	123.69°	165	-5.1	4.4	139.21°
66	-1.7	2.7	122.20°	166	-5.1	4.4	139.21°
67	-5	4.6	137.39°	167	-4.9	5.2	133.30°
68	-5.2	4	142.43°	168	-4.8	4.3	138.14°
69	-5.5	3.9	144.66°	169	-4.6	4.4	136.27°
70	-6.3	4.5	144.46°	170	-4.6	4.3	136.93°
71	-5.5	4.2	142.63°	171	-4.9	5.4	132.22°
72	-5.1	4.8	136.74°	172	-5.2	5.6	132.88°
73	-5	4.6	137.39°	173	-4.3	4.3	135°
74	-5.3	5.2	135.55°	174	-4.6	5.1	132.05°
75	-4.1	2.9	144.73°	175	-4.6	5.2	131.50°
76	-5	4.5	138.01°	176	-5.6	8.7	122.77°
77	-5.1	4.6	137.95°	177	-4.9	6.2	128.32°
78	-5.2	4.7	146.89°	178	-4.4	6.4	124.51°
79	-5.2	5.4	133.92°	179	-4.3	6.5	123.49°
80	-5	5.2	133.88°	180	-4.8	6.5	126.44°
81	-5.2	5.3	134.45°	181	-5	6.5	127.57°
82	-5	5.2	133.88°	182	-4.7	6.7	125.05°
83	-5	6	129.81°	183	-5.6	7.6	126..38°
84	-5.3	5.5	133.94°	184	-5.6	7.4	127.12°

85	-5.4	5.4	135°	185	-5.3	6.8	127.93
86	-7	4.2	149.04°	186	-5.4	7	127.65°
87	-8.2	5.3	147.12°	187	-4.3	8	118.26°
88	-8.1	5.3	146.80°	188	-3.8	7.7	116.27°
89	-6.9	4.1	149.28°	189	-4	7.7	117.45°
90	-6.8	4.1	148.91°	190	-4.1	7.8	117.73°
91	-8.3	4.2	153.16°	191	-5.4	7.2	126.87°
92	-7.1	4.1	149.99°	192	-5.7	8.2	124.80°
93	-7.9	4	153.15°	193	-5.2	9.0	120.02°
94	-7.7	4	152.55°	194	-5	9.1	118.79°
95	-8.5	4.1	154.25°	195	-3.8	8.9	113.12°
96	-8.6	4.1	154.51°	196	-4.2	10.3	112.18°
97	-8.6	3.7	156.72°	197	-4.5	9.9	114.44°
98	-9.7	3.9	158.10°	198	-3.4	10	108.78°
99	-9	4	156.04°	199	-3.4	9.7	109.32°
				200	-4	3.3	140.48°

c. Melakukan pengelompokkan (*clustering*) dimulai dari agen yang memiliki sudut polar terkecil dan seterusnya berurutan sampai agen yang memiliki sudut polar terbesar dengan memperhatikan kapasitas kendaraan.

d. Memastikan semua agen “tersapu” dalam *cluster* saat ini.

Melakukan “sapuan” terhadap seluruh customer dimulai dari sudut polar yang terkecil hingga terbesar. Sapuan dilakukan dengan berlawanan arah jarum jam.

e. Pengelompokan dihentikan ketika dalam satu *cluster* akan melebihi kapasitas kendaraan.

Tahap ini pengelompokkan setiap customer berdasarkan urutan sudut polar hingga kapasitas terpenuhi. Jika kapasitas kendaraan sudah tidak mencukupi, customer akan dimasukkan ke dalam *cluster* selanjutnya. Begitu seterusnya hingga seluruh customer tersapu.

Tabel 4.3 Urutan Sudut Polar

Sudut Polar (°)	Node	Berat (Kg)
0	0	0
108.78°	198	3.00
109.32°	199	6.00
112.18°	196	14.00
113.12°	195	7.00
114.44°	197	7.00
114.78°	52	11.00
115.28°	46	2.00
116.27°	47	5.82
116.57°	188	21.00
117.22°	49	4.00
117.45°	189	24.00
117.73°	190	4.00
117.98°	50	14.08
118.18°	56	3.00
118.26°	187	11.00
118.39°	144	6.00
118.47°	100	5.00
118.79°	194	5.00
119.58°	45	3.00
120.02°	193	4.00
120.14°	51	8.00
120.65°	53	10.00

121.66°	146	5.00
122.20°	55	8.00
122.20°	66	6.40
122.28°	48	9.00
122.77°	176	4.00
122.97°	40	3.00
123.49°	179	3.00
123.69°	65	4.00
124.05°	41	4.00
124.05°	42	5.00
124.05°	43	3.30
124.38°	32	3.00
124.51°	178	3.00
124.80°	192	16.30
124.99°	26	2.00
125.05°	182	18.30
125.10°	37	4.00
125.54°	11	3.00
125.54°	145	7.00
126.14°	148	3.20
126.33°	39	6.00
126.38°	183	4.00
126.44°	180	2.00
126.63°	54	20.00
126.87°	33	18.00

126.87°	34	42.00
126.87°	191	23.59
127.12°	35	4.00
127.12°	184	40.00
127.18°	147	3.00
127.35°	61	11.00
127.42°	36	12.00
127.57°	27	2.00
127.57°	30	6.00
127.57°	181	5.00
127.65°	186	2.00
127.78°	62	4.00
127.93°	185	4.00
128.29°	144	6.00
128.32°	177	17.00
128.66°	63	6.00
128.66°	28	4.00
128.81°	159	9.00
128.85°	162	5.00
129.37°	31	3.00
129.52°	64	3.00
129.64	128	2.00
129.70°	142	11.00
129.81°	83	3.00
129.99°	38	7.36
130.10°	58	11.00
130.10°	59	2.00
130.18°	158	16.00

130.79°	143	2.00
130.91°	107	2.00
130.97°	60	3.00
131.05°	7	13.00
131.26°	105	2.30
131.31°	20	7.00
131.50°	175	4.00
131.53°	25	13.65
131.55°	157	7.00
131.63°	14	2.00
131.91°	18	4.00
132.05°	174	7.00
132.22°	171	37.00
132.27°	19	3.00
132.88°	172	3.00
133.03°	13	3.00
133.15°	17	2.00
133.21°	16	2.00
133.26°	24	4.20
133.30°	140	10.00
133.30°	167	4.00
133.45°	81	5.00
133.48°	23	5.00
133.88°	80	3.00
133.88°	82	5.00
133.92°	79	16.00
133.94°	84	2.60
133.96°	106	5.00
133.98°	10	4.00
134.40°	156	9.00
135	108	3.00

135	139	4.00
135	141	12.63
135	85	6.00
135	173	2.00
135.55°	74	4.00
135.66°	160	6.00
135.74°	138	5.00
135.86°	21	21.00
135.88°	29	3.90
136.17°	155	12.00
136.27°	169	19.00
136.43°	153	6.00
136.47°	137	2.00
136.51°	57	11.00
136.64°	72	6.00
136.74°	15	3.00
136.79°	22	4.00
136.93°	170	6.44
137.12°	102	8.00
137.17°	152	5.00
137.23°	154	3.00
137.29°	149	6.00
137.39°	67	12.00
137.39°	73	6.00
137.86°	136	3.18
137.95°	77	12.00
138.01°	76	7.00
138.01°	134	2.00
138.14°	168	7.00
138.62°	161	3.83
138.72°	135	3.88

139.21°	165	4.00
139.21°	166	3.00
139.90°	150	8.00
140.06°	8	4.00
140.19°	164	8.00
140.27°	127	4.00
140.48°	151	2.00
140.48°	200	3.00
141.34°	9	10.00
141.44°	110	4.00
141.44°	129	21.00
141.71°	101	3.00
141.77°	114	9.00
141.84°	109	3.00
142.43°	68	6.00
142.62°	111	7.30
142.63°	71	5.00
143.53°	112	5.00
143.53°	113	2.00
143.91°	130	2.00
144.22°	115	6.00
144.37°	133	5.00
144.66°	70	14.37
144.66°	69	5.00
144.73°	75	5.00
145.39°	118	7.00
145.56°	117	4.00
145.76°	119	16.00
145.82°	124	6.00
146.12°	116	5.60
146.80°	88	3.40

146.80°	120	7.00
146.89°	78	4.00
147.12°	87	4.00
147.43°	12	3.00
147.75°	103	13.00
148.36°	104	7.00
148.87°	125	17.00
149.04°	86	10.90
149.28°	89	5.00
149.56°	126	7.92
149.91°	90	6.00
149.99°	92	6.00
150.57°	122	3.00
150.68°	132	4.00
151.19°	123	4.00
152.55°	94	3.00
152.61°	131	8.00
153.15°	93	4.50
153.16°	91	7.00
154.25°	95	5.00
154.51°	96	4.00
154.54°	4	7.30
154.54°	6	21.00
154.80°	3	16.00
155.14°	121	25.00
155.45°	163	10.00
156.04°	99	7.00
156.72°	97	4.00
158.10°	98	7.00
160.02°	2	13.30
164.48°	5	10.00

169.29°	1	1.60
---------	---	------

Berdasarkan Tabel 4.3 diperoleh pengelompokan (*clustering*) yang terdiri dari 3 yaitu:

Cluster 1 : 198 199 196 195 197 52 46 188 47 49 189 190 50 56 187 44 100 194 45
193 51 53 146 55 66 48 176 40 179 65 41 42 43 32 178 192 26 182 37 11 145 148
39 183 180 54 33 34 191 35 184 147 61 36 27 30 181 186 62 185 144

Total bobot permintaan : 487.99 kg

Cluster 2 : 177 63 28 159 162 31 64 128 142 83 38 58 59 158 143 107 60 7 105 20
175 25 157 14 18 174 171 19 172 13 17 16 24 140 167 81 23 80 82 79 84 106 10
156 108 139 141 85 173 74 160 138 21 29 155 169 153 137 57 72 15 22 170 102
152 154 149 67 73 136 77 76 134 168 161 135

Total bobot permintaan : 496.97 kg

Cluster 3 : 165 166 150 8 164 127 151 200 9 110 129 101 114 109 68 111 71 112
113 130 115 133 70 69 75 118 117 119 124 116 88 120 78 87 12 103 104 125 86
89 126 90 92 122 132 123 94 131 93 91 95 96 4 6 3 121 163 99 97 98 2 5 1

Total bobot permintaan : 446.19 kg

4.1.3.2 Tahap Pembentukan Rute

Pada tahap pembentukan rute, *cluster* pertama, *cluster* kedua dan *cluster* ketiga yang telah diperoleh pada tahap *clustering* akan diselesaikan dengan menggunakan metode *Nearest Neighbour* sehingga akan diperoleh rute terbaik pada masing – masing *cluster*. Langkah – langkah dalam menentukan pembentukan rute yaitu:

a. Langkah 0 : Inisialisasi

- Menentukan satu titik yang akan menjadi titik awal perjalanan dimana dalam peneltian ini sudah ditentukan bahwa titik awal perjalanan dimulai dari awal dari depot perusahaan.
- Menentukan $C = \{1, 2, 3, 4, \dots, n\}$ sebagai himpunan titik yang dikunjungi.
- Menentukan urutan rute perjalan saat ini (sementara) (R).

- b. Langkah 1: Memilih titik yang selanjutnya akan dikunjungi.
Jika n_1 adalah titik yang berada di urutan terakhir dari rute R maka akan ditemukan titik berikutnya, n_2 yang memiliki jarak paling minimum dengan n_1 dimana n_2 merupakan anggota dari C . Apabila terdapat banyak pilihan optimal artinya terdapat lebih dari satu titik yang memiliki jarak yang sama dari titik terakhir dalam rute R dan jarak tersebut merupakan jarak paling minimum maka pilih secara acak.
- c. Langkah 2: Menambahkan titik yang terpilih pada langkah 1 pada urutan rute berikutnya. Menambahkan titik n_2 di urutan akhir dari rute sementara dan mengeluarkan yang terpilih tersebut dari daftar titik yang belum dikunjungi.
- d. Langkah 3: Jika semua titik yang harus dikunjungi telah dimasukkan dalam rute atau $C = \emptyset$, maka tidak ada lagi titik yang ada di C . Selanjutnya menutup rute dengan menambahkan titik inisialisasi atau titik awal perjalanan diakhir rute. Dengan kata lain, rute ditutup dengan kembali lagi ke titik asal. Jika sebaliknya, kembali melakukan langkah 1.

- Pembentukan rute pada *cluster* pertama yaitu:

Langkah 0 : Inisialisasi

- JNE Amplas Trade Center merupakan titik awal perjalanan atau node 0.
- Himpunan $C = \{198, 199, 196, 195, 197, 52, 46, 188, 47, 49, 189, 190, 50, 56, 187, 44, 100, 194, 45, 193, 51, 53, 146, 55, 66, 48, 176, 40, 179, 65, 41, 42, 43, 32, 178, 192, 26, 182, 37, 11, 145, 148, 39, 183, 180, 54, 33, 34, 191, 35, 184, 147, 61, 36, 27, 30, 181, 186, 62, 185, 144\}$

Dengan mengikuti Langkah 1, 2 dan 3 dengan titik terakhir (n_1) adalah wilayah 100 berdasarkan data jarak tempuh pada Lampiran 1 sehingga diperoleh rute terbaik untuk *cluster* pertama sebagai berikut:

Rute 1: 0 - 33 - 35 - 36 - 34 - 37 - 62 - 65 - 61 - 66 - 53 - 27 - 26 - 55 - 30 - 54 - 11 - 56 - 32 - 43 - 45 - 44 - 47 - 48 - 46 - 42 - 41 - 40 - 50 - 51 - 52 - 49 - 39 - 176 - 146 - 147 - 148 - 144 - 145 - 178 - 185 - 182 - 181 - 180 - 179 - 183 - 186 - 184 - 191 - 192 - 193 - 195 - 194 - 190 - 189 - 188 - 196 - 197 - 198 - 199 - 187 - 100 - 0.

- Pembentukan rute untuk *cluster* kedua

Langkah 0 : Inisialisasi

- JNE Amplas Trade Center merupakan titik awal perjalanan atau node 0.
- Himpunan $C = \{ 177, 63, 28, 159, 162, 31, 64, 128, 142, 83, 38, 58, 59, 158, 143, 107, 60, 7, 105, 20, 175, 25, 157, 14, 18, 174, 171, 19, 172, 13, 17, 16, 24, 140, 167, 81, 23, 80, 82, 79, 84, 106, 10, 156, 108, 139, 141, 85, 173, 74, 160, 138, 21, 29, 155, 169, 153, 137, 57, 72, 15, 22, 170, 102, 152, 154, 149, 67, 73, 136, 77, 76, 134, 168, 161, 135 \}$

Dengan mengikuti Langkah 1, 2 dan 3 dengan titik terakhir (n_1) adalah wilayah 177 berdasarkan jarak tempuh pada Lampiran 1 sehingga diperoleh rute terbaik untuk *cluster* kedua sebagai berikut:

Route 2: 0 - 167 - 7 - 139 - 173 - 157 - 158 - 159 - 21 - 15 - 22 - 10 - 20 - 13 - 24 - 29 - 57 - 59 - 58 - 63 - 64 - 60 - 31 - 28 - 25 - 134 - 149 - 154 - 152 - 153 - 155 - 156 - 137 - 138 - 14 - 23 - 16 - 17 - 18 - 19 - 140 - 141 - 161 - 162 - 143 - 142 - 172 - 174 - 175 - 171 - 77 - 72 - 76 - 73 - 67 - 80 - 85 - 84 - 83 - 106 - 105 - 108 - 79 - 107 - 128 - 81 - 82 - 102 - 160 - 168 - 170 - 169 - 74 - 135 - 136 - 38 - 177 - 0.

- Pembentukan rute untuk *cluster* ketiga

Langkah 0 : Inisialisasi

- JNE Amplas Trade Center merupakan titik awal perjalanan atau node 0.
- Himpunan $C = \{ 165, 166, 150, 8, 164, 127, 151, 200, 9, 110, 129, 101, 114, 109, 68, 111, 71, 112, 113, 130, 115, 133, 70, 69, 75, 118, 117, 119, 124, 116, 88, 120, 78, 87, 12, 103, 104, 125, 86, 89, 126, \}$

90, 92, 122, 132, 123, 94, 131, 93, 91, 95, 96, 4, 6, 3, 121, 163, 99,
97, 98, 2, 5, 1. }

Dengan mengikuti Langkah 1, 2 dan 3 dengan titik terakhir (n_1) adalah wilayah 1 sehingga diperoleh rute terbaik untuk *cluster* ketiga sebagai berikut:

Rute 3: 0 - 200 - 151 - 164 - 166 - 165 - 6 - 5 - 4 - 75 - 3 - 2 - 8 - 9 - 12 - 150
- 163 - 133 - 130 - 71 - 69 - 68 - 78 - 70 - 91 - 92 - 131 - 132 - 90 - 89 - 93 -
94 - 95 - 86 - 124 - 87 - 88 - 121 - 120 - 104 - 103 - 101 - 96 - 97 - 99 - 98 -
123 - 122 - 118 - 119 - 114 - 116 - 111 - 129 - 117 - 127 - 115 - 113 - 112 -
109 - 110 - 126 - 125 - 1 - 0.

4.1.4 Hasil Menggunakan *Software* MATLAB untuk Menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* Menggunakan Algoritma Sweep

Hasil:

1. Membuat *Cluster*

Cluster 1 : 198 199 196 195 197 52 46 188 47 49 189 190 50 56 187 44 100 194 45
193 51 53 146 55 66 48 176 40 179 65 41 42 43 32 178 192 26 182 37 11 145 148
39 183 180 54 33 34 191 35 184 147 61 36 27 30 181 186 62 185 144

Total bobot permintaan : 487.99 kg

Cluster 2 : 177 63 28 159 162 31 64 128 142 83 38 58 59 158 143 107 60 7 105 20
175 25 157 14 18 174 171 19 172 13 17 16 24 140 167 81 23 80 82 79 84 106 10
156 108 139 141 85 173 74 160 138 21 29 155 169 153 137 57 72 15 22 170 102
152 154 149 67 73 136 77 76 134 168 161 135

Total bobot permintaan : 496.97 kg

Cluster 3 : 165 166 150 8 164 127 151 200 9 110 129 101 114 109 68 111 71 112
113 130 115 133 70 69 75 118 117 119 124 116 88 120 78 87 12 103 104 125 86
89 126 90 92 122 132 123 94 131 93 91 95 96 4 6 3 121 163 99 97 98 2 5 1

Total bobot permintaan : 446.19 kg

2. Dengan urutan rute setiap cluster sebagai berikut :

Urutan Rute *Cluster 1* : 0 -> 33 -> 35 -> 36 -> 34 -> 37 -> 62 -> 65 -> 61 -> 66 -> 53 -> 27 -> 26 -> 55 -> 30 -> 54 -> 11 -> 56 -> 32 -> 43 -> 45 -> 44 -> 47 -> 48 -> 46 -> 42 -> 41 -> 40 -> 50 -> 51 -> 52 -> 49 -> 39 -> 176 -> 146 -> 147 -> 148 -> 144 -> 145 -> 178 -> 185 -> 182 -> 181 -> 180 -> 179 -> 183 -> 186 -> 184 -> 191 -> 192 -> 193 -> 195 -> 194 -> 190 -> 189 -> 188 -> 196 -> 197 -> 198 -> 199 -> 187 -> 100 -> 0

Dengan Total jarak tempuh : 95.8 km

Urutan Rute *Cluster 2* : 0 -> 167 -> 7 -> 139 -> 173 -> 157 -> 158 -> 159 -> 21 -> 15 -> 22 -> 10 -> 20 -> 13 -> 24 -> 29 -> 57 -> 59 -> 58 -> 63 -> 64 -> 60 -> 31 -> 28 -> 25 -> 134 -> 149 -> 154 -> 152 -> 153 -> 155 -> 156 -> 137 -> 138 -> 14 -> 23 -> 16 -> 17 -> 18 -> 19 -> 140 -> 141 -> 161 -> 162 -> 143 -> 142 -> 172 -> 174 -> 175 -> 171 -> 77 -> 72 -> 76 -> 73 -> 67 -> 80 -> 85 -> 84 -> 83 -> 106 -> 105 -> 108 -> 79 -> 107 -> 128 -> 81 -> 82 -> 102 -> 160 -> 168 -> 170 -> 169 -> 74 -> 135 -> 136 -> 38 -> 177 -> 0

Dengan Total jarak tempuh : 93.8 km

Urutan Rute *Cluster 3* : 0 -> 200 -> 151 -> 164 -> 166 -> 165 -> 6 -> 5 -> 4 -> 75 -> 3 -> 2 -> 8 -> 9 -> 12 -> 150 -> 163 -> 133 -> 130 -> 71 -> 69 -> 68 -> 78 -> 70 -> 91 -> 92 -> 131 -> 132 -> 90 -> 89 -> 93 -> 94 -> 95 -> 86 -> 124 -> 87 -> 88 -> 121 -> 120 -> 104 -> 103 -> 101 -> 96 -> 97 -> 99 -> 98 -> 123 -> 122 -> 118 -> 119 -> 114 -> 116 -> 111 -> 129 -> 117 -> 127 -> 115 -> 113 -> 112 -> 109 -> 110 -> 126 -> 125 -> 1 -> 0

Dengan Total jarak tempuh : 106.51 km

Adapun rute hasil menggunakan Algoritma *Sweep* dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan yaitu:

Tabel 4.4 Rute Pengiriman Menggunakan Algoritma Sweep

No.	Rute	Wilayah	Berat (Kg)
1.	Depot - 33 - 35 - 36 - 34 - 37 - 62 - 65 - 61 - 66 - 53 - 27 - 26 - 55 - 30 - 54 - 11 - 56 - 32 - 43 - 45 - 44 - 47 - 48 - 46 - 42 - 41 - 40 - 50 - 51 - 52 - 49 - 39 - 176 - 146 - 147 - 148 - 144 - 145 - 178 - 185 - 182 - 181 - 180 - 179 - 183 - 186 - 184 - 191 - 192 - 193 - 195 - 194 - 190 - 189 - 188 - 196 - 197 - 198 - 199 - 187 - 100 – Depot .	61	487.99
2.	Depot - 167 - 7 - 139 - 173 - 157 - 158 - 159 - 21 - 15 - 22 - 10 - 20 - 13 - 24 - 29 - 57 - 59 - 58 - 63 - 64 - 60 - 31 - 28 - 25 - 134 - 149 - 154 - 152 - 153 - 155 - 156 - 137 - 138 - 14 - 23 - 16 - 17 - 18 - 19 - 140 - 141 - 161 - 162 - 143 - 142 - 172 - 174 - 175 - 171 - 77 - 72 - 76 - 73 - 67 - 80 - 85 - 84 - 83 - 106 - 105 - 108 - 79 - 107 - 128 - 81 - 82 - 102 - 160 - 168 - 170 - 169 - 74 - 135 - 136 - 38 - 177 – Depot.	76	496.97
3.	Depot - 200 - 151 - 164 - 166 - 165 - 6 - 5 - 4 - 75 - 3 - 2 - 8 - 9 - 12 - 150 - 163 - 133 - 130 - 71 - 69 - 68 - 78 - 70 - 91 - 92 - 131 - 132 - 90 - 89 - 93 - 94 - 95 - 86 - 124 - 87 - 88 - 121 - 120 - 104 - 103 - 101 - 96 - 97 - 99 - 98 - 123 - 122 - 118 - 119 - 114 - 116 - 111 - 129 - 117 - 127 - 115 - 113 - 112 - 109 - 110 - 126 - 125 - 1 – Depot.	63	446.19
	Jumlah	200	1431.15

Adapun setiap rute yang telah dihasilkan ditampilkan pada Lampiran 3. Berdasarkan Tabel 4.3 ditemukan total jarak tempuh setiap rute berdasarkan Lampiran 1 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Jarak Tempuh Rute Pengiriman Menggunakan Algoritma *Sweep*

	Rute 1	Rute 2	Rute 3
Jumlah (Km)	95.8	93.8	106.51

Perbandingan Rute Perusahaan Dengan Rute Menggunakan Algoritma *Sweep*

Tabel 4.6 Rute Pengiriman Perusahaan

No.	Rute	Wilayah	Berat (Kg)
1.	Depot – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – 22 – 23 – 24 – 25 – 26 – 56 – 57 – 58 – 59 – 60 – 61 – 62 – 63 – 64 – 65 – 27 – 28 – 29 – 30 – 31 – 32 – 33 – 34 – 35 – 36 – 37 – 38 – 39 – 40 – 41 – 42 – 43 – 44 – 45 – 46 – 47 – 48 – 49 – 50 – 51 – 52 – 53 – 54 – 55 – 66 – Depot .	66	483.91
2.	Depot – 67 – 68 – 69 – 70 – 71 – 72 – 73 – 74 – 75 – 76 – 77 – 78 – 79 – 80 – 81 – 82 – 83 – 84 – 85 – 105 – 106 – 107 – 108 – 109 – 110 – 111 – 112 – 113 – 114 – 115 – 116 – 117 – 118 – 119 – 120 – 121 – 122 – 123 – 124 – 86 – 87 – 88 – 89 – 90 – 91 – 92 – 93 – 94 – 95 – 96 – 97 – 98 – 99 – 100 – 101 – 102 – 103 – 104 – 125 – 126 – 126 – 127 – 128 – 129 – 130 – 131 – 132 – 133 – 134 – 135 – Depot.	70	496.89

3.	Depot– 136 – 137 – 138 – 139 – 140 – 141 – 149 – 150 – 151 – 152 – 153 – 154 – 155 – 156 – 157 – 158 – 159 – 160 – 161 – 162 – 163 – 164 – 165 – 166 – 167 – 168 – 169 – 170 – 171 – 172 – 173 – 174 – 175 – 142 – 143 – 144 – 145 – 146 – 147 – 148 – 176 – 177 – 178 – 179 – 180 – 181 – 182 – 183 – 184 – 185 – 186 – 187 – 188 – 189 – 190 – 191 – 192 – 193 – 194 – 195 – 196 – 197 – 198 – 199 – 200 – Depot.	64	450.35
	Jumlah	200	1431.15

Berdasarkan Tabel 4.6 ditemukan total jarak tempuh setiap rute dengan bantuan *Google Maps* sebagai berikut:

Tabel 4.7 Jarak Tempuh Rute Pengiriman Perusahaan

	Rute 1	Rute 2	Rute 3
Jumlah (Km)	89.83	180.1	165.7

Berdasarkan Tabel 4.5 dan Tabel 4.7 diperoleh persentase penghematan total jarak tempuh yaitu:

$$= \frac{\text{Total jarak rute perusahaan} - \text{Total jarak rute Sweep}}{\text{Total jarak rute perusahaan}} \times 100\%$$

$$= \frac{435.63 - 296.11}{435.63} \times 100\%$$

$$= 32.03 \%$$

Berdasarkan perhitungan persentase penghematan total jarak rute yang telah dihitung diperoleh sebesar 32.03%. Hal ini menunjukkan bahwa penyelesaian menentukan rute menggunakan algoritma *sweep* dapat mengurangi biaya pengeluaran perusahaan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan mengenai penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* menggunakan algoritma *sweep* untuk pengiriman paket (barang) pada PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir Cabang Medan dengan 200 wilayah di kota Medan diperoleh tiga rute berdasarkan tahapan penyelesaian yaitu tahap pengelompokkan (*clustering*) dan tahap pembentukan rute. Adapun perhitungan persentase penghematan total jarak rute yang telah dihitung diperoleh sebesar 32.03%. Hal ini menunjukkan bahwa penyelesaian menentukan rute menggunakan algoritma *sweep* dapat mengurangi biaya pengeluaran perusahaan.

4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian ini adalah mengimplementasikan Algoritma *Sweep* pada kasus *Capacitated Vehicle Routing Problem* yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari dengan jumlah customer yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhand, M. A. H., Sultana Tanzima, Shuvo M.I., Al-Mahmud. 2017. *Constructive and Clustering Methods to Solve Capacitated Vehicle Routing Problem*. Oriental Jurnal of Computer Science and Technology, Vol 10, No.3 pg 549-562.
- Ballou, R. H, *Bussiness Logistics/Supply Chain Management Fifth Edition*, Pearson Education International, Ohio, 2005.
- Dantzig, G.B., Ramser, J. H. 1959. *The Truck Dispatching Problem*. Management Science, Vol 6, No.1 pp 80-91.
- Desiana, Asri., Ridwan AriYanuar dan Aurachman Rio. 2016. *Penyelesaian Vehicle Routing Problem Untuk Minimasi Total Biaya Transportasi Pada PT XYZ Dengan Metode Algoritma Genetika*. Jurnal Teknik Industri, Vol 3, No2:2-4
- Dreo, J., A. Petrowsky, P. Siarry, E. Taillard. 2006. *Meta – Heuristics for Hard Optimizatition: Methods and case studies*. Berlin: Springer.
- Gunawan., Maryati Indra dan Wibowo Henry Kurniawan.2012. *Optimasi Penentuan Rute Kendaraan Pada Sistem Distribusi Barang Dengan Ant Colony Optimization*. Seminar Nasional Teknologi dan Informatika. 979-26-0255-0.
- Ikfan, Noer dan Masuldin Ilyas. 2013. *Penentuan Rute Transportasi Terpendek Untuk Meminimalkan Biaya Menggunakan Metode Saving Matriks*. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Vol 12, No.2 pp 165-178.
- Kumar, V. V., Senthil, Jayachitra, R. 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, Vol 12, No.1 pp 897-908.

- Munir, Rinaldi. 2005, Matematika Diskrit. Bandung: Penerbit Informatika.
- N, Hasanah Mutia., Matondang Nazaruddin dan Ishak Aulia. 2013. *Penentuan Rute Distribusi Barang Yang Optimal Dengan Menggunakan Algoritma Heuristik Pada PT XYZ*. Jurnal Teknik Industri, Vol 3, No. 3 pp 48-51.
- Suprayogi (2003), *Vehicle Routing Problem-Defenition, Variants and Applications*. Industrial System Planning and Optimization Laboratory. Department of Industrial Engineering. Bandung Institute of Technology, Bandung.
- Toth, Paolo dan Vigo, Daniele. 2002. *The Vehicle Routing Problem*. Society for Industrial and Applied Mathematics.

Lampiran 1. Tabel 3.1 Wilayah – wilayah Customer

No.	Wilayah Customer	Berat (Kg)	No.	Wilayah Customer	Berat (Kg)
1.	Asrama Widuri Blok Cemara	1.60	101.	Komplek Taman Hako Indah	3.00
2.	Jalan Sisingamangaraja km 5.5	13.30	102.	Jalan Baru No.21/Jalan Gaperta	8.00
3.	Jalan Sisingamangaraja Gang Kasih	16.00	103.	Jalan Gaperta Ujung	13.00
4.	Jalan Bridjen Katamso Gang Tatngga	7.30	104.	Gaperta Garden Blok C No.8	7.00
5.	Jalan Bridjen Katamso Gang Panca	10.00	105.	Jalan Sekata Gang Al-Falah	2.30
6.	Jalan Bridjen Katamso CV Edi Polt	21.00	106.	Jalan Karya No.6A	5.00
7.	Jalan Rahmadsyah Japaris No 1	13.00	107.	Jalan Karya gang Kartini No.22	2.00
8.	Jalan Sutomo No. 88 Medan	4.00	108.	Komplek Pondok Surya Blok 3	3.00
9.	Jalan Nilam No. 15C	10.00	109.	Jalan Matahari Raya Komplek	3.00
10.	Jalan Terendam No. 1A Medan	4.00	110.	Jalan Matahari Raya Komplek Matahari	4.00
11.	Jalan Kapten JumHana Gang BM	3.00	111.	Jalan Nusa Indah 9 No.172 Blok 13	7.30
12.	Timah Putih No. 2	3.00	112.	Jalan Kapten Muslim Komplek Griya	5.00
13.	Jalan Asia Raya Blok E NO. 8	3.00	113.	Komplek Griya Riatur Indah	2.00
14.	Jalan Asia No. 264H Simpang	2.00	114.	Jalan Sawah Halus LK 3 No.13	9.00
15.	Jalan Asia No. 99 Locket Darma	3.00	115.	Jalan Kapten Muslim Komplek Ruko	5.60

16.	Bank OCBC NISP Jalan Asia NO. 200	2.00	116.	SES-Medan-Plaza Milenium	4.00
17.	Jalan Asia No. 184F	2.00	117.	Jalan Setia Luhur Gang Nusa Indah	7.00
18.	Jalan Thamrin No.81 Level 3	4.00	118.	Jalan Bakti Luhur Komplek Milenium	16.00
19.	Jalan Bugis No.10 Medan	3.00	119.	Jalan Kapten Muslin No.111 Plaza Milenium	6.00
20.	Jalan Thamrin No. 158A	7.00	120.	Jalan Asrama Komple DE CASA Blok BB	7.00
21.	Jalan Asia No. 163/71E	21.00	121.	Kantor BBPPTP Jalan Asrama	25.00
22.	Jalan Asia 46/88 Toko Panca	4.00	122.	Jalan ampera 2 No.22F	3.00
23.	Jalan Menggala No.50 Medan	5.00	123.	Jalan Aluminium (Ampera) No.E1	4.00
24.	Jalan Pasar Ramai No. 6	4.20	124.	Jalan Dodik No.2	6.00
25.	Jalan Thamrin No.75	13.65	125.	Jalan Klambir 5 Gang Kalpataru	17.00
26.	Jalan Bakaran Batu I No.5	2.00	126.	Perum Kelapa Gading	7.92
27.	Jalan Hos Cokroaminoto No.43A	2.00	127.	Jalan Sumarsono	4.00
28.	Jalan Malaka No.41	4.00	128.	Jalan Sumarsono Ujung No.910E	2.00
29.	Jalan Thamrin No.34 Medan	3.90	129.	Jalan Kapten Muslim Tata Lestari	21.00
30.	Jalan Thamrin Gang Kenanga	6.00	130.	Jalan Sewindu no.34	2.00
31.	Vihara Vimala Diepa	3.00	131.	Jalan Gatot Subroto Km 4.5 No.16	8.00
32.	Jalan Duyung No.22 Dekat Sampali	3.00	132.	Mulya Genteng Beton Jalan Gatot Subroto	4.00

33.	Jalan Badak No.31 Pandau Hulu 1	18.00	133.	Jalan PWS No.26 Sebelah Gang Kerang	5.00
34.	Pasar Beruang Toko Dodo	42.00	134.	Jalan Bandung No.8/11	2.00
35.	Gajah 14A/62F Pandau Hulu	4.00	135.	Jalan Pandu No.1-F	3.88
36.	Jalan Banteng No.2B Pandau Hulu	12.00	136.	Toko Sumber Mas Jalan Pandu	3.18
37.	Jalan Singa No.10B	4.00	137.	Jalan Semarang 119/2	2.00
38.	AN8DY Ponsel Jalan Wahidin	7.36	138.	Jalan Semarang No.74	5.00
39.	Jalan Wahidin No.24C/132	6.00	139.	Jalan Sutomo No.48 B	4.00
40.	Jalan Wahidin No.338	3.00	140.	Jalan Gedeh No.9	10.00
41.	Jalan Wahidin No.394	4.00	141.	Jalan Merbabu No.21B-C	12.63
42.	Jalan Wahidin Ujung No.3D	5.00	142.	Jalan Bambu 2 No.67	11.00
43.	Jalan Selam I No.39	3.30	143.	PT Multi Berlian Jaya	2.00
44.	Tegal Sari Mandala I	8.00	144.	Gedung City radio 95.9 FM	6.00
45.	Jalan Industri Gang Bahagia No.17	3.00	145.	Jalan Mesjid Taufik Gang Mangga	7.00
46.	Jalan Tangguk Bongkar V No.2	2.00	146.	Jalan Setia Jadi Komplek Town Hijau	5.00
47.	Jalan Tangguk Bongkar V	5.82	147.	Jalan Gunung Martimbang No.34	3.00
48.	Jalan Seriti 5 No. 223 P Mandala	9.00	148.	Jalan Bono No.87, Glugur Darat 1	3.20
49.	Jalan Denai/Rawa Gang Saudara	4.00	149.	Jalan Bandung No.25/74	6.00
50.	Jalan Denai No. 198A Metta Cell	14.08	150.	Toko Jam Tokyo Jalan Surabaya	8.00
51.	Jalan Denai Gang BatuHula No.1	8.00	151.	Jalan Bogor No.43	2.00
52.	Jalan Srikandi No.46	11.00	152.	Jalan Bawean No.36C-74	5.00

53.	Jalan Bromo	10.00	153.	Jalan Bawean No.12A/14	6.00
54.	Jalan Hos Cokroaminoto No. 167	20.00	154.	Toko Sepatu Citra Jaya	3.00
55.	Jalan Sabaruddin No.140B	8.00	155.	Jalan MT Haryono No.1A	12.00
56.	Jalan Bakaran Batu I No.16	3.00	156.	Jalan MT Haryono Medan Mall	9.00
57.	Jalan Kalimantan No.1H/I Panda	3.00	157.	Jalan Flores No.22	7.00
58.	Jalan Kalimantan No.3A	11.00	158.	Jala Asahan	16.00
59.	Jalan Thamrin No. 70C	2.00	159.	Jalan H M Yamin SH	9.00
60.	Jalan Jambi No.5	3.00	160.	PT Kereta Api Indonesia	6.00
61.	Jalan AIP II K S Tubun No.110/80	11.00	161.	TK Kurnia Faisal Jalan Palangkaraya	3.83
62.	Indrapura No.35, 37, 39	4.00	162.	Bank Banten Kantor Cabang Medan	5.00
63.	Jalan Malaka No. 89/35B	6.00	163.	Wisma Simas Lantai 5	10.00
64.	Jalan Malaka No. 61	3.00	164.	Jalan Pemuda No.18-22	8.00
65.	Jalan Palembang No.15	4.00	165.	Jalan Ahmad Yani 1 Dalam No. 66	4.00
66.	Jalan Bromo No.84D (Ayam penyet)	6.40	166.	Jalan Ahmad Yani No.92 AB	3.00
67.	Jalan Waringin No. 6	12.00	167.	Gedung Bank Panin KCP	4.00
68.	Jalan Merbau Kompleks Merbau Mas	6.00	168.	Gedung Graha Merah Putih	7.00
69.	Jalan Pasundan Gang Bahagia	5.00	169.	Jalan Putri Hijau No.2A	19.00
70.	Jalan Tinta No.48A Kelurahan Sei Putih	14.37	170.	Jalan Putri Hijau No.10	6.44
71.	Jalan M. Idris Gang Pawiro No.12c	5.00	171.	Grafindo Jalan KL YOS	37.00

72.	Jalan Sikambing No.44A	6.00	172.	Jalan Merak Jingga No 118 Medan	3.00
73.	Jalan Johar No.1C Kelurahan Sekip	6.00	173.	Jalan Sutomo	2.00
74.	PT. Abdi Budi Mulia	4.00	174.	Jalan Gaharu Gang Perdamaian No.35	7.00
75.	Restoran Sondoro Safina	5.00	175.	Jalan Gaharu S/P Bambu No. 117AB	4.00
76.	Jalan Asam No.4	7.00	176.	PT PLN 40 PERSERO 41 Wilayah	4.00
77.	PT. Setawan Sejati	12.00	177.	Jalan Umar Komplek Taman Umar	17.00
78.	Jalan Haji Adam Malik No. 83A	4.00	178.	Jalan Bilal, Komplek Bilal	3.00
79.	Jalan T Amir Hamzah No. 45	16.00	179.	PT. Wijaya Karya Divisi 1	3.30
80.	Jalan Danau Semayang No.96B	3.00	180.	Jalan Amal No.43 Pulo Brayan	2.00
81.	Saudara Baru Group Jalan Danau	5.00	181.	Jalan Amal Komplek Amal Taman Anggrek	5.00
82.	Jalan Danau Marsabut No. 10	5.00	182.	Jalan Jemadi 1 Blok A No.35	18.30
83.	Jalan Karya Gang Restu No.51	3.00	183.	Jalan KL Yos Sudarso LK XV No.37	4.00
84.	Jalan Karya Gang Sukadamai	2.60	184.	Jalan Yos Sudarso Lingkngan	40.00
85.	Jalan Karya No.97C Medan	6.00	185.	Jalan Mayor Komplek Deli Indah	4.00
86.	Jalan Dodik No. 4A	10.90	186.	Jalan Yos Sudarso LK III	2.00
87.	RUMDISPABANDDYALAT komplek	4.00	187.	Jalan Krakatau Komplek KMC BLC No.12	11.00
88.	Rumah Dinas ASOPS Kasdam I/BB	3.40	188.	Jalan Metal Gang Adil No.48	21.00
89.	Jalan Gatot Subroto Km 6.5	5.00	189.	Jalan Aluminium Raya Komplek Cemara	24.00

90.	PT. Distriversa Buana Mas	6.00	190.	Komplek TNI AL Ikan Barakuda	4.00
91.	Jalan Gatot Subroto Gang Bnaten	7.00	191.	Jalan Yos Sudarso Km 7.8	23.59
92.	Komplek Murai Raya Tomang Elok	6.00	192.	PT. Musim Mas Tanjung Mulia	16.30
93.	Jalan Rajawali Gang Taufik No. 14	4.50	193.	Jalan Kayu Putih	4.00
94.	Jalan Rajawali No.22	3.00	194.	Jalan Rumah Potong Hewan No.44	5.00
95.	Jalan Gatot Subroto Jalan Perwira	5.00	195.	Jalan Mangaan I No.81 LK	7.00
96.	Jalan Puskesmas II Belakang Gereja	4.00	196.	PT. Charoen Pokphand Indonesia	14.00
97.	Jalan Amal No.61	4.00	197.	Jalan Pulo Irian No.98	7.00
98.	Jalan T.B Simatupang Komplek Imperium	7.00	198.	PT. Sumatera Hakarindo	3.00
99.	Dinas Bina Marga Jalan Pinang Baris	7.00	199.	Jalan Pulau Nias Komplek Multiguna	6.00
100.	Jalan Pendidikan LK 6 No.30	5.00	200.	Jalan Bogor No.2	3.00

Lampiran 2. Matriks Jarak Tempuh dari Depot dan Wilayah Customer (Km)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	...	200
0	0	8.7	7.5	13	9.9	10	10	12	12	12	13	21	21	22	22	13	22	22	22	13	16	22	13	...	12
1	8.7	0	3.7	3.8	2.7	3	3	5.8	6.1	6.6	6.9	6.8	6.9	7.1	7.2	6.9	7.1	7.2	6.5	6.6	6.7	7.1	6.4	...	6.9
2	7.5	3.7	0	2.2	2.7	3	3	3.4	3.6	3.7	4	3.9	4.5	4.7	4.8	4.6	4.8	4.9	4.8	4.6	4.9	4.8	4.7	...	3.4
3	13	3.8	2.2	0	2.7	3	3	4.4	4.7	5.3	5.5	5.4	5.9	5.8	5.9	5.7	5.9	6	5.7	5.2	5.8	6	5.6	...	2.9
4	9.9	2.7	2.7	2.7	0	0.3	0.3	1.7	2	3.1	3.3	3.2	3.7	3.6	3.7	3.6	3.7	3.8	3.6	2.9	3.8	4	3.6	...	2.9
5	10	3	3	3	0.3	0	0.1	1.8	2.2	3.3	3.5	3.4	3.8	3.7	3.8	3.7	3.8	4	3.7	3	3.9	4.1	3.7	...	2.7
6	10	3	3	3	0.3	0.1	0	0.1	2.2	3.3	3.5	3.4	3.8	3.7	3.8	3.7	3.8	4	3.7	3	3.9	4.1	3.7	...	1.2
7	12	5.8	3.4	4.4	1.7	1.8	0.1	0	0.8	1.4	1.6	1.5	1.7	1.9	1.9	1.3	1.9	1.9	1.9	1.3	1.9	1.9	1.2	...	0.4
8	12	6.1	3.6	4.7	2	2.2	2.2	0.8	0	2	2.6	2.2	2.9	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.9	1.6	1.6	1.3	...	2.2
9	12	6.6	3.7	5.3	3.1	3.3	3.3	1.4	2	0	0.6	0.4	1	1.1	1.1	1	1.1	1.2	1.7	1.3	1.1	1.1	1	...	2.4
10	13	6.9	4	5.5	3.3	3.5	3.5	1.6	2.6	0.6	0	1.1	1	0.8	0.9	0.9	0.9	0.6	0.8	0.4	0.2	0.2	0.1	...	2.5
11	21	6.8	3.9	5.4	3.2	3.4	3.4	1.5	2.2	0.4	1.1	0	1.5	0.8	0.9	1	1	0.9	1	0.5	0.6	0.5	0.4	...	1.5
12	21	6.9	4.5	5.9	3.7	3.8	3.8	1.7	2.9	1	1	1.5	0	1	1	1.2	1.2	1.1	1.1	0.6	0.7	0.7	0.6	...	1.5
13	22	7.1	4.7	5.8	3.6	3.7	3.7	1.9	1.6	1.1	0.8	0.8	1	0	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	...	1.4
14	22	7.2	4.8	5.9	3.7	3.8	3.8	1.9	1.6	1.1	0.9	0.9	1	0.2	0	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	...	0.4
15	13	6.9	4.6	5.7	3.6	3.7	3.7	1.3	1.5	1	0.9	1	1.2	0.4	0.3	0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	...	1.1
16	22	7.1	4.8	5.9	3.7	3.8	3.8	1.9	1.6	1.1	0.9	1	1.2	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.3	0.5	0.3	0.6	0.2	...	1
17	22	7.2	4.9	6	3.8	4	4	1.9	1.6	1.2	0.6	0.9	1.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0	0.2	0.5	0.4	0.5	0.3	...	1.6
18	22	6.5	4.8	5.7	3.6	3.7	3.7	1.9	1.6	1.7	0.8	1	1.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0	0.2	0.8	0.9	0.9	...	1.5
19	13	6.6	4.6	5.2	2.9	3	3	1.3	1.9	1.3	0.4	0.5	0.6	0.2	0.1	0.1	0.5	0.5	0.2	0	0.4	0.7	0.9	...	1.1
20	16	6.7	4.9	5.8	3.8	3.9	3.9	1.9	1.6	1.1	0.2	0.6	0.7	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.8	0.4	0	0.4	0.6	...	1
21	22	7.1	4.8	6	4	4.1	4.1	1.9	1.6	1.1	0.2	0.5	0.7	0.2	0.2	0.2	0.6	0.5	0.9	0.7	0.4	0	1.6	...	0.5
22	13	6.4	4.7	5.6	3.6	3.7	3.7	1.2	1.3	1	0.1	0.4	0.6	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.9	0.9	0.6	1.6	0	...	1.4
.
.
200	12	6.9	3.4	2.9	2.9	2.7	1.2	0.4	2.2	2.4	2.5	1.5	1.5	1.4	0.4	1.1	1	1.6	1.5	1.1	1	0.5	1.4	...	p

Lampiran 3.

RUTE 1:

Depot → Jalan Badak No 31 Pandau Hulu → Gajah 14A Pandau Hulu → Jalan Banteng No 2B Pandau Hulu → Pasar Beruang Toko Dodo → Jalan Singa No 10B → Indrapura No 35 → Jalan Palembang No 15 → Jalan AIP II K S Tubun No 110/80 → Jalan Bromo no 84D → Jalan Bromo → Jalan HOS Cokrominoto N0 43A → Jalan Bakaran Batu I No 5 → Jalan Sabaruddin No 140B → Jalan Thamrin Gang Kenanga → Jalan HOS Cokrominoto N0 167 → Jalan Kapten Jumhana Gang BM Nurr → Jalan Bakaran Batu I No 16 → Jalan Duyung No.22 Dekat Sampali → Jalan selam I No.39 → Jalan Industri Gang Bahagia No.17 → Tegal Sari Mandala I → Jalan Tangguk Bongkar V → Jalan Seriti 5 No.223 P Mandala → Jalan Tangguk Bongkar V No.2 → Jalan Wahidin Ujung No.3D → Jalan Wahidin No.394 → Jalan Wahidin No.338 Seberang → Jalan Denai No.198A Metta Cell → Jalan Denai Gang Batuhula No.1 → Jalan Srikandi No.46 → Jalan Denai/Rawa Gang Saudara → Jalan Wahidin No.24C/132 → PT PLN 40 PERSERO 41 Wilayah → Jalan Setia Jadi Komplek Town Hijau → Jalan Gunung Martimbang No.34 → Jalan Bono No.87, Glugur Darat 1 → Gedung City Radio 95.9 FM → Jalan Mesjid Taufik Gang Mangga → Jalan Bilal, Komplek Bilal → Jalan Mayor Komplek Deli Indah → Jalan Jemadi 1 Blok A No.35 → Jalan Amal Komplek Amal Taman Anggrek → Jalan Amal No.43 Pulo Brayen → PT Wijaya Karya Divisi 1 → Jalan KL Yos Sudarso LK XV No.37 → Jalan Yos Sudarso LK III → Jalan Yos Sudarso Lingkungan → Jalan KL Yos Sudarso Km 7.8 → PT Musim Mas Tanjung Mulia → Jalan Kayu Putih → Jalan Mangaan I No.81 LK → Jalan Rumah Potong Hewan No.144 → Komplek TNI AL Ikan Barakuda → Jalan Aluminium Raya Komplek Cemara → Jalan Metal Gang Adil No.48 → PT Charoen Pokphand Indonesia → Jalan Pulo Irian No.198 → PT Sumatera Hakarindo → Jalan Pulau Nias Komplek Multiguna → Jalan Krakatau Komplek KMC BLC No.12 → Jalan Pendidikan LK 6 No 30 → Depot.

RUTE 2 :

Depot → Gedung Bank Panin KCP → Jalan Rahmadsyah Japaris No.1 → Jalan Sutomo No.48B → Jalan Sutomo → Jalan Flores No.22 → Jalan Asahan → Jalan H M Yamin SH → Jalan Asia No.163/71E → Jalan Asia No.99 Locket Darma → Jalan Asia 46/88 Toko Panca → Jalan Terendam No.1A Medan → Jalan Thamrin No.158A Apotek → Jalan Asia Raya Blok E → Jalan Pasar Ramai No.640 → Jalan Thamrin No.34 Medan → Jalan Kalimantan No.1H/I Panda → Jalan Kalimantan No.3A → Jalan Thamrin No.70C → Jalan Malaka No.89/35B → Jalan Malaka No.61 → Jalan Jambi No.5 → Vihara Vimala Diepa → Jalan Malaka No.41 → Jalan Thamrin No.75 → Jalan Bandung No 8/11 → Jalan Bandung No.25/74 → Toko Sepatu Citra Jaya → Jalan Bawean No.36C-74 → Jalan Bawean No.12A/14 → Jalan MT Haryono No.1A → Jalan MT Haryono Medan Mall → Jalan Semarang 119/2 → Jalan Semarang No.74 → Jalan Asia No.164H Simpang → Jalan Menggala No.50 Medan → Bank OCBC NISP Jalan Asia No.200 → Jalan Asia No.184F → Jalan Thamrin No.81 Level 3 → Jalan Bugis No.10 Medan → Jalan Gedeh No.9 → Jalan Merbabu No.21B-C → TK Kurnia Faisal Jalan Palangkaraya → Bank Banten Kantor Cabang Kota Medan → PT Multi Berlian Jaya → Jalan Bambu 2 No.67 → Jalan Merak Jingga No.118 Medan → Jalan Gaharu Gang Perdamaian No.35 → Jalan Gaharu S/P Bambu No.117 AB → Grafindo Jalan KL Yos Sudarso → PT Setiawan Sejati → Jalan Sikambing No.44A → Jalan Asam No.4 → Jalan Johar No.1C Kelurahan Sekip → Jalan Waringin No.6 → Jalan Danau Semayang No.96B → Jalan Karya No.97C Medan → Jalan Karya Gang Sukadamai → Jalan Karya Gang Restu No.51 → Jalan Karya No.6A → Jalan Sekata Gang Al-Falah → Komplek Pondok Surya Blok 3 → Jalan T Amir Hamzah No.45 → Jalan Karya Gang Kartini No.22 → Jalan Kapten Sumarsono Ujung No.910E → Saudara Baru Group Jalan Danau → Jalan Danau Marsabut No.10 → Jalan Baru No.21/Jalan Gaperta → PT Kereta Api Indonesia → Gedung Graha Merah Putih → Jalan Putri Hijau No.10 → Jalan Putri Hijau No.2A → PT Abdi Budi Mulia → Jalan Pandu No.1F → Toko Sumber Mas Jalan Pandu → AN8DY Jalan Wahidin → Jalan Umar Komplek Taman Umar → Depot.

RUTE 3:

Depot → Jalan Bogor No.2 → Jalan Bogor No 43 → Jalan Pemuda No.18-22 → Jalan Jendral Ahmad Yani No.92 AB → Jalan Jendral Ahmad Yani 1 Dalam No.66 → Jalan Brigjen Katamso CV Edi Polt → Jalan Bridjen Katamso Gang Panca → Jalan Brigjen Katamso Gang Tatngga → Restoran Sandoro Safina → Jalan Sisingamangaraja Gang Kasih → Jalan Sisingamangaraja Km 5.5 → Jalan Sutomo No 88 Medan → Jalan Nilam No.15C → Timah Putih No.2 Belakang → Toko Jam Tokyo Jalan Surabaya → Wisma Simas Lt 5 → Jalan PWS No.26 Sebelah gang kerang → Jalan Sewindu No.34 → Jalan M. Idris Gang Pawiro No.12c → Jalan Pasundan Gang Bahagia → Jalan Merbau Komplek Merbau Mas → Jalan Haji Adam Malik No.83A → Jalan Tinta No.48A Kelurahan Sei Putih → Jalan Gatot Subroto Gang Banten → Komplek Murai Raya Tomang Elok → Jalan Gatot Subroto Km 4.5 No.16 → Mulya Genteng Beton Jalan Gatot Subroto → PT. Distriversa Buana Mas → Jalan Gatot Subroto Km 6.5 → Jalan Rajawali Gang Taufik No.15 → Jalan Rajawali No.22 → Jalan Gatot Subroto Jalan Perwira → Jalan Dodik No.4A → Jalan Dodik No.2 Belakang Kodim → RUMDISPABANDYALAT Komplek → Rumah Dinas ASOPS Kasdam I/BB → Kantor BBPPTP Jalan Asrama → Jalan Asrama Komplek DE CASA Blok BB → Gaperta Garden Blok C No.8 → Jalan Gaperta Ujung → Komplek Taman Hako Indah → Jalan Puskesmas II Belakang Gereja → Jalan Amal No.61 → Dinas Bina Marga Jalan Pinang Baris → Jalan T.B Simatupang Komplek Imperium → Jalan Aluminium (Ampera) No.E1 → Jalan Ampera 2 No.22F → Jalan Setia Luhur Gang Nusa Indah → Jalan Bakti Luhur Komplek Milenium → Jalan Sawah Halus LK 3 No.13 → Jalan Kapten Muslim Komplek Ruko → Jalan Nusa Indah 9 No.172 Blok 13 → Jalan Kapten Muslim Tata Lestari → SES-Medan-Plaza Milenium → Jalan Kapten Sumarsono → Jalan Kapten Muslim No.111 Plaza → Komplek Griya Riatur Indah → Jalan Kapten Muslim Griya Riatur → Jalan Matahari Raya Komplek LE → Jalan Matahari Raya Komplek Matahari → Perum Kelapa Gading → Jalan Klambir V Gang Kalpataru → Asrama Widuri Blok Cemara → Depot.

Lampiran 4. Surat Permohonan Riset



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
Jalan Bioteknologi No. 1 Kampus USU Padang Bulan, Medan - 20155
Telepon : (061) 8211050, 8214290 Fax : (061) 8214290
laman : www.fmipa.usu.ac.id

Nomor : 3602 /UN5.2.1.8/SPB/2017

13 Nopember 2017

Hal : Mohon Izin Riset

Yth. Pimpinan PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir (JNE)
Cabang Utama Medan
di
Medan

Dengan hormat, dalam rangka penyusunan Tugas Akhir mahasiswa Departemen S1 Matematika FMIPA USU Medan, kami mengharapkan kesediaan Saudara memberikan kesempatan kepada mahasiswa yang tersebut di bawah ini:

Nama : Yesi Septiana Togatorop
NIM : 140803049
Program Studi : S1 Matematika FMIPA USU
Judul Riset : Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Menggunakan Algoritma Sweep Pada Optimasi Rute Pengiriman (Studi Kasus : PT.Tiki Jalur Nugraha Ekakurir (JNE) Cab.Utama Medan)

Demikianlah kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya, kami ucapkan terima kasih.



An. Dekan
Wakil Dekan I

Dr. Nursahara Pasaribu, M.Sc
NIP. 196301231990032001

Tembusan :
Ketua Departemen S1 Matematika FMIPA USU

Lampiran 5. Surat Izin Riset



Medan, 24 Nopember 2017

Nomor : 06/JNE-MDN/XI/2017
Hal : Konfirmasi Izin Riset

Kepada Yth :

**Bpk/Ibu Ka. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sumatera Utara
Medan**

Dengan Hormat,

Berdasarkan Surat Permohonan Nomor : 3602/UN5.2.1.8/SPB/2017 Tanggal, 13 Nopember 2017 Perihal Permohonan Izin Riset bagi Mahasiswa S1 Matematika FMIPA di Universitas Sumatera Utara Medan A/n :

No.	Nama	NPM	Program Studi
1	Yesi Septiana Togatorop	140803049	S1 Matematika FMIPA

Bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa atas nama tersebut diterima untuk melaksanakan riset di perusahaan **PT. JNE Medan**.

Demikian hal ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya, kami ucapkan terima kasih.

Hormat Kami,
PT. JNE Medan

Saibun Hamdi
Human Capital Unit Head

Kantor Cabang Utama Medan :
Jl. Brigjend Katamso # 523 E Simpang Pelangi - Medan. Phone : (061) 4152317 - 77139352 Fax. : (061) 4153048

Head Office: Jl. Tomang Raya No. 11 Jakarta Barat 11440, Indonesia, Ph. (62-21) 566 5262 Fax. (62-21) 567 1413
Customer Care: (62-21) 2927 8888, E-mail: customercare@jne.co.id, www.jne.co.id