

Penyelesaian *Multiple Trip Heterogeneous Fix Fleet Vehicle Routing Problem (MTHFFVRP)* Menggunakan Algoritma *Sweep* untuk Mendapatkan Optimasi Rute Distribusi LPG 3 kg di PT. Gending Gemilang

¹Arief Irfan Syah Tjaja, ²Saiful Farisin

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

E-mail: arief@itenas.ac.id¹, fnsaiful@gmail.com²

Received 24 March 2021 | Revised 18 May 2021 | Accepted

ABSTRAK

Distibusi merupakan suatu kegiatan menyalurkan produk dari satu tempat ke tempat lainnya. PT. Gending Gemilang merupakan suatu perusahaan yang bergerak dibidang distributor Liquefied Petroleum Gas (LPG) 3 kg, setiap harinya perusahaan diharuskan untuk memenuhi permintaan ke 29 pangkalan yang dimiliki perusahaan. Perusahaan memiliki 2 jenis armada yaitu truk sebanyak 4 unit dan L300 sebanyak 3 unit dengan kapasitas setiap jenis armada berbeda beda dan setiap pangkalan memiliki alamat yang berbeda sehingga permasalahan penentuan rute masuk kedalam Multiple Trips Heterogeneous Fix Fleet Routing Problem (MTHFFVRP). Salah satu penentuan rute yang mampu meminimumkan ongkos pengirimanan adalah dengan menggunakan algoritma sweep, algoritma ini bekerja dengan cara melakukan proses clustering berdasarkan urutan sudut polar setiap pangkalan, pada penelitian ini jenis algoritma sweep yang digunakan adalah backward sweep sehingga untuk pembuatan cluster dimulai dari pangkalan yang memiliki sudut polar terbesar menuju pangkalan yang memiliki sudut polar terkecil. Dari hasil penelitian menunjukkan pembuatan rute menggunakan algoritma sweep mampu melakukan penghematan secara signifikan terhadap rute perusahaan saat ini

Kata kunci: *Distribusi, Vehicle Routing Problem, Multiple Trips Heterogenous Fix Fleet Routing Problem (MTHFFVRP), Algoritma sweep*

ABSTRACT

Distribution is an activity to distribute products from one place to another. PT. Gending Gemilang is a company engaged in the distribution of 3 kg of liquefied petroleum gas or it can be called (LPG) 3 kg, every day the company is required to fulfill requests from 29 bases owned by the company. The company has 2 types of fleets, namely 4 unit trucks and 3 unit L300 with different capacities for each type of fleet and each base has a different address so that the problem of determining routes enters the Multiple Trips Heterogeneous Fix Fleet Routing Problem (MTHFFVRP). Determination to minimize the shipping cost of the route used is the sweep algorithm, this algorithm works to carry out the clustering process based on the order of the polar angles of each base, in this study the type of sweep algorithm used is backward sweep so that clustering starts from the base with the largest polar angle towards the base that has the smallest polar angle. The research results show that route creation using the sweep algorithm is able to make significant savings on current company routes

Keywords: *Distribution; Vehicle Routing Problem; Multiple Trips Heterogenous Fix Fleet Routing Problem (MTHFFVRP); Sweep Algorithm*

1. PENDAHULUAN

PT. Gending Gemilang merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pendistribusian *Liquefied Petroleum Gas (LPG)* 3 kg . setiap harinya perusahaan mengantarkan gas LPG ke pangkalan-pangkalan yang menjadi mitra perusahaan dengan jumlah barang yang diantarkan berbeda-beda untuk setiap pangkalannya. Setiap armada biasanya mendistribusikan barang ke beberapa pangkalan dalam satu kali keberangkatan. Saat ini perusahaan memiliki 29 pangkalan, serta 7 armada transportasi yang terdiri dari 4 truck dan 3 mobil jenis I300.

Pemilihan rute yang dilakukan oleh perusahaan dilakukan secara perkiraan saja, sehingga perusahaan tidak mengetahui apakah rute pengiriman yang ditetapkan saat ini sudah optimal atau tidak. Permasalahan mencari rute terbaik untuk meminimasi jarak dan total biaya pengiriman dari perusahaan ke pangkalan-pangkalan yang tersebar dengan demand yang berbeda dan serta harus ‘tersapu’ habis biasa disebut dengan *Vehicle Routing Problem (VRP)*. VRP adalah masalah penentuan rute kendaraan dalam mendistribusikan barang dari tempat produksi (depot) ke konsumen dengan tujuan meminimumkan total jarak tempuh kendaraan. Secara sederhana, VRP merupakan permasalahan penentuan rute-rute dari sejumlah kendaraan yang dimulai dari tempat produksi atau depot utama ke setiap konsumennya dengan lokasi yang berbeda dan jumlah permintaan tertentu. VRP dapat didefinisikan sebagai suatu pencarian solusi yang meliputi penentuan sejumlah rute, dimana masing-masing rute dilalui oleh satu kendaraan yang berawal dan berakhir di depot asalnya, sehingga kebutuhan/permintaan semua pelanggan terpenuhi dengan tetap memenuhi kendala operasional yang ada, juga dengan meminimalisasi biaya transportasi global [1]. Dalam hal ini PT. Gending Gemilang mempunyai keterbatasan yaitu armada yang dimiliki oleh perusahaan mempunyai kapasitas angkut yang berbeda (Truck dengan I300) dengan jumlah armada yang dimiliki bersifat tetap sebesar 4 armada truck dan 3 armada L300 dan armada L300 diperbolehkan untuk melakukan lebih dari satu kali pemberangkatan dalam satu harinya dengan rute yang berbeda sehingga permasalahan pencarian rute terbaik (VRP) masuk kedalam kategori *Multiple Trips Heterogeneous Fixed Fleet Routing Problem (MTHFFVRP)*, MTHFFVRP merupakan kelas VRP dimana kapasitas armada bersifat heterogen dan jumlah armada yang digunakan bersifat tetap (adanya keterbatasan jumlah kendaraan yang tersedia) sehingga karena adanya keterbatasan jumlah kendaraan yang tersedia maka masing-masing kendaraan dapat melakukan pengiriman lebih dari satu kali dalam periode perencanaan tertentu (*Multiple Trip*) [1]

Berdasarkan permasalahan diatas tentunya perusahaan memerlukan algoritma yang tepat untuk menentukan rute distribusi yang baik untuk perusahaan. Algoritma yang dapat digunakan untuk menyelesaikan MTHFFVRP ialah algoritma *sweep*. Algoritma *sweep* ialah algoritma yang sederhana dalam perhitungannya, bahkan untuk permasalahan yang bersifat kompleks. Algoritma *sweep* digunakan karena algoritma *sweep* lebih menghasilkan solusi yang sesuai dengan keadaan di lapangan seperti adanya kapasitas angkut yang berbeda antar armada. Algoritma *sweep* sendiri terbagi menjadi dua jenis yaitu *forward sweep* dan *backward sweep*. *Forward sweep* ialah algoritma *sweep* dengan proses *clustering* maju atau dengan kata lain dimulai dari sudut polar terkecil ke sudut polar terbesar, sedangkan *backward sweep* merupakan algoritma *sweep* dengan proses *clustering* mundur atau dengan kata lain dimulai dari sudut polar terbesar menuju sudut polar terkecil

2. METODOLOGI

2.1 Identifikasi Masalah

PT. Gending Gemilang merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pendistribusian gas LPG 3kg. setiap harinya perusahaan mengantarkan gas lpg ke pangkalan-pangkalan gas lpg yang menjadi mitra perusahaan dengan jumlah barang yang diantarkan berbeda-beda untuk setiap pangkalannya. Setiap armada biasanya mendistribusikan barang ke beberapa pangkalan dalam satu kali keberangkatan. Saat ini perusahaan memiliki 29 pangkalan, serta 7 armada transportasi yang terdiri dari 4 truck dan 3 mobil jenis I300.

Pemilihan rute yang dilakukan oleh perusahaan dilakukan secara perkiraan saja, sehingga perusahaan tidak mengetahui apakah rute pengiriman yang ditetapkan saat ini sudah optimal atau tidak. Permasalahan mencari rute terbaik untuk meminimasi jarak dari perusahaan ke pangkalan-pangkalan yang tersebar dengan demand yang berbeda dan serta harus ‘tersapu’ habis biasa disebut dengan VRP . Dalam hal ini PT. Gending Gemilang mempunyai keterbatasan yaitu armada yang dimiliki oleh perusahaan mempunyai kapasitas angkut yang berbeda (Truck dengan L300) dan untuk armada jenis L300 diizinkan untuk melakukan pemberangkatan lebih dari satu kali dalam setiap hari sehingga permasalahan pencarian rute terbaik (VRP) masuk kedalam kategori MTHFFVRP atau VRP dengan batasan jumlah armada heterogen tetap atau terbatas dengan jumlah pemberangkatan suatu armada lebih dari satu kali pemberangkatan [2].

2.2 Identifikasi Penyelesaian Masalah

PT. Gending Gemilang merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pendistribusian gas lpg 3kg. pemilihan rute distribusi yang dilakukan oleh perusahaan dilakukan secara perkiraan saja sehingga tentunya belum optimal. Perusahaan dalam hal ini mempunyai keterbatasan terkait kapasitas angkut armada yang berbeda dengan jumlah armada tersedia sebanyak 7 armada , sehingga permasalahan pencarian rute terbaik (VRP) yang terjadi pada perusahaan masuk kedalam kategori MTHFFVRP. Berdasarkan permasalahan diatas tentunya perusahaan memerlukan algoritma yang tepat untuk menentukan rute distribusi yang baik untuk perusahaan. Algoritma yang dapat digunakan untuk menyelesaikan MTHFFVRP ialah algoritma *sweep*. Algoritma *sweep* adalah algoritma yang sederhana dalam perhitungannya, bahkan untuk permasalahan yang bersifat kompleks. Algoritma *sweep* digunakan karena algoritma *sweep* lebih menghasilkan solusi yang sesuai dengan keadaan di lapangan seperti adanya kapasitas angkut yang berbeda antar armada. Langkah dalam menggunakan *algoritma sweep* terbagi menjadi 2 langkah yaitu pembuatan *clustering* pangkalan serta dilanjutkan dengan pembuatan rute untuk setiap *clustering* yang sudah dibuat menggunakan Algoritma *Sweep* [3].

2.3 Studi Literatur

Studi Literatur yang berhubungan dengan penelitian ini berisikan mengenai teori-teori atau pendekatan yang menunjang penelitian mulai dari teori mengenai *Supply Chain* yaitu jaringan perusahaan-perusahaan yang secara bersama-sama bekerja untuk menciptakan dan mengantarkan suatu produk ke tangan pemakai akhir. [4], *Supply Chain Management*, Distribusi yang merupakan sekumpulan perantara yang terhubung erat antara satu dengan yang lainnya dalam kegiatan penyaluran produk-produk kepada konsumen.[5]. Saluran Distribusi Transportasi, Sarana Transportasi, Manajemen Distribusi dan Transportasi, *Vehicle Routing Problem (VRP)*, *Multiple Trips Heterogenous Fleet Vehicle Routing Problem (MTHFFVRP)*, Algoritma Penyelesaian VRP, Algoritma *Sweep*, dan Algoritma *Nearest Neighbour*

2.4 Pengumpulan Data

Data data yang dikumpulkan antara lain data jumlah armada beserta kapasitas untuk setiap armadanya, data pangkalan beserta lokasi pangkalan, data permintaan untuk setiap pangkalannya, biaya pengiriman, dan data untuk rute sebelumnya untuk setiap armada.

2.5 Pengolahan Data Algoritma Penyelesaian *Vehicle Routing Problem (VRP)*

VRP dapat diselesaikan dengan menggunakan 2 jenis pendekatan, yaitu eksak dan heuristic dimana pendekatan heuristic terbagi menjadi 2 kelas yaitu heuristic klasik dan heuristic modern[1].

1. Pendekatan Eksak

Pada pendekatan eksak, dilakukan pendekatan dengan menghitung setiap solusi yang mungkin sampai satu terbaik dapat diperoleh. Secara umum penggunaan *algoritma* eksak untuk penyelesaian VRP akan menghabiskan waktu yang lama, dikarenakan kompleksitas penyelesaian permasalahan akan meningkat secara linier dengan semakin banyaknya permasalahan. Adapun beberapa algoritma yang dapat digunakan seperti *Branch and Bound*, *Branch and Cut*, dan *Set Covering Based*.

2. Pendekatan Heuristik Klasik

Secara Umum, Terdapat tiga *algoritma* heuristic klasik VRP, yaitu :

- a. Heuristik Konstruktif, yaitu penyusunan solusi yang memungkinkan dengan memperhatikan biaya solusi tersebut, tanpa dilakukan fase perbaikan.
- b. Heuristik dua fase, penyelesaian masalah dibagi menjadi dua bagian, yaitu pengelompokan (*clustering*) rute dan pembuatan rute-rute tersebut.
- c. *Algoritma* perbaikan, *algoritma* yang bertujuan untuk memperbaiki solusi yang mungkin dengan melakukan *location switch* dalam satu rute maupun antar rute.

2.6. Algoritma Sweep

Algoritma sweep adalah *algoritma* yang sederhana dalam perhitungannya, bahkan untuk memecahkan masalah yang cukup besar. Keakuratan algoritma ini rata-rata kesalahan perhitungannya adalah sebesar 10 %. Keakuratan algoritma ini adalah pada cara pembuatan jalur rutanya. *Algoritma sweep* terdiri dari dua tahap, pertama yaitu tahap pengelompokan (*clustering*) yang mana pengelompokan awal dilakukan dengan menggabungkan pangkalan-pangkalan dalam satu *cluster* berdasarkan kapasitas maksimal kendaraan. Permintaan total dalam satu *cluster* mungkin akan melebihi kapasitas kendaraan, karenanya beberapa pangkalan dimasukkan ke *cluster* berikutnya. Tahap kedua yaitu dengan menentukan urutan rute dari setiap *cluster* menggunakan *Algoritma Nearest Neighbour* [6].

Dari langkah-langkah yang dijelaskan dibawah ini, maka dapat diagram alir sebagai berikut dapat dilihat pada Gambar 1. *Algoritma sweep* sendiri terbagi menjadi dua jenis yaitu *forward sweep* dan *backward sweep*, *forward sweep* merupakan pengelompokan pelanggan dengan arah perputaran radial line dimulai dari sudut 0° menuju sudut 360° . Arah perputaran ini biasa disebut dengan *counter clockwise* atau berlawanan arah jarum jam. *Backward sweep* memiliki arah perputaran sebaliknya. Arah perputaran radial line pada metode ke dua dalam algoritma *sweep* ini bergerak dari sudut 360° menuju sudut 0° atau searah jarum jam. Berikut merupakan ilustrasi pengelompokan menggunakan algoritma *sweep* jenis *forward sweep* dapat dilihat pada Gambar 2 [7].

Pada Gambar 2 dapat dilihat pembuatan *cluster* menggunakan *forward sweep* dimulai dari sudut 0° menuju sudut 360° . dengan arah perputaran berlawanan arah jarum jam, untuk pembuatan *cluster* menggunakan *backward sweep* mempunyai langkah yang sama dengan *forward sweep* hanya saja pada *backward sweep* proses pengelompokan dilakukan mulai dari 360° menuju sudut 0° dengan arah perputaran searah jarum jam.

Algoritma sweep dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut [6]:

1. Buat diagram kartesius

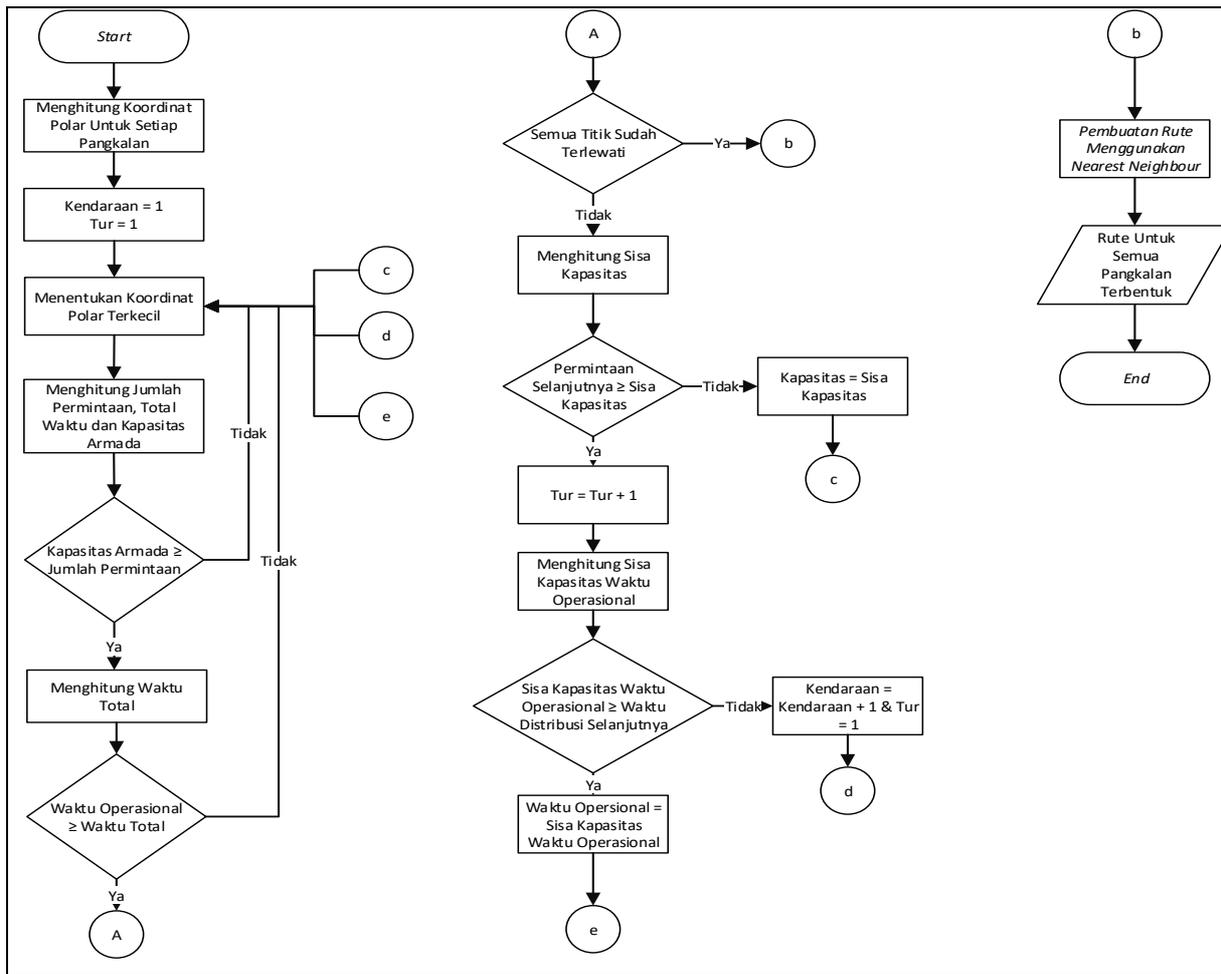
Pembuatan diagram kartesius dilakukan untuk semua pangkalan, dengan depot atau perusahaan sebagai pangkalan (0,0) pada diagram kartesius, hal ini dikarenakan depot (perusahaan) sebagai pusat distribusi produk. Pembuatan diagram kartesius dapat dilakukan dengan bantuan aplikasi *Geo Gebra*.

2. Menentukan Jenis Algoritma sweep

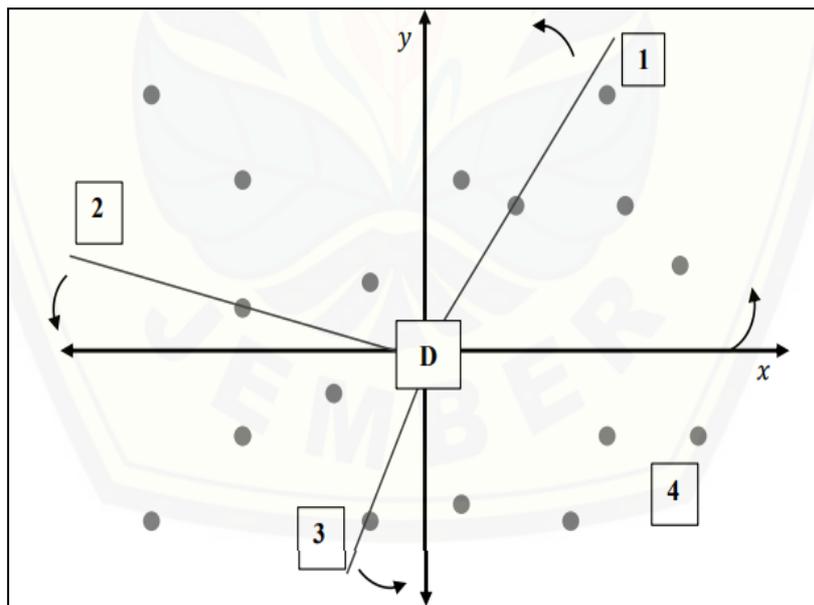
Algoritma sweep mempunyai dua jenis yaitu *backward sweep* dan *forward sweep*, *forward sweep* merupakan pengelompokan pelanggan dengan arah perputaran radial line dimulai dari sudut 0° menuju sudut 360° . Arah perputaran ini biasa disebut dengan *counter clockwise* atau berlawanan arah jarum jam. *Backward sweep* memiliki arah perputaran sebaliknya. Arah perputaran radial line pada metode ke dua dalam algoritma *sweep* ini bergerak dari sudut 360° menuju sudut 0° atau searah jarum jam.

3. Buat koordinat polar

Pembuatan diagram polar dilakukan untuk semua pangkalan, Pembuatan diagram polar dilakukan untuk semua pangkalan, dengan depot atau perusahaan sebagai pangkalan 0° pada diagram polar, hal ini dikarenakan depot (perusahaan) sebagai pusat distribusi produk. Pembuatan diagram polar dapat, dilakukan dengan bantuan aplikasi *Geo Gebra*



Gambar 1. Diagram alir algoritma sweep



Gambar 2. Pengelompokan algoritma sweep jenis forward sweep

4. Mengurutkan koordinat polar

Pengurutan diagram polar dilakukan mulai dari pangkalan (pangkalan) yang memiliki sudut polar terkecil sampai pangkalan yang memiliki sudut polar terbesar untuk *forward sweep* dan pengurutan diagram polar dari pangkalan yang memiliki sudut polar terbesar sampai pangkalan yang memiliki sudut polar terkecil untuk *backward sweep*.

5. Menentukan Prioritas Armada yang Digunakan

Pada *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem* (MTHFFVRP) setiap jenis armada memiliki kapasitas angkut yang berbeda-beda dan cost untuk setiap jenis armada sehingga perlu dilakukan penentuan armada yang diprioritaskan untuk melakukan proses distribusi, penentuan armada prioritas didapat melalui perhitungan cost yang ditimbulkan untuk setiap jenis armadanya dimana untuk cost armada sendiri terbagi menjadi dua antara lain [8] :

a. *Fixed Cost*

Fixed Cost merupakan ongkos tetap untuk setiap jenis armadanya, dalam pengertian lain *fixed cost* tidak tergantung seberapa besar jarak yang ditimbulkan oleh armada. *Fixed cost* sendiri biasanya berbentuk : harga sewa kendaraan, harga pembelian mobil, nilai depresiasi mobil, dsb.

b. *Variable Cost*

Fixed Cost merupakan ongkos yang besarnya ditentukan oleh jarak yang ditempuh untuk setiap armadanya, *Variable cost* sendiri biasanya berbentuk : biaya bensin. Dalam penentuan prioritas armada yang digunakan pada penelitian kali ini hanya memperhatikan biaya operasional saja seperti ongkos setiap pemberangkatan dan biaya bahan bakar

6. Menghitung Matriks Jarak & Matriks Waktu Tempuh

Matriks jarak merupakan suatu tabel yang berisikan jarak untuk setiap pangkalannya begitupun dengan matriks waktu tempuh yang berisikan waktu untuk berpindah dari satu pangkalan ke pangkalan lainnya. Perhitungan matriks jarak & matriks waktu pada penelitian kali ini didapat melalui bantuan aplikasi *Google Maps*

7. Bentuk pengelompokan (*clustering*)

Pembuatan pengelompokan rute (*clustering*) dilakukan sesuai dengan pendekatan algoritma *sweep* jenis *backward sweep* dan *forward sweep*, berikut merupakan langkah langkah pembuatan *cluster* :

a. Bentuk rute menggunakan armada yang terpilih.

b. Hitung jumlah permintaan dari pangkalan yang terpilih. Jika permintaan > kapasitas kendaraan maka kembali ke poin a dengan mencari pangkalan rute yang permintaannya tidak melebihi kapasitas kendaraan. Jika permintaan < kapasitas kendaraan maka lanjut ke poin c.

c. Menghitung waktu tempuh dengan rumus.

Perhitungan waktu tempuh dapat menggunakan bantuan aplikasi *Google Maps*

d. Menghitung waktu penyelesaian total dengan rumus.

$$\text{Waktu Total} = \text{Waktu loading} + \text{Waktu unloading} + \text{waktu tempuh} + \text{waktu administrasi (jika ada)} \quad (1)$$

e. Membandingkan total waktu penyelesaian dengan jam kerja yang tersedia jika melebihi kembali ke poin a, jika tidak lanjut ke poin selanjutnya.

f. Lakukan semua proses secara berulang hingga seluruh pangkalan teralokasikan.

8. Pastikan semua pangkalan (pangkalan) sudah masuk kedalam rute

Proses ini dilakukan untuk memvalidasi apakah semua pangkalan sudah mempunyai rutenya (*cluster*) masing masing, apabila ada pangkalan yang belum mempunyai *cluster* maka kembali ke langkah 4, apabila sudah maka lanjut ke langkah selanjutnya.

9. Penentuan rute untuk masing masing

Setelah semua pangkalan sudah masuk kedalam setiap *clustering* maka tahap selanjutnya adalah membuat rute optimal untuk masing-masing *clustering* menggunakan algoritma *nearest neighbour*. Langkah pengerjaan pembuatan rute menggunakan algoritma *nearest neighbour* adalah sebagai berikut :

- a. Berawal dari depot, kemudian cari lokasi pangkalan dalam suatu *clustering* yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terpendek dari depot. Sebagai lokasi pertama
- b. Lanjutkan ke agen lain yang memiliki jarak terdekat dari lokasi yang terpilih sebelumnya dan jumlah pengiriman tidak melebihi kapasitas kendaraan (dalam satu *clustering* yang sama dengan point (a), lanjutkan ke agen lain yang memiliki jarak paling pendek dari pangkalan terakhir rute berada, lakukan sampai semua agen dikunjungi dalam suatu rute
- c. Lakukan langkah (1) dan langkah (2) sampai semua *clustering* terbentuk rute.
- d. Bila semua *clustering* telah dibuat rute, maka algoritma *nearest neighbour* berakhir.

10. Perhitungan total jarak untuk semua *cluster*

Perhitungan total jarak untuk semua *cluster* dilakukan untuk mengetahui total jarak yang didapat menggunakan rute baru (melalui algoritma *sweep*)

2.5.1 Perhitungan Total Biaya Pengiriman (Algoritma *Sweep*)

Perhitungan total biaya merupakan ongkos yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan pengiriman ke 29 pangkalan, perhitungan ini dilakukan untuk melihat total ongkos yang dihasilkan oleh pembuatan rute menggunakan algoritma *sweep* baik jenis *backward sweep* maupun *forward sweep*. Perhitungan total biaya pengiriman dapat dilihat pada rumus dibawah ini :

- (1) Total Biaya = Biaya pengiriman *cluster*1 + biaya pengiriman *cluster*2 + ... +
... biaya pengiriman *cluster* n (2)
- (2) Biaya pengiriman *cluster* = biaya bahan bakar + biaya pemberangkatan (3)
- (3) Biaya bahan baku = harga 1 liter bahan bakar x rasio penggunaan bahan bakar (4)

2.6 Pengolahan Data Rute Perusahaan

Pengolahan data rute perusahaan saat ini berisikan mengenai perhitungan jarak yang diperoleh untuk setiap rute dan kendaraannya dilanjutkan perhitungan total jarak untuk setiap rute dan armadanya.

1. Perhitungan total jarak untuk setiap rute
2. Perhitungan total jarak untuk setiap rute (*cluster*) dilakukan dengan melalui bantuan aplikasi Google Maps
3. Perhitungan total jarak untuk semua rute
Perhitungan total jarak untuk semua rute dilakukan dengan cara menjumlahkan total jarak untuk setiap rute yang sudah dihitung pada pengolahan data sebelumnya

2.6.1 Perhitungan Total Biaya Pengiriman (Rute Perusahaan Saat Ini)

Perhitungan total biaya merupakan ongkos yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan pengiriman ke 29 pangkalan, perhitungan ini dilakukan untuk melihat total ongkos yang dihasilkan oleh rute perusahaan saat ini. Perhitungan total biaya pengiriman dapat dilihat pada rumus dibawah ini :

- (1) Total Biaya = biaya pengiriman rute1 + biaya pengiriman rute2 + ... + ... +
biaya pengiriman *cluster* n (5)
- (2) Biaya pengiriman *cluster* = biaya bahan bakar + biaya pemberangkatan (6)
- (3) Biaya bahan baku = harga 1 liter bahan bakar x rasio penggunaan bahan bakar (7)

2.7 Analisis

Analisis berisikan mengenai hasil pengolahan data menggunakan algoritma *sweep-nearest neighbour*, berisi mengenai total jarak untuk setiap kelompok rute dan total jarak untuk semua rute, waktu tempuh, beserta total biaya pengiriman yang diperlukan untuk memenuhi permintaan setiap agennya untuk selanjutnya dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan rute perusahaan saat ini.

2.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berisikan mengenai perbandingan rute menggunakan algoritma *sweep* dengan rute perusahaan saat ini, baik dari segi total jarak, total waktu tempuh, total armada yang diperlukan, serta total biaya pengiriman yang dihasilkan untuk masing-masing rutenya dan disimpulkan melalui

perbandingan total biaya pengiriman yang dihasilkan untuk kedua rute, saran berisikan mengenai rute yang disarankan untuk perusahaan agar mampu melakukan penghematan pada saat pendistribusian produk serta saran untuk penelitian selanjutnya.

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

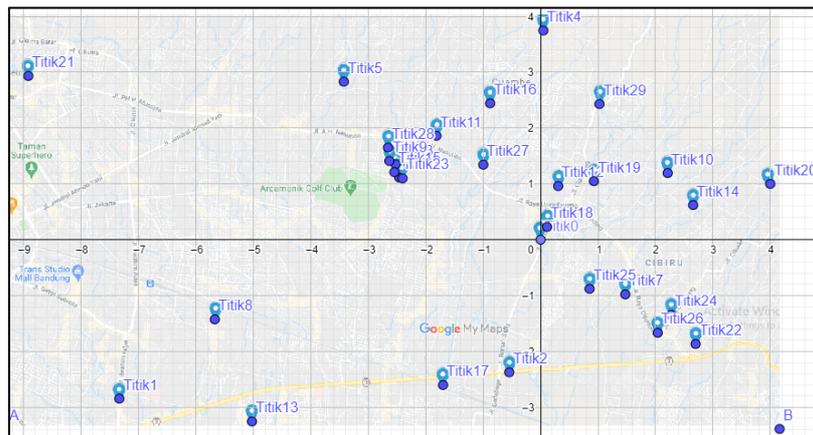
3.1 Data Setiap Pangkalan

Data lokasi dan permintaan setiap pangkalan dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Data pangkalan PT. Gending Gemilang

No.	Nama	Alamat	Alokasi / Hari	No.	Nama	Alamat	Alokasi / Hari
1	31.40201	Jl. Ibrahim Aji No.390	42	16	Fredy	Jl. Cigiringsing Rt. 05 Rw. 03	147
2	31.40601	Jl. Sukarno Hatta No.728	42	17	Harun Ridwan	Jl. Bebedahan - 02/03	112
3	Aat Zaelani	Jalan Pesantren Dalam No. 7 RT.1	185	18	Henda	Jl. Rumah Sakit No. 52	42
4	Ai Juliah	Jl. SEKE Honje Rt 1 rw.06	108	19	H. Lilis	KP. Karanganyar 1 RT 002/04	85
5	Asep Sofyan	KP.TAGOG RT.002 RW.008	154	20	Etang	Jl. Cigagak - 05/15	116
6	Ate	Jl. Trs Pesantren no.73	162	21	Jimmy	Jl. Rereng Wulung No. 2	187
7	Ayi Rohmat	Jl. Pangaritan Utama -05/07	97	22	Kusaeni	Cipadung RT 001/01	84
8	Cristian	Jl. Kiara Asri Raya no.19 -01/12	180	23	Lilih	Jl. Terusan Pesantren No. 23A Rt 3/11	134
9	Dani	Jl. Pesantren No. 33 RT. 03 / 04	162	24	Nanang Warman	Jl. DS. Cipadung 78 Rt 002/04	106
10	Dedi Junaedi	Jl. Andir Wetan RT 002/01	106	25	Ragil	MekarMulya No.28 Rt 002/06	85
11	Dedi Sariffudin	Sukaasih GG. Tagog I RT 005/09	103	26	Sandy	Lio Selatan Rt. 004/01	135
12	Eden Kostiawan	Jl. Haruman 2 no 7 - 01/06	106	27	Tunyah	Jl. Cijambe No.11 Rt 1/07	97
13	Ela	Jl. Margahayuraya Barat 3-H No.3- 07/10	167	28	Vianti	Jl. Pesantren no.75	193
14	Farlin	Jl. Cilengkrang 1 RT 01/06	108	29	Willy	Jl. Pasir Kaler - 01/01	85
15	Fitri	Jl. Terusan Pesantren No. 18 Rt.3/11	185			Total	3515

Gambaran visual untuk setiap pangkalan dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Gambaran visual setiap pangkalan

3.2 Biaya Pengiriman

Biaya pengiriman merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan saat melakukan pendistribusian. Perusahaan menetapkan biaya pengiriman menjadi dua jenis yaitu biaya tetap dan biaya tidak tetap, biaya tetap merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan yang bersifat tetap setiap bulannya seperti biaya upah sopir sebesar Rp.500.000,00 setiap bulannya, sedangkan untuk biaya tidak tetap merupakan biaya yang harus dikeluarkan perusahaan yang bersifat tergantung jumlah pendistribusian seperti biaya upah sopir per sekali pemberangkatan sebesar Rp.70.000,00 per sekali pendistribusian. Dalam melakukan proses pengiriman, perusahaan menggunakan 4 armada jenis *Truck* dan 3 armada jenis L300.

3.3 Koordinat Kartesius

Berikut merupakan data koordinat kartesius untuk setiap pangkalannya yang didapat melalui bantuan aplikasi *GeoGebra* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data koordinat kartesius (°) untuk setiap pangkalan

Data Koordinat Kartesius		Data Koordinat Kartesius	
Pangkalan	Koordinat Kartesius	Pangkalan	Koordinat Kartesius
1	(-7.34 , -2.84)	16	(-0.88 , 2.44)
2	(-0.55 , -2.37)	17	(-1.7 , -2.6)
3	(-2.52 , 1.35)	18	(0.11 , 0.23)
4	(0.05 , 3.75)	19	(0.93 , 1.05)
5	(-3.43 , 2.83)	20	(4 , 1)
6	(-2.46 , 1.11)	21	(-8.92 - 2.93)
7	(1.48 , -0.98)	22	(2.7 , -1.87)
8	(-5.67 , -1.43)	23	(-2.4 , 1.1)
9	(-2.63 , 1.41)	24	(2.28 , -1.34)
10	(2.21 , 1.19)	25	(0.85 , -0.88)
11	(-1.81 , 1.86)	26	(2.04 , -1.67)
12	(0.31 , 0.96)	27	(-1 , 1.34)
13	(-5.03 , -3.25)	28	(-2.66 , 1.65)
14	(2.66 - 0.62)	29	(1.02 , 2.43)
15	(-2.55 , 1.21)		

3.4 Pembuatan Koordinat Polar dan Pengurutan Koordinat Polar

Pembuatan koordinat polar didapat melalui hasil konversi dari koordinat kartesius menjadi koordinat polar. Koordinat polar didapatkan melalui bantuan aplikasi *Geo Gebra* dan setelah diurutkan dapat dilihat pada Tabel 3.

3.5 Menentukan Prioritas Armada yang Digunakan

Pada *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem* (MTHFFVRP) mempunyai kapasitas armada yang berbeda-beda untuk setiap jenisnya sehingga perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan *cost* untuk setiap armadanya, perhitungan *cost* dilakukan untuk dapat menentukan prioritas armada yang harus didahulukan. Berikut merupakan perhitungan *cost* untuk setiap armadanya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Koordinat polar yang telah diurutkan

Data Koordinat Polar (°)			Data Koordinat Polar (°)		
No	Pangkalan	Koordinat Polar (°)	No	Pangkalan	Koordinat Polar (°)
1	14	13.15	16	15	154.57
2	20	14.04	17	23	155.42
3	10	28.35	18	6	155.65
4	19	48.44	19	21	161.8
5	18	63.78	20	8	194.1
6	29	67.13	21	1	201.19
7	12	72.32	22	13	212.91
8	4	89.27	23	17	236.84
9	16	109.78	24	2	257.06
10	27	126.62	25	25	314.14
11	11	134.24	26	26	320.76
12	5	140.45	27	22	325.35
13	28	148.15	28	7	326.45
14	9	151.83	29	24	329.44
15	3	151.85			

Dalam penelitian kali ini untuk penentuan armada yang diprioritaskan untuk digunakan terlebih dahulu hanya memperhatikan ongkos operasional atau variabel *cost* saja tidak memperhatikan *fixed cost*. Dari perhitungan *cost* untuk setiap jenis armadanya didapatkan armada jenis *Truck* mempunyai nilai yang lebih kecil dari armada jenis L300 sehingga dapat disimpulkan untuk pemilihan armada nantinya diprioritaskan menggunakan armada jenis *truck* terlebih dahulu, sehingga diharapkan nantinya apabila armada jenis *Truck* tidak dapat memenuhi semua pangkalan, maka akan menggunakan armada jenis L300 untuk menjangkau pangkalan-pangkalan yang belum terpenuhi sehingga akan menekan total ongkos produksi.

Tabel 4. Perhitungan *cost* untuk setiap jenis armada

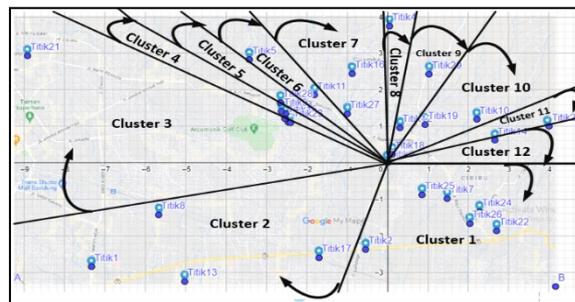
Armada	Fix Cost	Variabel Cost		Kapasitas Armada	Cost / Produk / Pemberangkatan
		Ongkos BBM	Ongkos Pemberangkatan		
<i>Truck</i>	0	5.150/6.8km	75.000/Pemberangkatan	560	75.000+(1.352/Km)
L300	0	5.150/8km	75.000/Pemberangkatan	280	75.000+(2.299/Km)

3.6 Matriks Jarak dan Matriks Waktu

Jarak tempuh merupakan data jarak dari satu pangkalan ke pangkalan lainnya, baik dari depot ke agen, maupun jarak dari agen ke agen lainnya, sedangkan Waktu tempuh merupakan waktu yang dibutuhkan untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Dalam pengolahan data jarak dan waktu yang dilakukan pada penelitian kali ini, jarak tempuh dan waktu tempuh untuk setiap pangkalannya didapat melalui aplikasi *google maps*.

3.7 Proses Clustering menggunakan Algoritma Sweep

Pembentukan *clustering* dimulai armada *truck* yang mempunyai *cost* yang lebih kecil dengan metode *backward sweep*, sehingga untuk proses penyapuan pangkalan dilakukan dari pangkalan yang memiliki sudut polar terbesar (mendekati 360°) menuju pangkalan yang memiliki sudut polar terkecil (mendekati 0°) dengan memperhatikan kapasitas angkut dan kapasitas waktu. Perusahaan memiliki ketentuan untuk armada jenis *Truck* maksimal melakukan proses distribusi sebanyak 1 kali pemberangkatan sehingga apabila saat ini armada *truck* yang tersedia berjumlah 4 buah armada maka pembentukan *clustering* untuk armada *truck* hanya bisa dilakukan sebanyak 4 *cluster* untuk nantinya dilanjutkan menggunakan armada L300. Berikut merupakan rekapitulasi *clustering* untuk setiap pangkalannya dapat dilihat pada Tabel 5. Berikut merupakan gambaran proses *clustering* dengan jenis *backward sweep* dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Proses Sweep Cluster Keduabelas

3.8 Menentukan Urutan Rute untuk Setiap Cluster

Dari setiap *cluster* yang sudah terbentuk, maka langkah selanjutnya ialah menentukan urutan rute yang bertujuan untuk mendapatkan nilai minimal untuk jarak tempuh masing masing *clusternya*, penentuan rute dilakukan dengan menggunakan *nearest neighbour*, berikut merupakan rekapitulasi rute menggunakan *nearest neighbour* untuk setiap *cluster* armada dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 5. Rekapitulasi *clustering* untuk setiap armada

Rekapitulasi Cluster Menggunakan Algoritma Sweep								
Cluster	Jenis Armada	No. Armada	Tur	Rute	Jumlah Angkut	Total Jarak (KM)	Total Waktu Rute (Jam)	Total Waktu Armada (Jam)
1	Truck	1	1	0-24-7-22-26-25-2-0	549	14.65	3.928	3.928
2		2	2	0-17-13-1-8-0	501	35.2	3.628	3.628
3		3	3	0-21-6-23-0	483	21.615	3.028	3.028
4		4	4	0-15-3-9-0	532	7.99	2.397	2.397
5	L300	1	1	0-28-0	193	7	1.002	5.743
6			2	0-5-11-0	257	9.7	2.024	
7			3	0-27-16-0	244	10.9	1.628	
8			4	0-4-0	108	8.8	1.089	
9		2	1	0-12-29-18-0	233	7.9	1.958	5.433
10			2	0-19-10-0	191	8	1.551	
11			3	0-20-0	116	11	1.069	
12			4	0-14-0	108	6	0.855	

Dari Tabel 6 dapat dilihat pembuatan rute untuk setiap rute, beserta total jarak dan waktu tempuh yang didapat untuk setiap rutenya, dari hasil perhitungan didapat total jarak yang diperoleh ialah sebesar 131,035 Km untuk melakukan pendistribusian Gas LPG 3Kg ke 29 pangkalan yang dimiliki, sedangkan untuk total waktu diperoleh waktu 24,009 Jam.

3.10 Perhitungan Total Biaya Pengiriman (Algoritma *Backward Sweep*)

Perhitungan total biaya dilakukan untuk nantinya melihat total biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan proses pendistribusian gas LPG 3Kg ke 29 pangkalan. Perhitungan total biaya pengiriman dapat dilihat pada Tabel 7.

3.11 Pengolahan Data Menggunakan Rute Perusahaan Saat Ini

Saat ini PT. Gending Gemilang mempunyai 13 rute untuk melakukan proses pendistribusian Gas LPG 3Kg ke 29 pangkalan, 13 rute tersebut terbagi menjadi 4 rute menggunakan armada jenis *truck*, dan 9 sisanya menggunakan 3 armada jenis L300. Berikut merupakan rekapitulasi jarak untuk setiap rute dapat dilihat pada Tabel 8.

3.12 Perhitungan Total Biaya Pengiriman (Rute Perusahaan Saat Ini)

Pada sub-sub bab ini dilakukan perhitungan total biaya pengiriman dari rute perusahaan saat ini. Perhitungan total biaya dilakukan untuk nantinya melihat total biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan proses pendistribusian gas LPG 3Kg ke 29 pangkalan. Perhitungan total biaya pengiriman dapat dilihat pada Tabel 9.

Dari hasil perhitungan total biaya untuk masing-masing rute didapatkan total biaya untuk bahan bakar sebesar Rp,91.641,98/hari serta untuk total biaya pemberangkatan sebesar Rp,840.000,00 sehingga total biaya keseluruhan untuk rute algoritma *backward sweep* adalah sebesar Rp,931,641,98/hari, sedangkan untuk rute perusahaan saat ini didapatkan total biaya untuk bahan bakar sebesar Rp,110.886,69/hari serta untuk total biaya pemberangkatan sebesar Rp,910.000,00 sehingga total

biaya keseluruhan untuk rute perusahaan saat ini adalah sebesar Rp,1.020.886,69/hari. Dari kedua nilai yang sudah didapatkan, rute hasil algoritma *backward sweep* mempunyai total biaya pengiriman yang lebih kecil dengan selisih sebesar Rp, 89.244,72/hari. Lebih kecilnya total biaya pengiriman untuk rute hasil algoritma *backward sweep* dikarenakan total jarak serta jumlah pemberangkatan rute hasil algoritma *sweep* lebih kecil dibanding total jarak serta jumlah pemberangkatan dari rute perusahaan saat ini. Berikut merupakan rekapitulasi penghematan rute menggunakan algoritma *backward sweep* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 6. Rekapitulasi rute menggunakan *nearest neighbour*

Rekapitulasi Cluster Menggunakan <i>Algoritma Sweep - Nearest Neighbour</i>									
<i>Cluster</i>	Jenis Armada	No. Armada	Tur	Rute	Total Jarak (KM)	Total Waktu Rute (Jam)	Rute <i>Nearest Neighbour</i>	Total Jarak (KM)	Total Waktu Rute (Jam)
1	Truck	1	1	0-24-7-22-26-25-2-0	14.65	3.661	0-25-7-26-24-22-2-0	12.35	3.561
2		2	1	0-17-13-1-8-0	35.2	4.261	0-17-8-1-13-0	21.9	3.178
3		3	2	0-21-6-23-0	21.615	3.078	0-6-23-21-0	21.915	3.044
4		4	3	0-15-3-9-0	7.99	2.397	0-9-3-15-0	7.99	2.397
5	L300	1	1	0-28-0	7	1.022	0-28-0	7	1.022
6			2	0-5-11-0	9.7	2.024	0-11-5-0	9.7	2.024
7			3	0-27-16-0	10.9	1.628	0-27-16-0	10.9	1.628

Tabel 6. Rekapitulasi rute menggunakan *nearest neighbour*

Cluster	Jenis Armada	No. Armada	Tur	Rute	Total Jarak (KM)	Total Waktu Rute (Jam)	Rute Nearest Neighbour	Total Jarak (KM)	Total Waktu Rute (Jam)
8			4	0-4-0	8.8	1.089	0-4-0	8.8	1.089
9		2	1	0-12-29-18-0	7.9	1.958	0-29-12-18-0	5.48	1.958
10			2	0-19-10-0	8	1.551	0-19-10-0	8	1.551
11			3	0-20-0	11	1.069	0-14-20-0	11	1.069
12			4	0-14-0	6	0.855	0-14-0	6	0.855
					148.75			131.0	
Total					5	24.593		35	23.375

Berdasarkan hasil perbandingan untuk kedua rute dari segi total jarak, jumlah armada yang digunakan, total waktu tempuh, serta total biaya pengiriman didapatkan rute dengan menggunakan algoritma *backward sweep* memiliki rute yang lebih baik dari rute perusahaan saat ini baik dari segi total jarak, total waktu tempuh, jumlah armada yang digunakan, maupun dari segi total biaya pengiriman. Rute menggunakan algoritma *backward sweep* mampu menghasilkan penghematan sebesar Rp, 89.244,72 setiap harinya, dari segi total jarak rute menggunakan algoritma *backward sweep* mampu melakukan penghematan sebesar 18,56% dari rute perusahaan saat ini, selain itu rute menggunakan algoritma *backward sweep* mampu melakukan penghematan jumlah armada sebanyak satu buah armada jenis L300 sehingga dengan penghematan jumlah armada tersebut perusahaan nantinya dapat memperbanyak jumlah pangkalan yang tentunya akan menambah keuntungan untuk perusahaan. Berikut merupakan rekapitulasi rute terpilih menggunakan algoritma *backward sweep* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 7. Rekapitulasi total biaya pengiriman (algoritma *backward sweep*)

Cluster	Jenis Armada	No. Armada	Tur	Rute	Total Jarak (KM)	Rasio BBM	Biaya Bahan Bakar	Biaya Penerimaan	Biaya Keseluruhan
1		1	1	0-25-7-26-24-22-2-0	12.35		9353.309	70000	79353.309
2	Truck	2	1	0-17-8-1-13-0	21.9	5150/6.8Km	16586.029	70000	86586.029
3		3	1	0-6-23-21-0	21.915		16597.390	70000	86597.390
4		4	1	0-9-3-15-0	7.99		6051.250	70000	76051.250
5			1	0-28-0	7		4506.250	70000	74506.250
6		1	2	0-11-5-0	9.7		6244.375	70000	76244.375
7			3	0-27-16-0	10.9		7016.875	70000	77016.875
8	L300		4	0-4-0	8.8	5.150/8 Km	5665.000	70000	75665.000
9		2	1	0-29-12-18-0	5.48		3527.750	70000	73527.750
10			2	0-19-10-0	8		5150.000	70000	75150.000
11			3	0-20-0	11		7081.250	70000	77081.250
12			4	0-14-0	6		3862.500	70000	73862.500
Total							91641.98	840000	931641.98

Tabel 8. Rekapitulasi perhitungan jarak untuk setiap rute saat ini

Rekapitulasi Perhitungan Jarak Semua Rute Saat Ini					
Rute	Jenis Armada	Urutan Rute	Jumlah Produk	Total Jarak (Km)	Total Waktu (Jam)
1	L300	0-1-2-0	84	19.1	1.697
2		0-25-7-19-0	267	6.75	1.900
3		0-26-20-0	251	11.6	1.722
4		0-17-29-0	197	13.8	1.712
5		0-16-27-0	244	10.9	1.661
6		0-10-11-0	209	14.2	1.983
7		0-24-22-0	190	8.5	1.450
8		0-5-0	154	9.4	0.870
9		0-12-0	106	2.4	0.619
10	Truck	0-8-13-21-0	534	35.4	3.751
11		0-3-6-9-0	509	8.12	2.356
12		0-15-23-28-0	512	8.361	2.429
13		0-14-4-18-0	258	12.38	2.284
Total			3515	160.911	24.434

Tabel 9. Rekapitulasi total biaya pengiriman (rute perusahaan saat ini)

Rute	Jenis Armada	Rute	Total Jarak (KM)	Rasio Penggunaan Bahan Bakar (1liter = Rp.5.150,00)	Biaya Bahan Bakar	Biaya Pemberangkatan	Biaya Keseluruhan
1	L300	0-1-2-0	19.1	5150/8KM	12295.63	70000.00	82295.63
2		0-25-7-19-0	6.75		4345.31	70000.00	74345.31
3		0-26-20-0	11.6		7467.50	70000.00	77467.50
4		0-17-29-0	13.8		8883.75	70000.00	78883.75
5		0-16-27-0	10.9		7016.88	70000.00	77016.88
6		0-10-11-0	14.2		9141.25	70000.00	79141.25
7		0-24-22-0	8.5		5471.88	70000.00	75471.88
8		0-5-0	9.4		6051.25	70000.00	76051.25
9		0-12-0	2.4		1545.00	70000.00	71545.00
10	Truck	0-8-13-21-0	35.4	5150/6.8KM	26810.29	70000.00	96810.29
11		0-3-6-9-0	8.12		6149.71	70000.00	76149.71
12		0-15-23-28-0	8.361		6332.23	70000.00	76332.23
13		0-14-4-18-0	12.38		9376.03	70000.00	79376.03
Total					110886.69	910000.00	1020886.69

Tabel 10. Rekapitulasi penghematan rute menggunakan algoritma backward sweep

Penghematan Rute Algoritma Sweep		
	Rute Saat Ini	Rute Baru Menggunakan Algoritma Sweep
Total Biaya (Rp)	1020886.69	931641.98
Penghematan / Hari (Rp)		89244.72

Tabel 11. Rekapitulasi rute terpilih menggunakan algoritma *backward sweep*

<i>Cluster</i>	Jenis Armada	No. Armada	Tur	Rute
1	Truck	1	1	0-25-7-26-24-22-2-0
2		2	1	0-17-8-1-13-0
3		3	1	0-6-23-21-0
4		4	1	0-9-3-15-0
5	L300	1	1	0-28-0
6			2	0-11-5-0
7			3	0-27-16-0
8			4	0-4-0
9		2	1	0-29-12-18-0
10			2	0-19-10-0
11			3	0-20-0
12			4	0-14-0

KESIMPULAN

Total biaya pendistribusian berdasarkan hasil perhitungan *algoritma sweep* serta rute perusahaan saat ini, rute menggunakan algoritma *backward sweep* menghasilkan nilai yang lebih baik dari rute perusahaan saat ini. Dari segi total biaya pendistribusian rute menggunakan algoritma *backward sweep* mampu melakukan penghematan sebesar Rp, 89.244,72/hari atau sebanyak Rp, 2.320.362,64/bulan dari rute perusahaan saat ini, dan jumlah armada yang digunakan berjumlah 4 *Truck* dan 2 L300 dengan pengefisienan total jarak sebesar 18,56%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Toth, P. & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem, Society for Industrial and Applied Mathematics, Second Edition*. Philadelphia: SIAM.
- [2] Gitiza Erwitie. (2020). Perencanaan Rute Distribusi Bantuan Bencana Tsunami Di Kota Padang dengan *Multi-Trip Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem (MTHFFVRP)* Berdasarkan *Geographic Information System (GIS)*. Jakarta : Universitas Pertamina.
- [3] Arunya Boonkleaw, S. Suthikannarunai, & R. Srinon. (2009). *Strategic Planning and Vehicle Routing Algorithm for Newspaper Delivery Problem: Case Study of Morning Newsppaper, Bangkok, Thailand. Proceeding of the World Congress on Engineering and Computer Science, Sanfranciso, USA. Vol. 2*
- [4] Pujawan, I., N., & Mahendrawathi. (2017). *Supply Chain Management*, Edisi Ketiga. Yogyakarta: Andi.
- [5] Sandy Satria (2016). Analisis Rantai Distribusi Komoditas Padi dan Beras di Kecamatan Jatiwangi Kabupaten Sumedang. Bandung : Universitas Pasundan
- [6] Risky Sarasvati. (2017). Penyelesaian *Capacitated Routing Problem (CVRP)* Menggunakan Algoritma *Sweep* Untuk Penentuan Rute Distribusi Koran. Surakarta : Universitas Sebelas Maret
- [7] Ramayanti Rizka. (2019). Penerapan *Algoritma Sweep* untuk Penyelesaian *Open Vehicle Routing Problem* pada Kasus Distribusi Produk. Jember : Universitas Jember
- [8] Raden A. Laksono. (2015). Analisi Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dan Tingkat Okupansi Angkutan Taksi Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta : Universitas Atma Jaya