

PENYELESAIAN *CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM* MENGGUNAKAN ALGORITMA *SWEEP* UNTUK PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI DI DISTRIBUTOR *SPARE PART* KARAWANG

Dhea Sukmawati Nurlatifah¹, Aina Nindiani², Akda Zahrotul Wathoni³, Karnadi⁴

^{1, 2, 3, 4}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Buana Perjuangan Karawang
Jl. HS. Ronggowaluyo Telukjambe Timur Karawang,
Email: ti18.dheanurlatifah@mhs.ubpkarawang.ac.id¹

ABSTRACT

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) is a type of VRP, a vehicle problem that has constraints, namely the limited maximum capacity of the vehicle. This research was conducted in a company engaged in the distribution of car spare parts products, where in the distribution process the company is only based on experience and estimates from employees. The number of shops or customers spread over several points and the number of requests that vary everyday resulted in the company experiencing problems on determining distribution routes. Therefore, the purpose of this research is to complete the existing CVRP in the company to obtain the distribution route and the minimum distribution distance using the Sweep Algorithm. The sweep algorithm consists of two stages, namely in the first stage in the form of clustering while in the second stage, namely the formation of routes. Based on the results obtained using this method, savings occur both in terms of distance and travel time. The initial condition of the company's route has a total distance of 781,6 Km with a travel time of 663,6 minutes. While the route after a repair has a total distance of 606,46 Km with a travel time of 522,946 minutes. It showed that the CVRP was experienced by the company. It could be solved using a sweep algorithm because it can minimize the distance that must be traveled and accelerate the product distribution process by considering the number of products that must be delivered more optimally and not exceeding the vehicle capacity.

Keywords: *Sweep Algorithm; Capacitated Vehicle Routing Problem; distribution.*

ABSTRAK

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan salah satu jenis VRP suatu permasalahan kendaraan yang memiliki kendala yaitu berupa terbatasnya kapasitas maksimum kendaraan. Penelitian ini dilakukan di sebuah perusahaan yang bergerak di bidang pendistribusian produk sparepart mobil, yang mana pada proses pelaksanaan distribusinya perusahaan hanya berdasarkan pada pengalaman serta perkiraan dari karyawan saja. Banyaknya toko atau pelanggan yang tersebar di beberapa titik serta jumlah permintaan yang berbeda-beda setiap harinya, mengakibatkan pihak perusahaan mengalami kendala dalam menentukan rute distribusi. Maka dari itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelesaikan CVRP yang ada pada perusahaan tersebut guna memperoleh rute distribusi serta jarak pendistribusian yang minimum dengan menggunakan Algoritma Sweep. Algoritma Sweep ini terdiri dari dua tahapan, yaitu pada tahap pertama berupa clustering sedangkan pada tahap kedua yaitu pembentukan rute. Berdasarkan hasil yang diperoleh menggunakan metode tersebut terjadi penghematan baik dari segi jarak maupun waktu tempuh. Kondisi awal rute perusahaan memiliki total jarak 781,6 km dengan waktu yang ditempuh selama 663,6 menit. Sedangkan rute setelah perbaikan memiliki total jarak tempuh 606,46 km dengan waktu tempuh selama 522,946 menit. Hal tersebut menunjukkan bahwa CVRP yang dialami perusahaan dapat diselesaikan dengan menggunakan algoritma sweep karena mampu meminimasi jarak yang harus ditempuh serta mempercepat proses pendistribusian produk dengan mempertimbangkan jumlah produk yang harus dikirimkan lebih optimal dan tidak melebihi kapasitas kendaraan.

Kata Kunci: *algoritma sweep; capacitated vehicle routing problem; distribusi.*

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman merupakan suatu hal lumrah yang akan selalu mengalami peningkatan (Sembiring, 2018). Salah satunya yaitu di sektor industri, mengakibatkan para pelaku usaha berupaya untuk memberikan yang terbaik bagi para pelanggannya. Upaya tersebut dapat dilakukan pada proses pendistribusian produk kepada pelanggan atau yang biasa disebut dengan kegiatan distribusi. Berjalannya suatu perencanaan, pelaksanaan serta pengendalian material dari produsen ke konsumen merupakan tanggung jawab dari distribusi untuk memperoleh suatu keuntungan (Bastuti & Teddy, 2017). Pada pelaksanaan pendistribusian sebuah produk terdapat istilah yang disebut dengan *vehicle routing problem* (VRP). Salah satu tipe dari VRP ini adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem*. *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) merupakan dasar dari permasalahan VRP yang dimana setiap pelanggan telah diketahui jumlah permintaannya dan kemudian dikunjungi dengan satu kendaraan yang bersifat homogen dan berkapasitas terbatas (Hanafi *et al.*, 2020).

Penelitian ini dilakukan di sebuah perusahaan distribusi *sparepart* mobil yang pelanggannya tersebar di beberapa wilayah yaitu Karawang, Jakarta hingga Indramayu. Terdapat beberapa kendala yang mempengaruhi kegiatan distribusi pada perusahaan tersebut kurang optimal, diantaranya adalah : 1) Banyaknya toko atau pelanggan yang tersebar diberbagai titik; 2) Jumlah permintaan yang berbeda-beda; 3) Tidak ada dokumentasi terhadap kegiatan distribusi; 4) Memiliki keterbatasan pada kapasitas kendaraan, yaitu hanya memiliki 1 kendaraan jenis L200 Triton *Box* serta 5) Terkadang melakukan dua kali pengiriman. Tabel 1 menunjukkan beberapa data dari keseluruhan pelanggan beserta dengan jarak yang harus ditempuhnya.

Tabel 1. Data Pelanggan dan Jarak

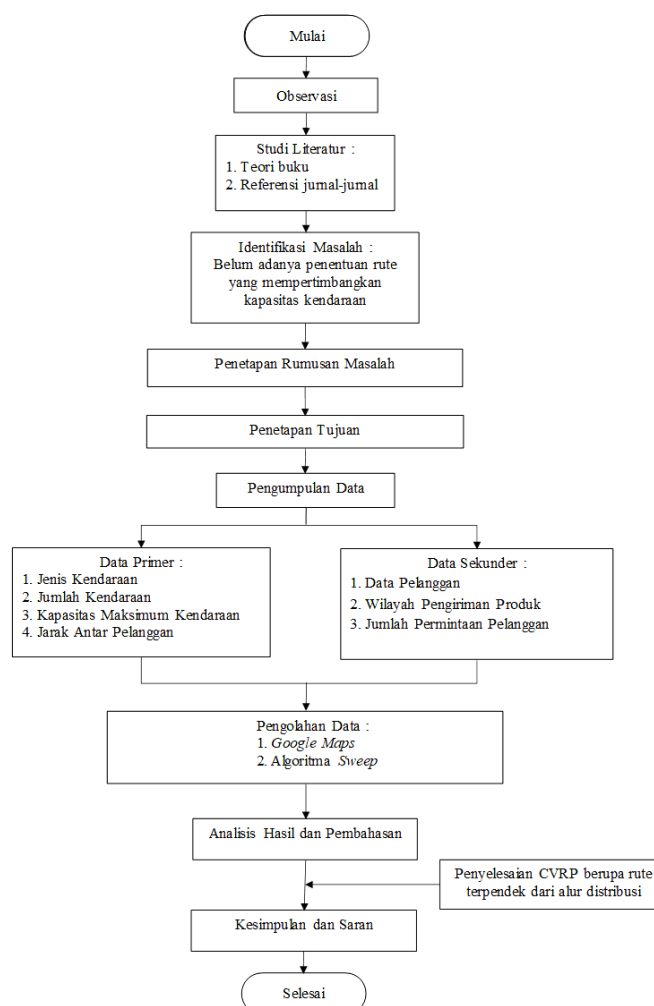
No.	Pelanggan (Toko)	Jarak (Km)
1	PPMS	67
2	SM	80
3	SKM	11
4	KUM	76
5	DM	75
6	RM	78
7	JM	3,2
8	CI	73
9	AM	11
10	AJM	103

Berdasarkan Tabel 1. serta beberapa kendala yang telah disebutkan sebelumnya, maka permasalahan yang dialami perusahaan termasuk kedalam permasalahan penentuan rute dengan keterbatasan kapasitas kendaraan. Maka dari itu, permasalahan yang dialami perusahaan perlu diselesaikan, salah satunya dengan cara meminimumkan total jarak tempuh dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan yang dimiliki. Sehingga apabila rute yang terbentuk lebih efisien dan minimum tentu akan berdampak pula pada waktu tempuh yang terjadi dan mengakibatkan proses pengiriman produk yang dilakukan lebih cepat. Maka dari itu, guna menyelesaikan permasalahan yang dialami tersebut penelitian ini menggunakan salah satu metode heuristik yaitu Algoritma *Sweep*.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu melalui wawancara dan observasi langsung kepada pihak perusahaan terkait proses pendistribusian yang sedang dijalankan. Adapun data yang digunakan sebagai acuan yaitu fokus pada data pelanggan yang melakukan *order* secara tetap dalam kurun waktu 6 bulan. Data pelanggan tersebut dianalisis melalui dua cara yaitu pengolahan menggunakan algoritma *sweep* serta pengolahan menggunakan metode algoritma *Sweep*.

Algoritma *Sweep* pertama kali diperkenalkan kepada publik oleh Gillet dan Miller. Algoritma *Sweep* merupakan algoritma yang efisien untuk menyelesaikan masalah pengiriman dengan kendaraan berskala sedang hingga besar dengan batasan muatan dan jarak di setiap kendaraannya (Gillet dan Miller, 1974). Algoritma ini menggunakan langkah pengelompokkan (*clustering*) pelanggan pada suatu wilayah dan kendaraan yang tersedia dengan membangun rute-rute untuk tiap *cluster*. Menurut (Yin & Zhao, 2021) Algoritma *Sweep* adalah suatu metode untuk menciptakan solusi alternatif yang memiliki nilai tujuan yang sama dan menciptakan solusi yang memenuhi kondisi lapangan. Keunggulan dari Algoritma *Sweep* ini adalah algoritma penyelesaian CVRP yang tergolong sederhana namun mampu menyelesaikan permasalahan secara kompleks, dimana kesalahan dalam metode ini hanya sebesar 10% (Ballou, 2005). Metode algoritma *sweep* ini terdiri dari dua tahapan, yaitu pada tahap pertama pengelompokkan (*clustering*) dan tahap kedua yaitu pembentukan rute. Pada tahap pembentukan rute, metode yang digunakan yaitu metode *nearest neighbour*. Selain itu, data yang dianalisis pada penelitian ini merupakan data pelanggan yang selalu melakukan pesanan setiap bulannya selama enam bulan. Sehingga data permintaan yang digunakan pun merupakan data permintaan rata-rata di bulan tersebut dalam hitungan satu minggu. Maka dari itu, alur penelitian untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perusahaan yang bergerak di bidang pengiriman produk khususnya pada jenis *spare part* mobil ini beralamat di Kabupaten Karawang tepatnya bagian Karawang Timur. Pada pelaksanaan distribusi pengiriman produk *spare part* tentu kendaraan sangat dibutuhkan keberadaan dan kegunaannya. Kendaraan yang dimiliki oleh perusahaan yang bergerak di bidang pengiriman produk ini berjumlah 1

(satu) unit dengan jenis kendaraan yaitu L200 Triton Box. Untuk kapasitas ruang kendaraan dapat diketahui menggunakan formula 1.

$$\forall i \in \{1, \dots, n\} \sum_{i=1}^n p_i * l_i * t_i \leq P * L * T \quad (1)$$

maka,

$$\forall i \in \{1\} \sum_{i=1}^n 53\text{cm} * 33,5\text{cm} * 27,5\text{cm} \leq 2,5\text{m} * 1,5\text{m} * 1,8\text{m}$$

Adapun perbandingan antara mobil box yang digunakan dengan kardus produk dapat menggunakan formula 2.

$$\forall i \in \{1, \dots, n\} \sum_{i=1}^n p_i \leq L \text{ dan } l_i \leq P \text{ dan } t_i \leq T \quad (2)$$

maka,

$$\forall i \in \{1\} \sum_{i=1}^n 0,53 \leq 1,5 \text{ dan } 0,335 \leq 2,5 \text{ dan } 0,275 \leq 1,8$$

Berdasarkan perbandingan ukuran mobil box dan kardus, maka kapasitas kendaraan atau jumlah muatan yang dapat diangkut mengikuti formula 3, 4 dan 5.

$$Ukuran Mobil = P \times L \times T = 2,5 \times 1,5 \times 1,8 = 6,75 \quad (3)$$

$$Ukuran Kardus/ Box = p_i \times l_i \times t_i = 0,53 \times 0,335 \times 0,275 = 0,04882 \quad (4)$$

maka,

$$Kapasitas Muatan = \frac{6,75}{0,04882} = 138 \text{ box} \quad (5)$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka jumlah kapasitas muatan tersebut setiap kali melakukan pengiriman dapat menampung sebanyak 138 *box*. Namun, dikarenakan *driver* memerlukan *space* untuk bongkar-pasang *box* tersebut, sehingga kapasitas muatan hanya dicukupkan sampai 100 *box* saja untuk satu kali proses pendistribusian.

Perusahaan ini memiliki pelanggan ± 70 yang tersebar di beberapa titik yang berbeda, yaitu Karawang, Jakarta hingga Indramayu. Namun, pelanggan yang sering melakukan pemesanan dan dilakukan pengiriman yaitu berkisar antara 25-30 pelanggan saja. Adapun daftar nama pelanggan beserta data permintaannya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nama Pelanggan Beserta Data Permintaan

No	Nama Pelanggan	Permintaan	No	Nama Pelanggan	Permintaan
1	AM	18	15	MJM	13
2	JM	45	16	MM	28
3	RJ	8	17	NMM	4
4	KM	2	18	PDS	5
5	SKM	3	19	PM	3
6	SKM-2	17	20	PBIA	10
7	AM-2	3	21	RM	15
8	AJ	3	22	SM	2
9	CI	4	23	SS	7
10	CM	2	24	SM-2	6
11	DM	3	25	UM	3
12	IM	12	26	AJM	5
13	KUM	20	27	PPMS	7
14	MMM	6			

Model Matematika Capacitated Vehicle Routing Problem

Formulasi atau model matematika untuk CVRP perusahaan distributor *spare part* ini dinyatakan sebagai berikut:

$$Z = \sum_{i=0}^{27} \sum_{j=1}^{28} \sum_{k=1}^1 c_{ijk} x_{ijk} \quad (6)$$

Kendala-kendala atau batasan pada studi ini adalah:

$$1. \sum_{j=1}^{28} \sum_{k=1}^1 x_{ijk} = 1, \quad \text{untuk semua pelanggan atau } i \quad (7)$$

$$2. \sum_{i=0}^{27} d_i \sum_{j=1}^{28} x_{ijk} \leq 100, \quad \text{untuk kendaraan atau } k \quad (8)$$

$$3. \sum_{j=1}^{28} x_{0jk} = 1, \quad \text{untuk kendaraan atau } k \quad (9)$$

$$4. \sum_{i=0}^{27} x_{ijk} - \sum_{j=1}^{28} x_{jik} = 0, \quad \text{untuk kendaraan atau } k \quad (10)$$

$$5. \sum_{i=0}^{27} x_{ijk} = 1, \quad \text{untuk kendaraan atau } k \quad (11)$$

$$6. x_{ijk} \in 0, 1, \quad \text{untuk } i, j, k \quad (12)$$

Analisis Menggunakan Aplikasi Google Maps

a. Matriks Jarak dan Waktu Tempuh

Langkah pertama yang harus dilakukan yaitu dengan mengetahui jarak tempuh dari depot ke pelanggan dan jarak antar pelanggan yang tersebar di beberapa titik jalur. Berikut ini adalah data matriks jarak tempuh menggunakan aplikasi *google maps* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks Jarak Tempuh

Jarak	Depot	AM	AM-2	JM	KM	RJ	SKM	SKM-2	AJ	CI	CM	DM	IM	KUM	MMM	MJM	MM	NMM	PDS	PM	PBIA	RM	SM	SS	SM-2	UM	AJM	PPMS		
Depot	0	11	24	3,2	6,1	3,8	11	7,5	73	73	84	75	79	76	76	78	72	63	36	73	69	78	80	75	72	75	103	67		
AM	11	0	14	10	9,5	9	0,05	3,5	61	61	72	63	65	64	64	66	61	52	22	62	58	69	70	64	61	65	113	77		
AM-2	24	14	0	27	26	26	17	20	47	47	59	50	51	50	50	52	48	38	8,4	48	45	56	56	50	48	51	129	93		
JM	3,2	10	27	0	2,9	0,85	7,8	4,3	74	74	81	72	83	71	71	75	70	61	30	71	67	76	79	73	70	74	70	69		
KM	6,1	9,5	26	2,9	0	6,4	5,5	2	66	65	77	68	69	68	68	70	66	56	27	66	63	74	74	69	66	69	118	75		
RJ	3,8	9	26	0,85	6,4	0	9	4,2	73	73	85	76	74	76	76	78	73	64	31	74	73	81	82	76	74	77	104	68		
SKM	11	0,05	17	7,8	5,5	9	0	5,3	61	61	72	63	61	64	64	66	61	52	22	62	58	69	70	64	61	65	113	77		
SKM-2	7,5	3,5	20	4,3	2	4,2	5,3	0	66	66	77	68	66	69	69	71	66	57	36	67	63	74	74	69	66	69	109	75		
AJ	73	61	47	74	66	73	61	66	0	14	27	3,9	1,3	9,9	4,1	4,8	1,3	11	45	10	8,5	5,1	17	4,2	1,3	3	173	130		
CI	73	61	47	74	65	73	61	66	14	0	14	17	14	15	18	28	14	33	42	12	9	16	11	18	14	17	170	127		
CM	84	72	59	81	77	85	72	77	27	14	0	32	25	24	40	40	25	44	53	18	25	9,9	40	25	30	181	138			
DM	75	63	50	72	68	76	63	68	3,9	17	32	0	3,1	12	3,2	3,8	4	9,5	44	12	11	5,6	20	3,3	3,1	1,7	172	129		
IM	79	65	51	83	69	74	61	66	1,3	14	25	3,1	0	10	4,1	4,8	0,3	14	44	11	9,7	4,9	18	4,1	0,15	3	172	129		
KUM	76	64	50	71	68	76	64	69	9,9	15	24	12	10	10	11	7,4	17	46	4,3	9,5	7,4	14	10	7,4	8,5	17,4	131	131		
MMM	76	64	50	71	68	76	64	69	4,1	18	40	3,2	4,1	10	10	0	0,23	0,23	6,5	10	43	21	25	4,7	36	0,11	5,9	3,2	172	128
MJM	78	66	52	75	70	78	66	71	4,8	28	40	3,8	4,8	11	0,23	0	7,3	10	43	21	15	5,5	37	0,35	6,1	4	172	128		
MM	72	61	48	70	66	73	61	66	1,3	14	25	4	0,3	7,4	6,5	7,3	0	14	44	11	12	4,5	19	3,7	4,6	2,4	173	129		
NMM	63	52	38	61	56	64	52	57	11	33	44	9,5	14	17	10	10	14	0	33	26	23	14	33	9,8	9,3	10	161	118		
PDS	36	22	8,4	30	27	31	22	36	45	42	53	44	44	46	43	43	44	33	0	43	40	47	46	45	43	46	134	96		
PM	73	62	48	71	66	74	62	67	10	12	18	12	11	4,3	21	21	11	26	43	0	5,2	7,5	11	10	7,5	8,7	170	127		
PBIA	69	58	45	67	63	73	58	63	8,5	9	18	11	9,7	9,5	25	15	12	23	40	5,2	0	10	9	14	9,8	12	170	127		
RM	78	69	56	76	74	81	69	74	5,1	16	25	5,6	4,9	7,4	4,7	5,5	4,5	14	47	7,5	10	0	17	4,1	6,3	3,7	175	132		
SM	80	70	56	79	74	82	70	74	17	11	9,9	20	18	14	36	37	19	33	46	11	9	17	0	16	13	15	173	129		
SS	75	64	50	73	69	76	64	69	4,2	18	40	3,3	4,1	10	0,11	0,35	3,7	9,8	45	10	14	4,1	16	0	5,3	3,1	181	138		
SM-2	72	61	48	70	66	74	61	66	1,3	14	25	3,1	0,15	7,4	5,9	6,1	4,6	9,3	43	7,5	9,8	6,3	13	5,8	0	3	172	129		
UM	75	65	51	74	69	77	65	69	3	17	30	1,7	3	8,5	3,2	4	2,4	10	46	8,7	12	3,7	15	3,1	3	0	174	131		
AJM	103	113	129	70	118	104	113	109	173	170	181	172	172	174	172	172	173	161	134	170	170	175	173	181	172	174	0	70		
PPMS	67	77	93	69	75	68	77	75	130	127	138	129	129	131	128	128	129	118	96	127	127	132	129	138	129	131	70	0		

Setelah jarak tempuh telah diperoleh, maka perlu diketahui pula waktu tempuh yang digunakan untuk mencapai titik lokasi pelanggan tersebut. Untuk memperoleh waktu tempuh ini dapat menggunakan persamaan 13.

$$\text{Waktu Tempuh} = \left(\frac{\text{Jarak (Km)}}{\text{Kecepatan Rata-Rata}} \right) \times 60 \text{ (satuan dalam menit)} \quad (13)$$

Maka, waktu tempuh yang telah diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks Waktu Tempuh

Waktu	Depot	AM	AM-2	JM	KM	RJ	SKM	SKM-2	AJ	CI	CM	DM	IM	KUM	MMM	MJM	MM	NMM	PDS	PM	PBIA	RM	SM	SS	SM-2	UM	AJM	PPMS	
Depot	0	9,4286	20,571	2,74	5,23	3,26	9,429	6,4286	62,6	62,6	72	64,3	67,7	65,14	65,14	66,86	61,7	54	30,9	62,6	59,1	66,9	68,6	64,3	61,7	75	88,3	57,429	
AM	9,42857	0	12	8,57	8,14	7,71	0,043	3	52,3	52,3	61,7	54	55,7	54,86	54,86	56,57	52,3	44,57	18,9	53,1	49,7	59,1	60	54,9	52,3	55,7	96,9	66	
AM-2	20,5714	12	0	23,1	22,3	22,3	14,57	17,143	40,3	40,3	50,6	42,9	43,7	42,86	42,86	44,57	41,1	32,57	7,2	41,1	38,6	48	48	42,9	41,1	43,7	111	79,714	
JM	2,74286	8,5714	23,143	0	2,49	0,73	6,686	3,6857	63,4	63,4	69,4	61,7	71,1	60,86	60,86	64,29	60	52,29	26,6	60,9	57,4	65,1	67,7	62,6	60	63,4	60	59,143	
KM	5,22857	8,1429	22,286	2,49	0	5,49	4,714	1,7143	56,6	55,7	66	58,3	59,1	58,29	58,29	60	56,6	48	23,1	56,6	54	63,4	63,4	59,1	56,6	59,1	101	64,286	
RJ	3,25714	7,7143	22,286	0,73	5,49	0	2,714	3,6	62,6	62,6	72,9	65,1	63,4	65,14	65,14	66,86	62,6	54,86	26,6	63,4	62,6	69,4	70,3	65,1	63,4	66	89,1	58,286	
SKM	9,42857	0,0429	14,571	6,69	4,71	7,71	0	5,4529	52,3	52,3	61,7	54	52,3	54,86	54,86	56,57	52,3	44,57	18,9	53,1	49,7	59,1	60	54,9	52,3	55,7	96,9	66	
SKM-2	6,42857	3	17,143	3,69	1,71	3,6	4,543	0	56,6	56,6	66	58,3	56,6	59,14	59,14	60,86	56,6	48,86	30,9	57,4	54	63,4	63,4	59,1	56,6	59,1	93,4	64,286	
AJ	62,5714	52,286	40,286	63,4	56,6	62,6	52,29	56,571	0	12	23,1	3,34	1,11	8,486	3,514	4,114	0,26	12	9,429	38,6	8,57	7,29	4,37	14,6	3,6	1,11	2,57	148	111,43
CI	62,5714	52,286	40,286	63,4	56,6	62,6	52,29	56,571	12	0	12	14,6	12	12,86	15,43	24	12	28,29	36	10,3	7,71	13,7	9,43	15,4	12	14,6	146	108,86	
CM	72	61,714	50,571	69,4	66	72,9	61,71	66	23,1	12	0	27,4	21,4	20,57	34,29	34,29	21,4	37,71	45,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	155	118,29	
DM	64,2857	54	42,857	61,7	58,3	65,1	54	58,286	3,34	14,6	27,4	0	2,66	10,29	2,743	3,257	3,43	8,143	37,7	10,3	9,43	4,8	17,1	2,83	2,66	1,46	147	110,57	
IM	67,7143	55,714	43,714	71,1	59,1	63,4	52,29	56,571	1,11	12	21,4	2,66	0	8,571	3,514	4,114	0,26	12	37,7	9,43	8,31	4,2	15,4	3,51	0,13	2,57	147	110,57	
KUM	65,1429	54,857	42,857	60,9	58,3	65,1	54,86	59,143	8,49	12,9	20,6	10,3	8,57	0	8,571	9,429	6,34	14,57	39,4	3,69	8,14	6,34	12	8,57	6,34	7,29	149	112,29	
MMM	65,1429	54,857	42,857	60,9	58,3	65,1	54,86	59,143	3,51	15,4	34,3	2,74	3,51	8,571	0	0,197	5,57	8,571	36,9	18	21,4	4,03	30,9	0,09	5,06	2,74	147	109,71	
MJM	66,8571	56,571	44,571	64,3	60	66,9	56,57	60,857	4,11	24	34,3	3,26	4,11	9,429	0,197	0	6,26	8,571	36,9	18	12,9	4,71	31,7	0,3	5,23	3,43	147	109,71	
MM	61,7143	61	41,143	60	56,6	62,6	52,29	56,571	1,11	12	21,4	3,43	0,26	6,343	5,571	6,257	0	12	37,7	9,43	10,3	3,86	16,3	3,17	3,94	2,06	148	110,57	
NMM	54	44,571	32,571	52,3	48	54,9	44,57	48,857	9,43	28,3	38,6	10,3	8,571	0	8,571	9,429	6,34	14,57	39,4	3,69	8,14	6,34	12	8,57	6,34	7,29	149	112,29	
PDS	20,571	18,957	7,2	41,1	38,6	48	54,9	44,57	38,6	48	54,9	37,7	37,9	36,86	36,86	37,7	28,29	36,9	48	36,9	43,4	39,4	38,6	36,9	39,4	15	82,286	111,43	
PM	62,5714	53,143	41,143	60,9	56,6	63,4	53,14	57,857	36,9	15,4	10,3	15,4	9,43	3,686	18	18	9,43	32,29	36,9	0	4,46	6,43	9,43	8,57	6,43	7,46	146	108,86	
PBIA	59,1429	49,714	38,571	57,4	54	62,6	49,7	54	72,9	71,1	15,4	9,43	8,31	8,143	12,86	10,3	19,71	34,3	4,46	0	8,57	7,71	12	8,4	10,3	150	138,143		
RM	66,8571	59,143	48	65,1	63,4	69,4	59,143	63,429	13,7	14,6	42	6,343	4,029	4,714	3,86	12	40,3	6,34	8,57	10,3	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	146	108,86	110,57	
SM	68,5714	60	48	67,7	63,4	69,4	60	63,429	14,6	9,43	48	17,1	15,4	12	30,86	31,71	16,3	28,29	34,3	9,43	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	146	108,86	110,57	
SS	64,2857	54,857	42,857	60,9	58,3	65,1	54,86	59,143	3,6	14,6	34,3	2,83	3,51	8,571	0,09	0,3	31,7	8,4	38,6	57	12	13,7	13,7	13,7	13,7	149	112,29	118,29	
SM-2	61,7143	52,286	41,143	60	56,6	63,4	52,29	56,571	1,11	12	21,4	2,66	0,13	8,571	3,093	5,029	3,29	3,94	7,971	36,9	6,43	8,4	5,4	11,4	4,97	2,57	147	109,71	
UM	64,2857	55,714	43,714	63,4	60,9	66	55,71	59,143	2,57	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	10,3	31,7	12,9	26,6	5,07	5,07	5,07	149	112,29	118,29	
AJM	88,2657	96,957	110,57	60	101	89,1	96,98	93,429	148	146	155	147	147	147	147,4	147,4	148	138	115	146	150	148	155	147	149	148	149	148	110,57

Analisis Menggunakan Metode Algoritma Sweep

a. Tahap Pengelompokkan (*Clustering*)

Pengelompokkan disini dimaksudkan untuk membagi pelanggan menjadi beberapa kelompok atau cluster sesuai dengan letak lokasi pelanggan tersebut serta memperhatikan kapasitas kendaraan yang menjadi kendala utama dalam penelitian ini. Adapun langkah-langkah dalam tahap pengelompokkan ini yaitu sebagai berikut :

1. Penentuan Titik Koordinat Kartesius Pelanggan

Data titik koordinat pelanggan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Titik Koordinat Pelanggan

No	Pelanggan	X	Y	No	Pelanggan	X	Y
1	AM	-6.273671	107.271632	15	MJM	-6.151346	106.843153
2	AM-2	-6.258259	107.160162	16	MM	-6.176229	106.841326
3	JM	-6.315150	107.321182	17	NMM	-6.182617	106.913415
4	RJ	-6.309560	107.320467	18	PDS	-6.267704	107.099709
5	KM	-6.309497	107.297530	19	PM	-6.207301	106.796081
6	SKM	-6.273488	107.271321	20	PBIA	-6.227669	106.808373
7	SKM-2	-6.297098	107.290358	21	RM	-6.155196	106.848989
8	AJ	-6.177537	106.841134	22	SM	-6.251980	106.779504
9	CI	-6.286039	106.826231	23	SS	-6.162814	106.846456
10	CM	-6.317124	106.746442	24	SM-2	-6.152150	106.844535
11	DM	-6.167029	106.847487	25	UM	-6.161268	106.839198
12	IM	-6.176636	106.841108	26	AJM	-6.381059	108.134023
13	KUM	-6.206612	106.785135	27	PPMS	-6.556661	107.763104
14	MMM	-6.15350	106.844677				

2. Mengubah titik koordinat kartesius

Koordinat kartesius (x,y) harus diubah terlebih dahulu ke dalam bentuk koordinat polar (r,θ) dengan menggunakan formula 14 dan 15.

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (14)$$

$$\theta = \arctan \frac{y}{x} \quad (15)$$

Maka, koordinat polar yang dihasilkan dari setiap pelanggan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Koordinat Polar Pelanggan

No	Pelanggan	X	Y	(°)	No	Pelanggan	X	Y	(°)
1	AM	-6.273671	107.271632	93.35	15	MJM	-6.151346	106.843153	93.3
2	AM-2	-6.258259	107.160162	93.34	16	MM	-6.176229	106.841326	93.31
3	JM	-6.315150	107.321182	93.37	17	NMM	-6.182617	106.913415	93.31
4	RJ	-6.309560	107.320467	93.36	18	PDS	-6.267704	107.099709	93.35
5	KM	-6.309497	107.297530	93.36	19	PM	-6.207301	106.796081	93.33
6	SKM	-6.273488	107.271321	93.35	20	PBIA	-6.227669	106.808373	93.34
7	SKM-2	-6.297098	107.290358	93.36	21	RM	-6.155196	106.848989	93.31
8	AJ	-6.177537	106.841134	93.31	22	SM	-6.251980	106.779504	93.35
9	CI	-6.286039	106.826231	93.37	23	SS	-6.162814	106.846456	93.3
10	CM	-6.317124	106.746442	93.39	24	SM-2	-6.152150	106.844535	93.3
11	DM	-6.167029	106.847487	93.3	25	UM	-6.161268	106.839198	93.3
12	IM	-6.176636	106.841108	93.31	26	AJM	-6.381059	108.134023	93.38
13	KUM	-6.206612	106.785135	93.33	27	PPMS	-6.556661	107.763104	93.48
14	MMM	-6.15350	106.844677	93.3					

3. Pengelompokkan (*Clustering*)

Adapun sudut polar pelanggan yang telah diurutkan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Urutan Sudut Polar Pelanggan

No	Pelanggan	(°)	Permintaan	No	Pelanggan	(°)	Permintaan
1	SM-2	93.3	6	15	PBIA	93.34	10
2	UM	93.3	3	16	AM	93.35	18
3	SS	93.3	7	17	SKM	93.35	3
4	DM	93.3	3	18	PDS	93.35	5
5	MMM	93.3	6	19	SM	93.35	2
6	MJM	93.3	13	20	RJ	93.36	8
7	NMM	93.31	4	21	KM	93.36	2
8	MM	93.31	28	22	SKM-2	93.36	17
9	AJ	93.31	3	23	CI	93.37	4
10	RM	93.31	15	24	CM	93.37	2
11	IM	93.31	12	25	JM	93.37	45
12	KUM	93.33	20	26	AJM	93.38	5
13	PM	93.33	3	27	PPMS	93.48	7
14	AM-2	93.34	3				

b. Tahap Pembentukan Rute

Setelah memperoleh beberapa *cluster* pada tahap sebelumnya, maka pembentukan rute pada penelitian ini diselesaikan dengan menggunakan metode *nearest neighbour*. Adapun langkah-langkah dalam melakukan pembentukan rute ini adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi

Langkah pertama yang dilakukan pada proses pembentukan rute ini yaitu inisialisasi. Inisialisasi merupakan langkah dimana menentukan titik awal pendistribusian akan dimulai. Sehingga titik awal adalah depot dan himpunan C yang ada pada penelitian ini yaitu sebagai berikut : Himpunan $C = \{1,2,3,...,27\}$.

2. Pemilihan titik yang akan dikunjungi.

Konsep pada pemilihan titik ini ialah depot sebagai titik awal keberangkatan, maka titik yang akan dikunjungi pertama mulai dari depot merupakan titik yang memiliki jarak terdekat dengan depot.

3. Penambahan titik terpilih

Untuk titik yang akan dikunjungi selanjutnya yaitu dengan cara melakukan hal yang sama seperti pada langkah kedua hingga seluruh titik pada setiap cluster telah selesai.

4. Penutupan rute

Apabila seluruh titik atau pelanggan telah selesai dikunjungi pada setiap cluster, maka algoritma rute telah berakhir dimana sudah tidak ada titik pada himpunan C dan diakhiri dengan melakukan insialisasi awal.

Penentuan rute yang dilakukan secara manual pun menghasilkan 3 *cluster* pelanggan sama seperti pengelompokkan yang dilakukan oleh perusahaan. Adapun rute yang dilakukan oleh perusahaan yaitu sebagai berikut :

a. Rute I

Rute pertama yang dilakukan perusahaan yaitu sebagai berikut :

0 – AM – JM – KM – RJ – SKM – SKM 2 – AM 2 – 0

b. Rute II

Adapun rute kedua yaitu sebagai berikut :

0 – AJ – CM – MMM – PM – MJM – MM – NMM – PDS – PBIA – RM – SM – SS – UM – SM 2 – CI – DM – IM – KUM - 0

c. Rute III

Rute ketiga yang dilakukan perusahaan yaitu sebagai berikut :

0 – AJM – PPMS – 0

Sedangkan rute yang diperoleh berdasarkan tahapan pembentukan rute dari masing-masing *cluster* di atas, maka rute untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Rute Cluster I

Rute hasil algoritma *sweep* di *cluster* pertama ini memiliki urutan sebagai berikut : 0 – NMM – SM2 – IM – MM – AJ – UM – DM – MMM – SS – MJM – RM – 0.

b. Rute Cluster II

Selanjutnya untuk rute di cluster II hasil perolehan algoritma *sweep* yaitu sebagai berikut :

0 – RJ – SKM2 – KM – SKM – AM – AM2 – PDS – PBIA – PM – KUM – SM – CM – CI – 0.

c. Rute Cluster III

Rute yang dihasilkan dengan menggunakan algoritma *sweep* yaitu sebagai berikut :

0 – JM – PPMS – AJM – 0.

Perbandingan Rute Perusahaan Dengan Rute Algoritma Sweep

Perbandingan antara perusahaan dengan algoritma *Sweep* dapat dilihat berdasarkan total jarak dan waktu tempuh yang dilalui dalam melakukan proses pendistribusian. Berdasarkan rute yang telah diperoleh dengan metode algoritma *Sweep*, maka apabila dibandingkan dengan rute yang biasa dilakukan oleh perusahaan dapat diketahui perbandingannya melalui Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Rute Perusahaan dengan Algoritma Sweep

Perbandingan	Rute I		Rute II		Rute III		Jumlah (km)	Jumlah Produk
	Jarak	Kapasitas	Jarak	Kapasitas	Jarak	Kapasitas		
Perusahaan	96,1	93	445,5	149	240	12	781,6	254
Algoritma Sweep	165,91	100	195,35	97	245,2	57	606,46	254

Adapun perbandingan tersebut apabila diubah kedalam bentuk presentase yaitu dinyatakan dalam persamaan 16.

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak} &= \frac{\text{Total jarak rute perusahaan} - \text{Total jarak sweep}}{\text{Total jarak rute perusahaan}} \times 100\% \\
 &= \frac{781,6 - 606,46}{781,6} \times 100\% \\
 &= 22,41\%
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

Berdasarkan perolehan presentase perbandingan antara perusahaan dan hasil dari algoritma *Sweep* yaitu sebesar 22,41%. Maka hasil tersebut menunjukkan bahwa penyelesaian CVRP menggunakan algoritma *sweep* ini dapat mengurangi total jarak tempuh yang dilalui oleh perusahaan pada proses pendistribusian produknya. Total jarak tempuh yang telah diperoleh tentu akan berdampak pula pada lamanya waktu yang digunakan untuk proses pendistribusian tersebut. Sehingga apabila dibuat ke dalam bentuk presentase, penghematan yang diperoleh pada waktu tempuh dapat dilihat pada persamaan 17.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu} &= \frac{\text{Total waktu perusahaan} - \text{Total waktu sweep}}{\text{Total waktu tempuh perusahaan}} \times 100\% \\
 &= \frac{663,6 - 522,946}{663,6} \times 100\% \\
 &= 21,19\%
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

Penentuan Kebutuhan Kendaraan

Jumlah atau kebutuhan kendaraan yang dibutuhkan perusahaan dapat ditentukan dengan persamaan 18.

$$\text{Jumlah Kendaraan} = \frac{\text{Waktu Tempuh}}{\text{Waktu Kerja/Hari}} \times 1 \text{ kendaraan}
 \tag{18}$$

$$= \frac{522,946}{480} \times 1$$

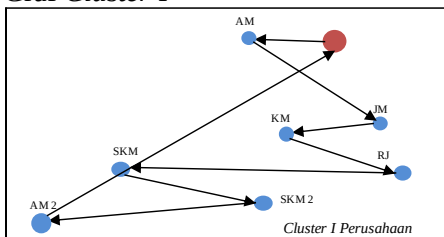
$$= 1,089 \approx 1 \text{ kendaraan}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh hasil bahwa kebutuhan kendaraan perusahaan untuk proses pendistribusian *spare part* yaitu sudah cukup 1 kendaraan. Namun, kendaraan tersebut disarankan memiliki kapasitas yang lebih luas daripada kendaraan yang saat ini digunakan oleh perusahaan yaitu jenis L200 triton *box* sehingga produk *spare part* yang diangkut pun akan lebih besar jumlahnya.

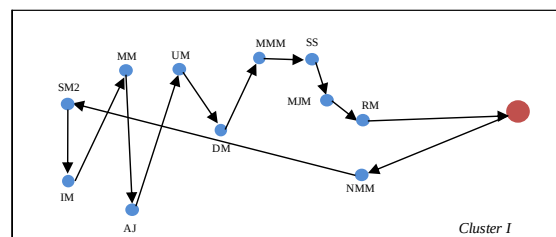
Perbandingan Graf Perusahaan Dengan Graf Algoritma Sweep

Setelah memperoleh hasil berupa jarak dan waktu tempuh yang lebih kecil daripada data aktual, maka digunakan graf sebagai visualisasi bagaimana urutan rute dari masing-masing *cluster* tersebut. Maka, apabila dibandingkan antara graf rute perusahaan dan graf hasil algoritma *Sweep* yaitu sebagai berikut :

a. Graf Cluster I



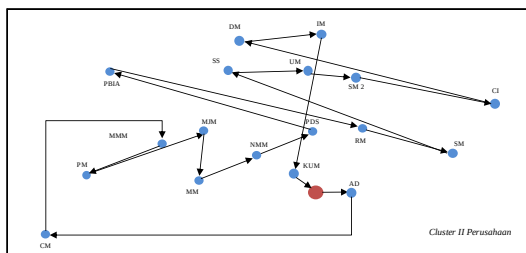
Gambar 2. Cluster I Perusahaan



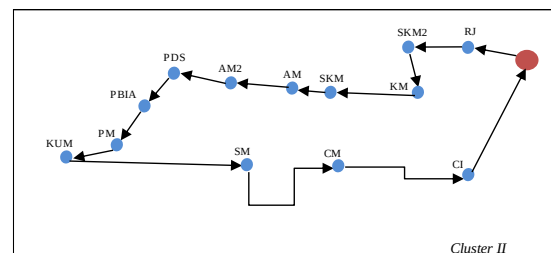
Gambar 3. Cluster I Sweep

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3 graf *cluster* I pada perusahaan hanya terdiri dari 7 titik/toko sedangkan rute setelah perbaikan mengunjungi titik sebanyak 11. Sehingga selisih jarak antara rute awal dan rute akhir yaitu 69,81 Km.

b. Graf Cluster II



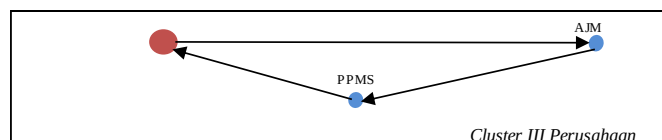
Gambar 4. Cluster II Perusahaan

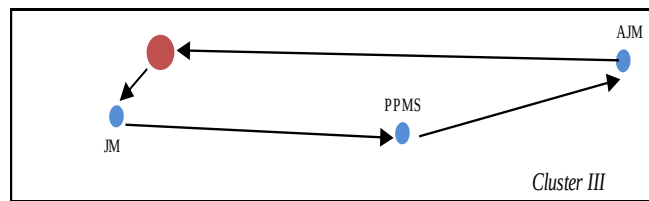


Gambar 5. Cluster II Sweep

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 dapat diketahui bahwa antara rute perusahaan dengan rute *Sweep* memiliki perbandingan yang cukup jauh. Rute yang dilakukan perusahaan terlihat lebih rumit dibandingkan dengan rute menggunakan algoritma *Sweep*. Sehingga jarak atau lintasan rute perusahaan lebih panjang. Adapun selisih total jarak tempuh diantara kedua graf pada *cluster* kedua ini adalah sebesar 274,94 Km. Hal tersebut membuktikan bahwa rute dengan menggunakan algoritma *sweep* lebih optimal. Selain itu, graf yang terbentuk dari rute pada *cluster* kedua rute algoritma *sweep* ini termasuk ke dalam jenis graf tak sederhana.

c. Graf Cluster III



Gambar 6. Cluster III Perusahaan**Gambar 7. Cluster III Sweep**

Berdasarkan Gambar 6 dan Gambar 7 dapat diketahui bahwa graf rute yang terbentuk dari rute perusahaan dan rute algoritma *Sweep* tidak jauh berbeda. Sehingga selisih jarak yang dihasilkan pun tidak jauh berbeda pula yaitu 5,2 Km

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan penerapan metode algoritma *Sweep* guna menyelesaikan CVRP pada distributor spare part Karawang, diperoleh hasil bahwa pada tahap pengelompokkan menghasilkan 3 (tiga) pembagian rute. Adapun ketiga rute tersebut yaitu sebagai berikut :

1. Rute Pertama : 0 – NMM – SM2 – IM – MM – AJ – UM – DM – MMM – SS – MJM – RM – 0
Rute ini memiliki total jarak tempuh 165,91 km dengan kapasitas maksimum produk yang diangkut yaitu sebanyak 100 box.
2. Rute Kedua : 0 – RJ – SKM2 – KM – SKM – AM – AM2 – PDS – PBIA – PM – KUM – SM – CM – CI – 0
Selanjutnya rute kedua memiliki total jarak 195,35 km dengan kapasitas produk 97 box.
3. Rute Ketiga : 0 – AJM – PPMS – 0
Yang terakhir rute ketiga memiliki jarak 240 km dengan jumlah produk yang diangkut sebanyak 57 box.

Ketiga rute tersebut apabila dibandingkan dengan rute perusahaan terjadi penghematan total jarak 175,14 km. Sehingga hal tersebut dapat disimpulkan bahwa metode algoritma *sweep* dapat menyelesaikan CVRP karena dapat meminimasi jarak tempuh yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ballou, R. H. (2005). *Bussiness Logistics/Supply Chain Management*. Pearson Education International Fifth Edition.
- Bastuti, S, & Teddy, T. (2017). Analisis Persediaan Barang Dengan Metode Time Series Dan Sistem Distribution Requirement Planning Untuk Mengoptimalkan Permintaan Barang Di PT. Asri Mandiri Gemilang. *Prosiding Seminar Ilmiah Nasional*, 116–126.
- Gillett, B. E., & Miller, L. R. (1974). A heuristic algorithm for the vehicle-dispatch problem. *Operations research*, 22(2), 340-349.
- Hanafi, R., Rusman, M., Mardin, F., Parenreng, S. M., & Azzazli, A. (2020). Distribution Route Optimization of a Capacitated Vehicle Routing Problem by Sweep Algorithm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 875(1).
- Sembiring. (2018). Pengaruh Kualitas Pelayanan Dan Kepuasan Pelanggan Terhadap Loyalitas Pelanggan Studi Pada Richdjoe Barbershop Malang. *Jurnal Fakultas Ekonomi Dan Bisnis*.
- Yin, F., & Zhao, Y. (2021). Optimizing Vehicle Routing Via Stackelberg Game Framework And Distributionally Robust Equilibrium Optimization Method. *Information Sciences*, 557, 84–107.