



JURNAL ILMIAH MANAJEMEN DAN AKUNTANSI

Halaman Jurnal: <https://journal.smartpublisher.id/index.php/jimat>

Halaman UTAMA Jurnal : <https://journal.smartpublisher.id/>



DOI: <https://doi.org/10.69714/k1gd2g70>

ANALISIS OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI BARANG MENGGUNAKAN VEHICLE ROUTING PROBLEM (VRP) MODEL SWEEP METHOD PADA PT. XYZ

Anisa Nur Rohmah^{a*}

^a Fakultas Logistik, Teknologi dan Bisnis / Manajemen Logistik; 182220181@std.ulbi.ac.id, Universitas Logistik dan Bisnis Internasional; Bandung

* Penulis Korespondensi: Anisa Nur Rohmah

ABSTRACT

Distribution activities are critical for ensuring efficient and timely delivery of goods to consumers. Transportation problems arise when companies must determine cost-effective delivery routes with optimal travel time. This study determines the most efficient transportation routes for PT. XYZ in serving 12 customer points from a single depot using the Vehicle Routing Problem (VRP) approach with the Sweep Method. Data include customer locations, geographic coordinates (X-Y), and demand quantities, processed using Microsoft Excel through coordinate conversion to polar format and systematic sweeping for route optimization. This research differs from previous studies by integrating actual customer geographic data in Bandung with the Sweep Method, simultaneously considering vehicle capacity and demand distribution to produce a realistic and applicable route model for logistics companies. Results show four optimal routes with a total distance of 106.27 km and delivery capacity of 510 units per day, reducing transportation costs and enhancing overall distribution efficiency.

Keywords: *Transportation; Distribution; Vehicle Routing Problem; Sweep Method; Route Optimization.*

Abstrak

Kegiatan distribusi berperan penting dalam memastikan pengiriman barang yang efisien dan tepat waktu kepada konsumen. Permasalahan transportasi muncul ketika perusahaan harus menentukan rute pengiriman dengan biaya minimal dan waktu tempuh optimal. Penelitian ini bertujuan menentukan rute transportasi efisien bagi PT. XYZ dalam melayani 12 titik pelanggan dari satu depot utama menggunakan pendekatan *Vehicle Routing Problem (VRP)* dengan *Sweep Method*. Data meliputi lokasi pelanggan, koordinat geografis (X-Y), dan jumlah permintaan, yang diolah menggunakan Microsoft Excel melalui konversi koordinat ke bentuk polar dan proses *sweeping* sistematis. Penelitian ini berbeda dari studi sebelumnya karena mengintegrasikan data geografis aktual pelanggan di Bandung dengan *Sweep Method* yang mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan distribusi permintaan secara simultan, menghasilkan model rute realistis dan aplikatif untuk perusahaan logistik. Hasil penelitian menghasilkan empat rute optimal dengan total jarak 106,27 km dan kapasitas 510 unit per hari, membantu menekan biaya transportasi dan meningkatkan efisiensi distribusi secara keseluruhan.

Kata Kunci: Transportasi; Distribusi; *Vehicle Routing Problem*; *Sweep Method*; Optimasi Rute

1. PENDAHULUAN

Distribusi merupakan faktor penentu dalam keberhasilan pemasaran karena berperan sebagai jalur utama agar produk dapat mencapai konsumen. Pemilihan saluran distribusi yang efektif harus mempertimbangkan kondisi dan target perusahaan [1]. Kelancaran kegiatan pengiriman menuntut produsen untuk memperhatikan proses pendistribusian produk yang dihasilkan kepada konsumen. Produsen harus

menyusun rencana distribusi dengan tepat untuk mencapai tujuan tersebut, karena kesalahan dalam perencanaan dapat menyebabkan hasil yang tidak memuaskan.

Transportasi merupakan proses perpindahan barang atau penumpang dari satu tempat ke tempat lain, di mana produk dipindahkan ke lokasi tujuan sesuai kebutuhan. Menurut Bowersox [2], secara umum transportasi adalah kegiatan memindahkan sesuatu (barang dan/atau jasa) dari satu tempat ke tempat lain, baik dengan atau tanpa sarana. Permasalahan transportasi muncul ketika perusahaan harus menentukan cara pendistribusian yang paling efisien. Setiap perusahaan tentu menginginkan biaya transportasi seminimum mungkin, sehingga diperlukan strategi penyelesaian masalah yang tepat agar diperoleh solusi terbaik.

Transportasi dan distribusi merupakan dua komponen utama yang memengaruhi keunggulan kompetitif perusahaan. Penurunan biaya transportasi dapat meningkatkan keuntungan secara tidak langsung. Kedua komponen ini termasuk dalam aktivitas utama logistik. Transportasi memiliki peranan penting dalam penyaluran barang atau jasa; meskipun tidak menambah nilai barang secara langsung, transportasi menimbulkan biaya yang signifikan. Semakin lama waktu transportasi, semakin berat barang yang diangkut, dan semakin jauh jarak yang ditempuh, maka biaya transportasi akan semakin tinggi [3].

Penelitian ini dilakukan pada perusahaan yang bergerak di bidang jasa distribusi dan transportasi logistik yang berlokasi di Bandung. PT XYZ biasanya mengantarkan barang yang dipesan oleh para klien. Setiap harinya terdapat 12 titik pelanggan yang harus dikunjungi oleh fasilitator dari depot. PT XYZ mengasumsikan bahwa kapasitas kendaraan pengiriman hanya mampu mengangkut 175 unit barang, sementara setiap titik pelanggan memiliki permintaan tetap.

Berdasarkan hasil observasi awal, rute distribusi yang diterapkan PT XYZ saat ini belum terstruktur secara optimal dan cenderung mengikuti pola kebiasaan driver tanpa perhitungan jarak yang sistematis. Kondisi ini menyebabkan beberapa kendaraan harus melewati rute yang bersilangan atau berputar balik, sehingga menimbulkan pemborosan bahan bakar dan waktu operasional yang tidak efisien. Selain itu, pola rute yang tidak terstruktur menyebabkan beberapa kendaraan kembali ke depot dalam kondisi muatan tidak optimal, sementara permintaan pelanggan terus meningkat seiring perkembangan bisnis. Ketidakefisienan ini berdampak pada peningkatan biaya operasional dan penurunan daya saing perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan metode optimasi yang sistematis dan terukur untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan rute kendaraan yang harus dilalui PT XYZ dalam mengunjungi setiap titik pelanggan dari depot utama secara efisien serta menghitung total jarak yang ditempuh. Dengan hasil tersebut, PT XYZ dapat menentukan rute dengan jarak paling optimal untuk menekan biaya transportasi dan meningkatkan pelayanan kepada konsumen. Permasalahan dalam menentukan jalur terbaik bagi sarana transportasi untuk melayani banyak konsumen dikenal sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP). *Vehicle Routing Problem* (VRP) didefinisikan sebagai proses pencarian penggunaan kendaraan secara efisien untuk mengunjungi sejumlah lokasi guna mengantar dan/atau menjemput barang maupun penumpang. Istilah *customer* digunakan untuk menunjukkan titik pemberhentian dalam proses pengantaran atau penjemputan, dan setiap *customer* hanya dilayani oleh satu kendaraan.

Saat ini, PT XYZ telah memiliki metode untuk menentukan rute pendistribusian barang ke masing-masing klien di wilayah Bandung, namun rute yang digunakan dianggap belum optimal. Oleh karena itu, perusahaan berupaya membuat perencanaan rute baru agar jarak dan waktu pengiriman menjadi lebih efisien. Dengan demikian, pendekatan VRP diperlukan untuk menentukan rute pengiriman yang optimal sehingga dapat meningkatkan performa perusahaan. Penelitian ini berbeda dari studi sebelumnya karena menerapkan model *Vehicle Routing Problem* dengan *Sweep Method* secara langsung pada data geografis pelanggan aktual di wilayah Bandung. Pendekatan ini tidak hanya meminimalkan jarak tempuh, tetapi juga mempertimbangkan kapasitas kendaraan serta distribusi permintaan pelanggan, sehingga menghasilkan model rute yang lebih realistis dan efisien untuk diterapkan pada perusahaan jasa logistik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Distribusi

Distribusi merupakan aktivitas penting dalam sistem logistik yang bertujuan menyalurkan produk dari produsen hingga konsumen secara tepat waktu, jumlah, dan kondisi. Menurut [4] distribusi adalah proses

yang dilakukan oleh pemasar untuk mengalirkan produk dan barang yang mereka jual ke lokasi tertentu, yang merupakan target pasar, dengan tujuan menjaga ketersediaan. Distribusi yang efektif berperan dalam meningkatkan efisiensi rantai pasok serta memperkuat kepuasan pelanggan. Selain itu, menurut [1], pemilihan saluran distribusi yang sesuai harus mempertimbangkan kondisi perusahaan, karakteristik produk, serta target pasar agar proses penyaluran berjalan optimal.

2.2. Transportasi

Transportasi berperan sebagai penghubung utama antara produsen dan konsumen dalam sistem distribusi. Menurut [5] transportasi adalah perpindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya atau dari tempat asal ke tempat tujuan menggunakan sebuah wahana yang digerakan oleh manusia, hewan atau mesin. Efisiensi transportasi tidak hanya bergantung pada jenis moda yang digunakan, tetapi juga pada penentuan rute perjalanan yang tepat. Semakin jauh jarak tempuh dan semakin berat beban yang diangkut, maka biaya transportasi akan meningkat [3]. Oleh karena itu, perencanaan transportasi yang baik dapat menekan biaya dan mempercepat waktu pengiriman.

2.3. Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan salah satu model optimasi dalam logistik yang digunakan untuk menentukan rute kendaraan paling efisien dalam melayani sejumlah pelanggan dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan jarak tempuh. Menurut [6] VRP bertujuan meminimalkan total jarak perjalanan, waktu tempuh, atau biaya distribusi, dengan batasan bahwa setiap pelanggan hanya dilayani satu kali oleh satu kendaraan dan seluruh kendaraan harus kembali ke depot awal. VRP memiliki beberapa varian, seperti Capacitated VRP (CVRP), VRP with Time Windows (VRPTW), dan Multiple Depot VRP (MDVRP), yang disesuaikan dengan karakteristik sistem distribusi.

2.4. Sweep Method

Sweep Method adalah salah satu pendekatan heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah VRP dengan cara mengelompokkan pelanggan berdasarkan sudut polar terhadap depot pusat. Menurut Gillett dan Miller (1974) [7], metode ini dilakukan dengan mengonversi koordinat kartesius pelanggan menjadi koordinat polar, kemudian mengurutkannya berdasarkan nilai sudut (theta). Pelanggan dengan sudut berdekatan digabung menjadi satu rute hingga mencapai batas kapasitas kendaraan. Metode ini sederhana namun efektif untuk memperoleh solusi yang mendekati optimal dengan waktu komputasi yang cepat, terutama pada kasus distribusi dengan banyak pelanggan dalam satu wilayah geografis.

2.5. Perbandingan Metode Penyelesaian Vehicle Routing Problem

Selain *Sweep Method*, terdapat beberapa pendekatan lain yang sering digunakan dalam menyelesaikan masalah *Vehicle Routing Problem (VRP)*. *Saving Matrix Method* atau *Clarke and Wright Algorithm* merupakan metode heuristik yang menghitung penghematan jarak dengan menggabungkan rute-rute individual berdasarkan nilai *saving* terbesar [8]. Metode ini efektif untuk kasus dengan jumlah pelanggan sedang hingga besar, namun memerlukan perhitungan matriks jarak yang kompleks dan waktu komputasi yang lebih lama seiring bertambahnya jumlah pelanggan. *Genetic Algorithm (GA)* adalah pendekatan metaheuristik yang meniru proses evolusi biologis untuk mencari solusi optimal melalui mekanisme *selection*, *crossover*, dan *mutation* [9]. Meskipun *GA* dapat menghasilkan solusi yang sangat optimal dan mampu menghindari *local optimum*, metode ini memerlukan waktu komputasi yang lebih lama, pengaturan parameter yang rumit (ukuran populasi, probabilitas *crossover* dan *mutation*), serta keahlian teknis yang tinggi dalam implementasinya. *Ant Colony Optimization (ACO)* merupakan metode yang terinspirasi dari perilaku semut dalam mencari jalur terpendek menuju sumber makanan [10]. Metode ini cocok untuk masalah *VRP* berskala besar dan dinamis, namun membutuhkan iterasi yang banyak dan penyetelan parameter *pheromone* yang tepat agar konvergen ke solusi optimal. Dibandingkan dengan metode-metode tersebut, *Sweep Method* dipilih dalam penelitian ini karena beberapa keunggulan: (1) kesederhanaan dalam implementasi tanpa memerlukan pengaturan parameter kompleks, (2) waktu komputasi yang cepat dan efisien untuk skala 12 pelanggan, (3) kemampuan menghasilkan solusi yang mendekati optimal dengan tingkat akurasi yang memadai untuk kebutuhan operasional, (4) kemudahan pemahaman oleh praktisi lapangan sehingga memudahkan implementasi dan replikasi di PT XYZ, dan (5) kompatibilitas dengan Microsoft Excel yang sudah familiar bagi perusahaan. Metode ini sangat sesuai untuk kasus distribusi geografis dengan pola sebaran pelanggan yang relatif merata seperti yang dihadapi PT XYZ di wilayah Bandung.

2.6. Optimasi Rute Distribusi

Optimasi rute distribusi bertujuan mengatur perjalanan kendaraan agar jarak dan waktu tempuh menjadi minimal dengan tetap memenuhi seluruh permintaan pelanggan. Menurut Dantzig dan Ramser (1959) [11], optimasi rute pertama kali dikembangkan dalam konteks pengangkutan bahan bakar menggunakan VRP klasik. Saat ini, penerapan optimasi rute banyak dilakukan di sektor logistik dan transportasi untuk mengurangi biaya bahan bakar, meningkatkan utilisasi kendaraan, serta mempercepat layanan pengiriman kepada pelanggan. Penggunaan metode optimasi seperti Sweep Method membantu perusahaan menentukan rute distribusi yang efisien, realistis, dan sesuai dengan kondisi lapangan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan pendekatan deskriptif analitis. Objek penelitian adalah sistem distribusi di PT. XYZ. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara dengan pihak terkait. Data yang digunakan mencakup nama titik lokasi, koordinat geografis (X dan Y), serta jumlah permintaan dari setiap pelanggan.

Pemilihan Microsoft Excel sebagai alat analisis dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan strategis dan praktis. Pertama, kemudahan akses dan penggunaan bagi praktisi di perusahaan tanpa memerlukan pelatihan khusus *software* tertentu. Kedua, kemampuan pemrosesan data yang memadai untuk skala 12 pelanggan dengan fitur-fitur perhitungan matematis yang lengkap (fungsi ATAN2, DEGREE, RANK). Ketiga, ketersediaan fitur *Solver* untuk optimasi rute yang dapat menghitung jarak minimum secara otomatis. Keempat, kompatibilitas dengan sistem informasi yang telah ada di PT XYZ sehingga memudahkan integrasi data. Kelima, kemampuan visualisasi grafik untuk mempermudah pemahaman pola rute distribusi. Penggunaan Excel memungkinkan model ini dapat direplikasi, dimodifikasi, dan diaplikasikan oleh tim internal perusahaan tanpa memerlukan investasi perangkat lunak khusus atau ketergantungan pada tenaga ahli eksternal.

Analisis dilakukan menggunakan *Vehicle Routing Problem (VRP)* model *Sweep Method* dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel. Tahapan penelitian meliputi: (1) konversi koordinat X–Y menjadi koordinat polar, (2) pengurutan nilai sudut (theta) untuk menentukan urutan pelanggan, (3) pembentukan rute berdasarkan batas kapasitas kendaraan, dan (4) perhitungan jarak total menggunakan solver.

Penelitian ini memiliki beberapa batasan yang perlu dipahami dalam interpretasi hasil. Pertama, analisis hanya mempertimbangkan satu jenis kendaraan dengan kapasitas seragam sebesar 175 unit, sehingga tidak mengakomodasi variasi jenis atau ukuran kendaraan. Kedua, penelitian tidak memperhitungkan variabel dinamis seperti kondisi lalu lintas *real-time*, waktu pelayanan (*service time*) di setiap lokasi pelanggan, dan jendela waktu pengiriman (*time windows*). Ketiga, data yang digunakan merupakan data permintaan tetap harian tanpa mempertimbangkan fluktuasi musiman atau variasi permintaan mingguan/ bulanan. Keempat, penelitian difokuskan pada area distribusi wilayah Bandung dengan asumsi semua jalan dapat dilalui sepanjang waktu dan tidak ada kendala aksesibilitas. Kelima, perhitungan jarak menggunakan jarak Euclidean (garis lurus) yang merupakan pendekatan matematis, sehingga mungkin terdapat perbedaan dengan jarak tempuh aktual di lapangan yang mengikuti jaringan jalan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara dengan pihak PT XYZ. Data tersebut mencakup informasi mengenai titik pelanggan, koordinat geografis, serta jumlah permintaan barang dari setiap pelanggan. Informasi yang dikumpulkan berfungsi sebagai dasar untuk menentukan rute distribusi yang optimal berdasarkan kapasitas kendaraan dan sebaran lokasi pelanggan. Rincian data pelanggan disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Data Informasi Titik Pelanggan

Tabel Informasi Titik Pelanggan			
Nama Titik Lokasi	Lokasi Koordinat		Permintaan
	X	Y	
Depot	7	10	
A1	8	11	48

A2	12	5	56
A3	19	7	37
A4	4	2	23
A5	18	1	44
A6	6	20	59
A7	5	17	26
A8	3	2	53
A9	13	1	33
A10	1	3	36
A11	15	6	40
A12	2	14	55
Total Permintaan			510

Sumber: Data Primer Hasil Observasi Dan Wawancara PT XYZ (2023)

Dari Tabel 1 terlihat bahwa terdapat 12 titik pelanggan yang dilayani oleh PT XYZ dengan total permintaan sebesar 510 unit per hari. Setiap titik pelanggan memiliki koordinat geografis yang berbeda dan tingkat permintaan yang bervariasi, mulai dari 23 unit hingga 59 unit. Data tersebut menunjukkan adanya sebaran permintaan yang tidak merata, sehingga diperlukan strategi perencanaan rute yang efisien untuk memastikan seluruh pelanggan dapat dilayani sesuai kapasitas kendaraan yang tersedia. Informasi ini menjadi dasar dalam pembentukan rute kendaraan menggunakan pendekatan Vehicle Routing Problem (VRP) dengan Sweep Method, agar rute pengiriman dapat dioptimalkan berdasarkan jarak dan kapasitas angkut kendaraan.

Perhitungan tahap awal dilakukan dengan mengonversi koordinat titik pelanggan dari bentuk kartesian (X dan Y) menjadi koordinat polar. Proses konversi ini bertujuan untuk menentukan posisi sudut setiap pelanggan terhadap depot utama agar memudahkan pengelompokan rute pada tahap selanjutnya. Data hasil konversi nilai theta disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Nilai Theta Sebelum Disortir

VEHICLE CAPACITY		175			
DEPOT ID	X	Y	Initial Theta		
0	7	10	0		
CUST ID	X	Y	DEMAND	Theta	Theta Rank
1	8	11	48	45	1
2	12	5	56	315	9
3	19	7	37	345,963757	12
4	4	2	23	249,443955	7
5	18	1	44	320,710593	10
6	6	20	59	95,7105931	2
7	5	17	26	105,945396	3
8	3	2	53	243,434949	6
9	13	1	33	303,690068	8
10	1	3	36	229,398705	5
11	15	6	40	333,434949	11

Analisis Optimasi Rute Distribusi Barang Menggunakan Vehicle Routing Problem (VRP) Model Sweep Method Pada PT. Xyz (Anisa Nur Rohmah)

12	2	14	55	141,340192	4
----	---	----	----	------------	---

Sumber: Data Olahan Peneliti Menggunakan Microsoft Excel (2023)

Tabel 2 menunjukkan hasil konversi koordinat pelanggan menjadi nilai theta yang merepresentasikan posisi sudut terhadap depot utama. Nilai theta diperoleh menggunakan fungsi ATAN2 dan DEGREE pada Microsoft Excel untuk menghasilkan derajat kemiringan tiap titik pelanggan. Data ini digunakan sebagai dasar dalam proses *sweeping* untuk menentukan urutan pelanggan berdasarkan nilai sudut terkecil hingga terbesar pada tahap berikutnya.

Tahap berikutnya dalam proses *sweeping* adalah pengurutan nilai theta yang telah diperoleh dari hasil konversi koordinat polar. Pengurutan ini dilakukan untuk menentukan urutan pelanggan berdasarkan sudut terkecil hingga terbesar, sehingga setiap pelanggan dapat dikelompokkan secara sistematis sesuai posisi geografisnya terhadap depot utama. Data hasil pengurutan nilai theta secara berurutan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Nilai Theta Sesudah Disorti

SEQ	CUST ID	X	Y	DEMAND	VEHICLE ID	SEQ	CML LOAD	DISTANCE	KEY VHSQ	CUST ID
0	0	7	10	0	0	0	0	0	0-0	0
1	1	8	11	48	1	1	48	1,4142136	1-1	1
2	6	6	20	59	1	2	107	9,2195445	1-2	6
3	7	5	17	26	1	3	133	3,1622777	1-3	7
4	12	2	14	55	2	1	55	6,4031242	2-1	12
5	10	1	3	36	2	2	91	11,045361	2-2	10
6	8	3	2	53	2	3	144	2,236068	2-3	8
7	4	4	2	23	2	4	167	1	2-4	4
8	9	13	1	33	3	1	33	10,816654	3-1	9
9	2	12	5	56	3	2	89	4,1231056	3-2	2
10	5	18	1	44	3	3	133	7,2111026	3-3	5
11	11	15	6	40	3	4	173	5,8309519	3-4	11
12	3	19	7	37	4	1	37	12,369317	4-1	3

Sumber: Data Olahan Peneliti Menggunakan Microsoft Excel (2023)

Tabel 3 menunjukkan hasil penyortiran nilai theta dari masing-masing pelanggan berdasarkan urutan sudut polar terhadap depot utama. Proses pengurutan dilakukan dengan menggunakan fungsi RANK pada Microsoft Excel untuk memperoleh urutan nilai theta secara sistematis. Hasil ini digunakan sebagai acuan dalam pembentukan kelompok pelanggan yang memiliki arah geografis berdekatan, sebelum dilakukan pembagian rute kendaraan sesuai kapasitas angkut.

Tahap akhir analisis dilakukan dengan menentukan rute kendaraan berdasarkan hasil proses *sweeping* yang telah menghasilkan pengelompokan pelanggan sesuai kapasitas kendaraan. Setiap kelompok pelanggan kemudian dipetakan menjadi rute distribusi untuk menghitung jarak tempuh total dari depot menuju seluruh titik pelanggan dan kembali ke depot utama. Hasil perhitungan jarak dan rute distribusi kendaraan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Total Jarak dan Rute Terbaru

					Total Distance	106,271159
VEHICLE ID	SEQ	CUST ID	X	Y	DISTANCE	
1	0	0	7	10	0	
1	1	1	8	11	1,41421356	
1	3	7	5	17	6,70820393	
1	2	6	6	20	3,16227766	

1	0	0	7	10	10,0498756
2	0	0	7	10	0
2	4	4	4	2	8,54400375
2	3	8	3	2	1
2	2	10	1	3	2,23606798
2	1	12	2	14	11,045361
2	0	0	7	10	6,40312424
3	0	0	7	10	0
3	2	2	12	5	7,07106781
3	1	9	13	1	4,12310563
3	3	5	18	1	5
3	4	11	15	6	5,83095189
3	0	0	7	10	8,94427191
4	0	0	7	10	0
4	1	3	19	7	12,3693169
4	0	0	7	10	12,3693169

Sumber: Data Olahan Peneliti Menggunakan Microsoft Excel (2023)

4.1. Analisis Efisiensi dan Perbandingan dengan Kondisi Aktual

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan total jarak tempuh dan pembentukan rute optimal berdasarkan hasil penyortiran nilai theta. Dari hasil tersebut diperoleh empat rute distribusi yang paling efisien dengan total jarak tempuh sebesar 106,27 km untuk melayani 12 titik pelanggan dan mengirim 510 unit barang per hari.

Meskipun tidak tersedia data jarak aktual sebelum optimasi untuk perbandingan kuantitatif, observasi lapangan menunjukkan bahwa rute lama sering mengalami persilangan jalur dan putaran balik yang tidak perlu. Penggunaan *Sweep Method* mengeliminasi inefisiensi tersebut melalui pengelompokan pelanggan berdasarkan posisi sudut polar, sehingga setiap kendaraan mengikuti pola pergerakan searah tanpa bersilangan. Dengan asumsi konsumsi bahan bakar rata-rata 8 km/liter dan harga solar Rp 6.800/liter, total biaya bahan bakar per hari adalah $106,27 \text{ km} \div 8 \text{ km/liter} \times \text{Rp } 6.800 = \text{Rp } 90.355$ per hari atau Rp 2.710.650 per bulan (30 hari kerja). Efisiensi rute berdampak langsung pada penghematan biaya operasional dan pengurangan emisi gas buang kendaraan.

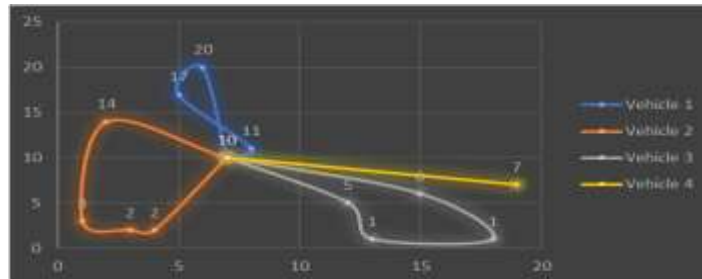
Pembagian empat rute dengan kapasitas masing-masing 133 unit (Rute 1), 167 unit (Rute 2), 173 unit (Rute 3), dan 37 unit (Rute 4) menunjukkan distribusi beban kerja yang cukup proporsional. Rute 3 dengan kapasitas 173 unit mendekati batas maksimum kendaraan (175 unit), menunjukkan utilisasi optimal sebesar 98,86%. Rute 1 dan 2 memiliki utilisasi masing-masing 76% dan 95,43%. Namun, Rute 4 hanya memuat 37 unit (21,14% utilisasi), yang mengindikasikan potensi untuk: (a) menggabungkan dengan pelanggan tambahan jika ada ekspansi bisnis, (b) menggunakan kendaraan berkapasitas lebih kecil untuk rute ini guna meningkatkan efisiensi biaya, atau (c) mengalokasikan sisa kapasitas untuk pengiriman ad-hoc atau urgent delivery.

Rute 1 melayani area utara depot (pelanggan A1, A6, A7) dengan pola pergerakan ke arah sudut kecil, total jarak 21,35 km. Rute 2 melayani area barat-selatan depot (A12, A10, A8, A4) dengan total jarak 29,23 km, merupakan rute terpanjang karena mencakup pelanggan terjauh dari depot. Rute 3 melayani area timur-tenggara depot (A9, A2, A5, A11) dengan total jarak 31,04 km. Rute 4 melayani pelanggan A3 yang berada di posisi paling timur dengan jarak 24,74 km, efektif sebagai rute dedicated untuk area tersebut. Pola distribusi ini menunjukkan bahwa *Sweep Method* berhasil mengelompokkan pelanggan berdasarkan

kedekatan geografis, mengurangi *backtracking* dan *crossover* antar rute, sehingga waktu tempuh menjadi lebih predictable dan efisien.

4.2. Visualisasi Rute Distribusi

Visualisasi hasil pengolahan data dilakukan untuk menggambarkan distribusi titik pelanggan dan jalur yang ditempuh kendaraan dalam proses pengiriman barang ditunjukkan pada Gambar 1. Grafik Rute Transportasi



Gambar 1. Grafik Rute Transportasi

Sumber: Data Olahan Peneliti Menggunakan Microsoft Excel (2023)

Gambar 1 memperlihatkan sebaran pelanggan yang membentuk kelompok berdasarkan kedekatan lokasi terhadap depot utama. Pola rute sebelum optimasi tampak tidak beraturan dan berpotensi menyebabkan jarak tempuh lebih panjang. Setelah proses optimasi menggunakan *Solver*, rute kendaraan menjadi lebih teratur dan efisien, sehingga total jarak perjalanan dapat diminimalkan serta waktu pengiriman menjadi lebih singkat.

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan metode optimasi yang digunakan untuk menentukan rute kendaraan paling efisien dari satu depot menuju beberapa pelanggan yang tersebar secara geografis. Model ini menggambarkan sejumlah kendaraan dengan kapasitas yang sama yang berangkat dari depot utama untuk melayani pelanggan di berbagai lokasi. Tujuan utama VRP adalah meminimalkan total jarak tempuh kendaraan dengan memperhatikan batasan kapasitas dan waktu perjalanan agar distribusi berjalan efektif.

Model VRP memiliki beberapa batasan penting dalam penerapannya. Setiap pelanggan hanya dilayani satu kali oleh satu kendaraan, dan seluruh kendaraan wajib berangkat serta kembali ke depot utama setelah rute selesai. Jumlah permintaan pelanggan pada setiap rute tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan agar efisiensi waktu dan jarak tetap terjaga.

Permasalahan distribusi yang dihadapi oleh PT XYZ dapat diselesaikan dengan penerapan metode VRP menggunakan pendekatan Sweep Method. Perhitungan dilakukan dengan mengonversi koordinat X-Y menjadi koordinat polar, kemudian menyortir nilai theta secara berurutan untuk mengelompokkan pelanggan berdasarkan posisi sudut terhadap depot utama. Hasil pengelompokan tersebut dibagi menjadi beberapa rute sesuai kapasitas kendaraan, lalu diselesaikan menggunakan fitur *Solver* pada Microsoft Excel untuk memperoleh hasil rute optimal.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa PT XYZ memiliki empat rute distribusi dengan total jarak tempuh sebesar 106,27 km. Setiap rute memiliki kapasitas yang berbeda, yaitu 133 unit, 167 unit, 173 unit, dan 37 unit, dengan total keseluruhan 510 unit per hari yang dikirim kepada pelanggan. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan Sweep Method mampu menghasilkan rute pengiriman yang efisien, menekan biaya transportasi, serta meningkatkan efektivitas operasional perusahaan.

4.3. Strategi Implementasi di PT XYZ

Penerapan model rute optimal hasil penelitian ini di PT XYZ dapat dilakukan melalui tahapan strategis berikut:

Fase 1:

- Persiapan dan Sosialisasi (Minggu 1-2)
- Sosialisasi hasil penelitian kepada manajemen dan tim operasional untuk mendapatkan dukungan implementasi - Pelatihan driver dan dispatcher dalam memahami pola rute baru menggunakan peta visual dan daftar urutan kunjungan pelanggan

- c. Penyiapan template Excel yang user-friendly untuk pembaruan data koordinat dan perhitungan otomatis jika ada perubahan pelanggan

Fase 2:

- a. Implementasi Uji Coba (Minggu 3-4)
- b. Pelaksanaan uji coba rute baru selama 2 minggu dengan monitoring ketat terhadap waktu tempuh aktual, konsumsi bahan bakar, dan feedback driver
- c. Perbandingan kinerja rute baru vs rute lama menggunakan indikator: total jarak, waktu pengiriman, biaya bahan bakar, dan kepuasan pelanggan (ketepatan waktu)
- d. Penyesuaian minor jika ditemukan kendala di lapangan (misalnya jalan yang tidak dapat dilalui, waktu pelayanan lebih lama)

Fase 3:

- a. Implementasi Penuh dan Monitoring (Bulan 2 dst)
- b. Penerapan penuh keempat rute optimal untuk operasional harian
- c. Pembaruan database koordinat pelanggan secara berkala (bulanan) untuk mengakomodasi pelanggan baru atau perubahan lokasi - Monitoring dan evaluasi berkala (bulanan) menggunakan dashboard sederhana di Excel: perbandingan target vs aktual jarak tempuh, efisiensi biaya, on-time delivery rate - Dokumentasi best practices dan lessons learned untuk continuous improvement

Fase 4:

- a. Pengembangan Lanjutan (Bulan 3-6)
- b. Integrasi dengan sistem GPS tracking untuk monitoring real-time posisi kendaraan
- c. Pengembangan sistem informasi berbasis web/mobile untuk dispatcher agar dapat mengalokasikan rute secara dinamis
- d. Evaluasi kemungkinan penerapan metode optimasi lanjutan (GA, ACO) jika skala pelanggan bertambah signifikan (>25 pelanggan)

Antisipasi Tantangan Implementasi: Beberapa tantangan yang mungkin muncul dalam implementasi antara lain: (a) resistensi driver terhadap perubahan rute yang sudah familiar, dapat diatasi dengan komunikasi intensif dan insentif kinerja; (b) ketidaksesuaian jarak teoritis vs aktual karena faktor lalu lintas, dapat dimitigasi dengan buffer waktu 15-20%; (c) perubahan permintaan pelanggan yang fluktuatif, memerlukan fleksibilitas dalam re-alokasi rute mingguan; (d) keterbatasan kapasitas kendaraan saat ada lonjakan permintaan, dapat diantisipasi dengan sistem backup kendaraan atau split delivery untuk pelanggan tertentu.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan metode Vehicle Routing Problem (VRP) model Sweep Method pada PT XYZ berhasil menghasilkan empat rute distribusi yang efisien dan terstruktur dengan total jarak tempuh 106,27 km untuk melayani 12 titik pelanggan dan mengirim 510 unit barang per hari. Metode ini menghasilkan utilisasi kapasitas kendaraan yang optimal, dengan Rute 3 mencapai efisiensi 98,86% (173 dari 175 unit). Hasil optimasi menunjukkan beberapa keunggulan signifikan: (1) eliminasi rute bersilangan dan putaran balik yang sebelumnya terjadi pada pola distribusi ad-hoc, (2) pengelompokan pelanggan berdasarkan kedekatan geografis menggunakan konversi koordinat polar, menghasilkan pola pergerakan kendaraan yang lebih sistematis, (3) estimasi biaya bahan bakar sebesar Rp 90.355 per hari atau Rp 2,71 juta per bulan dengan asumsi konsumsi 8 km/liter dan harga solar Rp 6.800/liter, memberikan dasar perhitungan budgeting yang akurat, dan (4) kemudahan implementasi menggunakan Microsoft Excel yang familiar bagi praktisi tanpa memerlukan investasi software khusus. Penerapan model ini membantu PT XYZ: menekan biaya operasional transportasi melalui efisiensi jarak dan utilisasi kendaraan, meningkatkan ketepatan waktu pengiriman dengan rute yang lebih predictable, memperkuat daya saing perusahaan melalui reliability layanan, serta menyediakan framework yang dapat direplikasi untuk ekspansi wilayah distribusi lain. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan aplikasi praktis metode optimasi VRP di industri logistik Indonesia, khususnya untuk perusahaan skala menengah yang membutuhkan solusi efisien namun tidak kompleks. Penerapan VRP model Sweep Method juga membantu perusahaan mengoptimalkan penggunaan kendaraan sehingga proses distribusi menjadi lebih teratur dan hemat waktu.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ada, terdapat beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut:

Untuk PT XYZ (Saran Praktis):

1. Implementasikan rute optimal hasil penelitian secara bertahap dengan periode uji coba 2-4 minggu untuk evaluasi kesesuaian di lapangan
2. Integrasikan sistem GPS tracking untuk monitoring real-time dan validasi jarak tempuh aktual vs teoritis sebagai dasar continuous improvement
3. Kembangkan dashboard monitoring sederhana di Excel untuk memantau Key Performance Indicators (KPIs): jarak tempuh harian, biaya bahan bakar, on-time delivery rate, dan utilisasi kapasitas kendaraan
4. Pertimbangkan penggunaan kendaraan berkapasitas lebih kecil untuk Rute 4 (37 unit) guna meningkatkan efisiensi biaya operasional
5. Lakukan pembaruan database koordinat pelanggan secara berkala (bulanan) untuk mengakomodasi perubahan atau penambahan pelanggan baru

Untuk Penelitian Selanjutnya (Saran Akademis):

1. Integrasikan variabel waktu pelayanan (service time) dan jendela waktu pengiriman (time windows) untuk menghasilkan model Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) yang lebih realistis sesuai kondisi operasional lapangan
2. Incorporasikan data kondisi lalu lintas real-time menggunakan API Google Maps atau Waze untuk perhitungan jarak aktual berbasis jaringan jalan (network distance), menggantikan pendekatan jarak Euclidean
3. Lakukan analisis sensitivitas terhadap variasi kapasitas kendaraan (heterogeneous fleet) untuk mengevaluasi trade-off antara biaya investasi kendaraan dan efisiensi operasional
4. Implementasikan dan bandingkan performa Sweep Method dengan metode optimasi lanjutan seperti Genetic Algorithm (GA), Ant Colony Optimization (ACO), atau Simulated Annealing (SA) menggunakan metrik perbandingan: kualitas solusi (total jarak), waktu komputasi, dan kemudahan implementasi
5. Kembangkan model Dynamic VRP yang dapat mengakomodasi perubahan permintaan pelanggan secara real-time atau penambahan order urgent selama operasional berlangsung
6. Eksplorasi penerapan machine learning untuk prediksi permintaan pelanggan dan optimasi rute proaktif berbasis historical data
7. Perluasan penelitian ke skala yang lebih besar (>50 pelanggan) dan multi-depot untuk menguji robustness dan scalability metode yang digunakan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Ramdani, Y. Nurendah, and S. Sulistiono, "Implementasi Saluran Distribusi Pada PT Surya Donasin," *J. Apl. Bisnis Kesatuan*, vol. 4, no. 1, pp. 193–204, 2024, doi: 10.37641/jabkes.v4i1.2110.
- [2] G. P. Purap, "Institut Teknologi Nasional," *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, vol. 3, no. April, pp. 49–58, 2021.
- [3] W. T. Jhon Kevin Christofel, Budi Sumartono, Hari Moektiwibowo, "Analisis Biaya Pengiriman Yang Optimal Untuk Memenuhi Permintaan Produk Di Gudang Sto Cawang Menggunakan Metode Transportasi," *J. Tek.*, vol. 13, no. 1, pp. 40–51, 2024, doi: 10.35968/jtin.v13i1.1214.
- [4] Ni Nyoman Juli Nuryani & Desi Handayani, "The Effect of Store Image, Discount Prices and Distribution Channels on Sales Volume At UD Pande Kertiasih In Sawan Village, Sawan District," *Manag. Stud. Entrep. Journal*, 3(4), 1953–1960, 2022, [Online]. Available: [%0D](http://journal.yrpiiku.com/index.php/msej)
- [5] M. Karim, H. A., Lis Lesmini, S. H., Sunarta, D. A., Sh, M. E., Suparman, A., Si, S., ... & Bus, *Manajemen transportasi*. 2023. [Online]. Available: Cendikia Mulia Mandiri
- [6] T. dan Vigo, *Vehicle Routing Problem*. 2025. [Online]. Available: <https://dokumen.live/reviews/s4DB8E/245413/4980871-vehicle-routing-problem-toth-vigo>
- [7] M. W. Musthofa, "PENERAPAN METODE SWEEP PADA MASALAH PERMAINAN DINAMIS LINEAR KUADRATIK SISTEM DESKRIPTOR," vol. X, no. 2, pp. 152–164, 2014.
- [8] J. W. Clarke, G., & Wright, "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points," *Oper. Res.*, vol. 14, p. 4, 1964, doi: <https://doi.org/10.1287/opre.12.4.568>.
- [9] H. Nazif and L. Soon, "Optimised crossover genetic algorithm for capacitated vehicle routing

- problem,” *Appl. Math. Model.*, vol. 36, no. 5, pp. 2110–2117, 2012, doi: 10.1016/j.apm.2011.08.010.
- [10] T. Dorigo, M., & Stützle, *Ant Colony Optimization: Overview and Recent Advances*. Springer, Cham: In Handbook of metaheuristics, 2019. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91086-4_10.
- [11] G. B. Prayoga, “Optimasi Vehicle Routing Problem (VRP) Sampah Kota Pekanbaru Zona 1 Menggunakan Penerapan Hibridisasi Metode Algoritma Nearest Neighbor dan Simulated Annealing,” *Progr. Stud. Tek. Ind. Fak. Sains dan Teknol. Univ. Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau*, 2020.