



# How Can Product Delivery Efficiency Be Improved? A Comparative Study Between the Shortest Path Method and Vehicle Routing Problem with Pool Clustering Implementation in Kukami Delivery Subang

Muhammad Ridlan Akbar<sup>1</sup>, Didit Damur Rochman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magister Program in Management Science, Widyatama University, Indonesia

<sup>2</sup>Department of Management Science, Widyatama University, Indonesia

Email: [ridlan@stiesa.ac.id](mailto:ridlan@stiesa.ac.id)

## INFO ARTIKEL

### Histori Artikel :

Tgl. Masuk : 02-22-2024

Tgl. Diterima : 07-12-2024

Tersedia Online : 30-03-2025

### Keywords:

*Efisiensi Operasional, Shortest Path Method, Vehicle Routing Problem (VRP), Pool Clustering, Pengiriman Produk, Akuntansi Manajemen*

## ABSTRACT

*Due to the volume of orders and network complexity, KUKAMI Delivery faces high operational costs and suboptimal routing using the Shortest Path Method. This method often results in inefficient routes in terms of distance because the starting points could be more optimal. Therefore, a more practical approach is needed to improve route efficiency.*

*This study compares two route optimization methods: the Shortest Path Method and the Vehicle Routing Problem (VRP) with the Saving Matrix approach and Pool Clustering. The latter technique groups partners or suppliers within specific areas, facilitating more efficient rider assignments.*

*The results of this study are significant for KUKAMI Delivery. They show that the Shortest Path Method can improve distance and operational costs by 8.54% for inter-cluster and cross-cluster routes. However, applying the VRP with the Saving Matrix Method and Pool Clustering can further enhance distance and operational efficiency by 3.36% compared to the Shortest Path Method. These findings provide valuable insights for enhancing KUKAMI Delivery's operations better to meet the growing demand in the local delivery industry.*

## PENDAHULUAN

Industri pengiriman di Indonesia telah mengalami pertumbuhan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, terutama seiring dengan pesatnya perkembangan *e-commerce*. Dengan semakin banyaknya platform *e-commerce* yang beroperasi, mayoritas pengiriman saat ini didominasi oleh paket kecil yang sering kali terkait dengan pesanan dari berbagai segmen, termasuk online retail, marketplace, dan sistem pembayaran. Pertumbuhan ini tidak hanya menciptakan peluang bisnis yang luas, tetapi juga menimbulkan tantangan besar dalam hal pengelolaan logistik yang efisien dan handal.

Kebutuhan akan infrastruktur logistik yang mampu mendukung pengiriman yang semakin meningkat menjadi sangat penting. Dalam konteks ini, efisiensi pengiriman produk menjadi salah satu faktor kunci yang dapat menentukan keberhasilan suatu usaha, terutama bagi Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) seperti KUKAMI Delivery di Kabupaten Subang. KUKAMI Delivery, yang menawarkan layanan antar penumpang, barang, dan produk belanja, harus mampu mengelola sumber daya dan operasionalnya dengan baik untuk memenuhi ekspektasi pelanggan yang terus berkembang.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi pengiriman produk

dengan membandingkan dua metode, yaitu *Shortest Path Method* dan *Vehicle Routing Problem*, serta menerapkan *Pool Clustering* dalam konteks KUKAMI Delivery. Dengan melakukan analisis terhadap 18.609 transaksi yang terjadi, diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan yang berharga bagi pengelolaan logistik dan pengiriman di era digital ini, serta memberikan rekomendasi yang dapat meningkatkan kinerja operasional KUKAMI Delivery.

## KERANGKA TEORITIS DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

### Optimasi Rute Pengiriman

Optimasi rute pengiriman adalah proses yang bertujuan untuk menentukan jalur pengiriman yang paling efisien, sehingga dapat mengurangi biaya dan waktu perjalanan. Menurut penelitian terbaru, optimasi rute pengiriman sangat penting dalam konteks *e-commerce*, di mana efisiensi dalam pengiriman barang dapat berdampak langsung pada kepuasan pelanggan dan keberhasilan bisnis (Husni et al., 2023).

Beberapa metode yang digunakan untuk memecahkan masalah optimasi rute pengiriman meliputi algoritma genetika, algoritma ant colony optimization, dan algoritma generate and test. Tujuan utama dari optimasi rute pengiriman adalah untuk mengurangi jarak tempuh total, biaya pengiriman, dan meningkatkan tingkat pelayanan.

### Shortest Path Method; Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra merupakan salah satu algoritma yang efektif dalam memberikan lintasan terpendek dari suatu lokasi ke lokasi yang lainnya. Prinsip dari algoritma Dijkstra adalah mencari titik lokasi dengan pencarian dua lintasan yang paling pendek. Pada setiap iterasi, jarak titik yang diketahui (dari titik awal) diperbaharui bila ternyata didapat titik yang baru yang memberikan jarak terpendek. Syarat algoritma ini adalah bobot sisinya yang harus non-negatif. (Satyananda, 2012:46).

Sebelum melakukan langkah penyelesaian dengan Algoritma Dijkstra, penting untuk mengetahui jarak antar titik.

Salah satu metode yang dapat digunakan adalah rumus Haversine. Formula tersebut digunakan untuk menentukan jarak antara dua titik di permukaan bumi. Dalam metode ini, variabel yang digunakan adalah garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*), dengan asumsi bahwa bumi berbentuk bulat sempurna.

Formula Haversine menghitung jarak lingkaran besar antara dua titik pada permukaan bola (bumi) berdasarkan koordinat lintang dan bujur, dengan asumsi jari-jari bumi adalah 6.367,45 km. Posisi kedua titik tersebut dinyatakan dengan koordinat lintang dan bujur masing-masing, yaitu  $long_1$ ,  $lat_1$ , dan  $long_2$ ,  $lat_2$ .

Rumus Haversine dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$x = (long_2 - long_1) * \cos \frac{(lat_2 + lat_1)}{2}$$

$$y = (lat_2 - lat_1)$$

$$D = \sqrt{x * x + y * y} * R \dots \dots \dots (1)$$

Dimana,

$x$  = *Latitude*/ Lintang

$Y$  = *Longitude*/Bujur

$D$  = Jarak

$R$  = Radius Bumi (6371 km)

Selain itu, perhitungan jarak dapat dipermudah dengan menggunakan kalkulator jarak online yang tersedia, seperti di situs web [www.latlongdata.com](http://www.latlongdata.com). Alat ini memungkinkan perhitungan jarak antara dua titik berdasarkan koordinat lintang dan bujur secara cepat dan akurat, tanpa perlu perhitungan manual.

### Vehicle Routing Problem

Dalam buku *The Vehicle Routing Problem* karya Toth dan Vigo (2002), *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah masalah optimasi kombinatorial yang berkaitan dengan pencarian rute optimal untuk armada kendaraan dalam melayani setiap pelanggan, dengan memperhitungkan beberapa kendala seperti kapasitas kendaraan, batasan waktu, dan jarak. Masalah ini telah mendapatkan banyak perhatian dalam bidang ilmu pengetahuan, dan beberapa varian masalah VRP telah dirumuskan dan diuji. *VRP capacitated* adalah varian yang

paling sederhana dan paling sering diuji, sementara varian lainnya seperti VRP dengan batasan jarak, VRP dengan waktu jangka, VRP dengan *backhauls*, dan VRP dengan *pick up dan delivery* (VRPPD) juga telah dikembangkan.

Berbagai model dan algoritma telah dirancang untuk menyelesaikan masalah VRP, termasuk model kendaraan, model komoditas, dan model pembagian set. Masalah VRP memiliki aplikasi praktis dalam berbagai bidang, termasuk transportasi, logistik, dan manajemen rantai pasokan (Toth & Vigo, 2002).

Tujuan metode *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah untuk menemukan rute perjalanan yang paling efisien untuk sekelompok kendaraan yang harus melayani sejumlah lokasi tertentu. Hal ini melibatkan optimasi penggunaan sumber daya, seperti waktu dan bahan bakar, serta meminimalkan biaya operasional. Metode VRP bertujuan untuk mengatasi kendala-kendala seperti kapasitas kendaraan, batasan jarak, dan batasan waktu, sambil memastikan semua lokasi terlayani (Toth & Vigo, 2002).

Sebelum menentukan rute, perhitungan jarak pada metode *Vehicle Routing Problem* (VRP) juga dapat menggunakan formula Haversine. Formula Haversine digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik di permukaan bumi berdasarkan koordinat lintang dan bujur.

### **Capacitated VRP**

*VRP Capacitated* (CVRP) adalah varian paling umum yang dikaji dari *Vehicle Routing Problem* (VRP). Dalam CVRP, setiap pelanggan mewakili pengiriman dan permintaan yang diketahui sebelumnya, tidak dapat dibagi, dan bersifat deterministik. Kendaraan seragam dan berbasis di satu depot pusat, dengan satu-satunya batasan pada kapasitas kendaraan. Tujuan utamanya adalah meminimalkan biaya total, yang merupakan fungsi dari jumlah rute dan panjang atau waktu perjalanan, untuk memenuhi semua permintaan pelanggan.

Dalam CVRP, setiap pelanggan memiliki permintaan pengiriman yang diketahui sebelumnya, dan rute perjalanan yang direncanakan harus memastikan

kapasitas kendaraan tidak melebihi batasannya. Pencarian rute perjalanan yang paling efisien untuk mengantarkan pesanan ke sejumlah lokasi pelanggan menjadi inti dari CVRP.

Dalam berbagai aplikasinya di industri logistik, pengiriman, dan layanan jasa, CVRP memberikan kontribusi dalam upaya mengurangi biaya total melalui perencanaan rute yang efisien.

### **VRP with Pick-Up and Delivery**

*Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery* (VRPPD) merupakan varian dari *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang memperhitungkan kebutuhan pelanggan untuk penjemputan dan pengiriman. Dalam VRPPD, setiap pelanggan memiliki jendela waktu, yaitu rentang waktu di mana kendaraan harus tiba di lokasi pelanggan. Selain itu, kendaraan memiliki batasan kapasitas dan waktu tempuh untuk setiap rute. Tujuan dari VRPPD adalah menemukan rute paling efisien untuk mengantarkan pesanan ke beberapa lokasi pelanggan, dengan memperhitungkan batasan waktu, kapasitas kendaraan, dan jendela waktu pelanggan (Zakaria, 2014).

VRPPD termasuk dalam masalah optimasi kombinatorial yang dikategorikan sebagai NP-sulit (NP-hard). Ini berarti tidak ada algoritma yang diketahui dapat menyelesaikan masalah ini dalam waktu polinomial untuk semua kasus. Toth dan Vigo (2002) menjelaskan bahwa VRPPD memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi dalam perencanaan rute kendaraan, yang membuat penyelesaiannya sulit dilakukan dalam waktu polinomial. Ribeiro dan de Carvalho (2005) juga menegaskan bahwa VRPPD termasuk dalam kategori NP-sulit, menunjukkan bahwa tidak ada algoritma efisien yang dapat menyelesaikan masalah ini secara umum.

### **Open Vehicle Routing Problem**

*Open Vehicle Routing Problem* (OVRP) adalah varian dari *Vehicle Routing Problem* (VRP), yang merupakan masalah optimasi rute dalam bidang logistik dan transportasi.

OVRP bertujuan untuk menentukan rute optimal untuk setiap kendaraan yang beroperasi dari gudang (depot) ke pelanggan, dengan mempertimbangkan

biaya, jarak, dan waktu. Namun, pada OVRP, kendaraan tidak diperlukan untuk kembali ke gudang (depot) setelah selesai melakukan pengiriman. Menurut Patel (2023), "OVRP adalah masalah yang bertujuan untuk menentukan rute optimal untuk setiap kendaraan yang beroperasi dari gudang ke pelanggan, dengan mempertimbangkan biaya, jarak, dan waktu".

### **Open Vehicle Routing Problem with Pick Up and Delivery**

*Open Vehicle Routing Problem with Pick Up and Delivery* (OVRP-PD) adalah jenis masalah optimasi rute yang memerlukan kendaraan untuk mengambil (*Pick Up*) barang dari beberapa titik awal dan mengirimkannya (*delivery*) ke lokasi tujuan, dengan memperhatikan urutan tugas yang ditetapkan.

Karakteristik utama dari OVRP-PD adalah bahwa kendaraan tidak perlu kembali ke depot setelah menyelesaikan semua tugas, yang memungkinkan fleksibilitas dalam perencanaan rute untuk meminimalkan jarak total atau waktu perjalanan. Masalah ini penting dalam industri logistik dan distribusi untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya transportasi dengan cara yang efektif dan ekonomis.

### **Saving Matrix Method**

Metode *Saving Matrix* adalah algoritma yang digunakan untuk menentukan rute distribusi produk dengan meminimalkan jarak atau waktu transportasi. Algoritma ini memberikan solusi yang efisien dalam perancangan rute, terutama pada masalah *Vehicle Routing Problem* (VRP), dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti waktu pengiriman dan kapasitas kendaraan (Toth & Vigo, 2002).

Keunggulan metode *saving matrix* terletak pada kemudahannya untuk dimodifikasi jika terdapat batasan seperti waktu pengiriman, kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan, atau batasan lainnya, sehingga mampu memberikan solusi yang lebih baik dalam menyelesaikan penjadwalan pengiriman secara praktis dan

cepat (Yunarti, 2013, dalam Evelyn et al., 2015).

Metode *Saving Matrix* digunakan untuk menyelesaikan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan cara yang sistematis. Langkah pertama adalah identifikasi titik dan jarak, di mana semua titik pelanggan yang perlu dikunjungi ditentukan dan jarak antara semua pasangan titik, termasuk jarak dari dan ke depot, dihitung.

Langkah selanjutnya adalah hitungan nilai saving, menggunakan rumus:

$$S_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij} \quad \dots\dots\dots(2)$$

di mana  $d_{0i}$  adalah jarak dari depot ke titik  $i$ ,  $d_{0j}$  adalah jarak dari depot ke titik  $j$ , dan  $d_{ij}$  adalah jarak langsung antara titik  $i$  dan  $j$ . Nilai  $S_{ij}$  menunjukkan penghematan yang diperoleh dari menggabungkan rute ke titik  $i$  dan  $j$  dibandingkan dengan melakukan perjalanan langsung ke depot.

Setelah mengetahui jarak antar titik dan membuat matrix saving, langkah-langkah berikutnya adalah:

1. Urutkan nilai saving.  
Setelah perhitungan selesai, urutkan nilai-nilai saving dari yang terbesar ke yang terkecil.
2. Buat rute awal  
Mulai dengan rute-rute individu yang menghubungkan depot ke setiap titik pelanggan. Pastikan setiap pelanggan hanya dikunjungi sekali dan setiap rute dimulai serta diakhiri di depot.
3. Gabungkan rute  
Gabungkan rute berdasarkan nilai saving yang telah diurutkan, dimulai dari nilai terbesar. Pastikan bahwa penggabungan tidak melanggar batas kapasitas kendaraan dan tidak membentuk siklus yang tidak diinginkan.
4. Periksa batasan kapasitas  
Verifikasi bahwa rute yang digabungkan mematuhi batas kapasitas kendaraan. Sesuaikan rute jika diperlukan untuk menghindari pelanggaran kapasitas.
5. Sesuaikan rute  
Pastikan semua titik pelanggan dikunjungi sekali dan semua batasan

terpenuhi. Lakukan penyesuaian pada rute jika diperlukan.

#### 6. Optimasi dan validasi

Lakukan optimasi tambahan untuk meningkatkan efisiensi rute dan pastikan bahwa solusi akhir memenuhi semua kriteria dan batasan yang ditetapkan.

### K - Means Clustering

K-Means *Clustering* merupakan metode analisis *cluster* yang bertujuan untuk membagi objek menjadi *k-cluster* kemudian mengamati dimana setiap objek *cluster* diperoleh *mean* terdekat. Algoritma ini adalah salah satu algoritma sederhana yang terkenal dan mudah dipelajari sebagai cara untuk memecahkan masalah pengelompokan kumpulan data. Algoritma K-Means merupakan algoritma evolusioner yang mode operasinya memiliki arti yang sama dengan nama algoritmanya.

Algoritma ini mengelompokkan observasi ke dalam *k* grup, di mana *k* adalah parameter input. Kemudian, setiap tingkat data ditugaskan untuk setiap pengamatan *cluster* berdasarkan seberapa dekat pengamatan dengan rata-rata *cluster*. Rata-rata dalam *cluster* kemudian dihitung beberapa kali selama proses awal (Kamila, Khairunnisa and Mustakim, 2019).

### Centre of Gravity

*Centre of Gravity* (CG) adalah titik di mana massa suatu benda atau sistem dianggap seimbang. Dalam penentuan lokasi, CG berfungsi sebagai referensi untuk menentukan posisi benda atau sistem dalam ruang tiga dimensi (Khan, 2019). Menurut Khan (n.d.), CG adalah "titik di mana benda memiliki massa yang seimbang, sehingga dapat bergerak secara stabil jika diletakkan di atasnya.

CG memiliki peranan penting dalam berbagai aplikasi, seperti desain struktur, analisis dinamika, dan simulasi pergerakan benda. Dengan mengetahui lokasi CG, perilaku benda dapat diprediksi dan dioptimalkan. Oleh karena itu, memahami dan mengontrol posisi CG sangat penting dalam berbagai situasi untuk memastikan stabilitas dan efisiensi pergerakan benda.

Untuk menghitung *Centre of Gravity* (CG) atau dapat juga disebut dengan Titik Berat adalah dengan rumus sebagai berikut:

$$X_1 = \frac{X_1A_1 + X_2A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

Diketahui, X = *Latitude* dan A = Bobot

$$Y_1 = \frac{Y_1A_1 + Y_2A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots} \dots\dots\dots(3)$$

Diketahui, Y = *Longitude* dan A = Bobot dimana X<sub>1</sub> dan Y<sub>1</sub> adalah koordinat titik massa dan adalah berat titik massa pada himpunan titik - titik koordinat.

### Akuntansi Manajemen Biaya dalam Pengambilan Keputusan

Akuntansi manajemen biaya berperan penting dalam meningkatkan pengambilan keputusan dengan menyediakan informasi yang akurat, relevan, dan tepat waktu. Dalam aplikasi seperti metode jalur terpendek (*Shortest Path Method*) dan *Vehicle Routing Problem* (VRP), data biaya menjadi elemen penting untuk menentukan solusi optimal yang dapat meminimalkan biaya operasional sekaligus memaksimalkan efisiensi.

Dengan berfokus pada biaya relevan—biaya yang secara langsung terpengaruh oleh sebuah keputusan—manajer dapat mengabaikan data yang tidak relevan, sehingga mengurangi kompleksitas dan meningkatkan proses pengambilan keputusan. Dalam logistik, pemahaman tentang biaya variabel seperti bahan bakar, tenaga kerja, dan perawatan, bersama dengan biaya tetap, membantu organisasi merancang rute dan jadwal yang hemat biaya, memastikan alokasi sumber daya sesuai dengan tujuan bisnis.

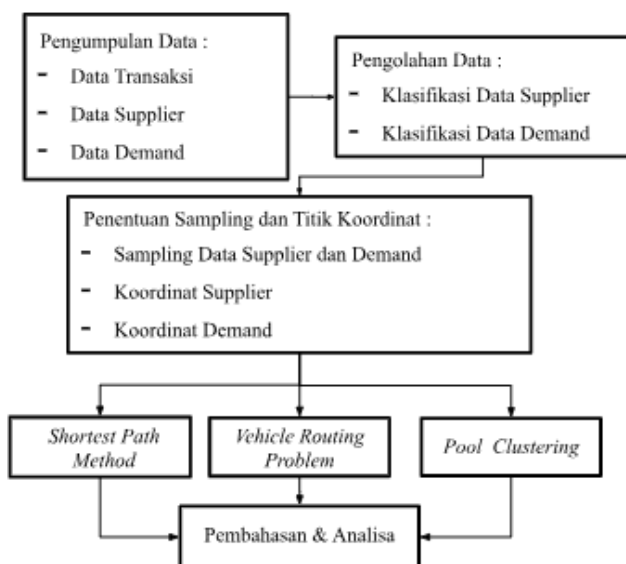
### Aplikasi pada Shortest Path Method dan Vehicle Routing Problem

Ketika diterapkan pada metode jalur terpendek dan VRP, akuntansi manajemen biaya memastikan bahwa pengambil keputusan mempertimbangkan variabel yang paling berdampak, seperti jarak perjalanan, waktu, dan biaya terkait. Informasi relevan yang disediakan oleh sistem akuntansi biaya dapat memandu

perhitungan algoritmis dalam memilih rute optimal yang mengurangi total biaya.

Sebagai contoh, menganalisis biaya per-kilometer serta mempertimbangkan kendala seperti kapasitas kendaraan atau jendela waktu pengiriman memungkinkan solusi yang disesuaikan dengan kebutuhan operasional tertentu. Mengintegrasikan akuntansi manajemen biaya ke dalam metode ini tidak hanya membantu optimalisasi finansial tetapi juga meningkatkan perencanaan strategis dengan mengatasi keterbatasan di dunia nyata dan meningkatkan kinerja logistik secara keseluruhan.

## METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

### Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sumber data primer dan sumber data sekunder. Adapun sumber data yang dapat dijadikan acuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 1. Data Primer

Sumber data primer adalah sumber data yang diperoleh secara langsung dari responden. Sumber data tersebut diantaranya adalah hasil wawancara, observasi, dan hasil pengisian kuesioner.

#### 2. Data sekunder

Sumber data sekunder merujuk pada informasi yang didokumentasikan sebelumnya dan dapat digunakan untuk mendukung penelitian. Dalam konteks

ini, sumber data sekunder yang diperoleh adalah data transaksi atau POS (*Point of Sale*) yang terkumpul selama bulan Desember 2023.

### Cara Pengumpulan Data

Penelitian ini menganalisis data transaksi KUKAMI *Delivery* Subang-Jawa Barat dengan populasi mencakup 18.609 transaksi pada Desember 2023. Populasi didefinisikan sebagai kumpulan elemen dengan karakteristik serupa (Malhotra, 2010), dan sampel diambil menggunakan teknik *Purposive Sampling*, yakni UMKM/Mitra dengan lebih dari 21 pesanan per bulan. Teknik ini dipilih untuk memastikan sampel relevan dan mencerminkan variasi sesuai tujuan penelitian.

### Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan teknik yang sesuai untuk mendukung penelitian, meliputi pengumpulan data sekunder berupa transaksi, titik koordinat Mitra UMKM, dan titik koordinat Pelanggan KUKAMI, wawancara dengan pengelola dan admin KUKAMI, serta klasifikasi data untuk analisis lebih lanjut.

### Klasifikasi Data Supplier

Data transaksi Desember 2023 mencakup informasi seperti Kode Struk, Tanggal, Jam, Nama Outlet, Nama Kasir/*Rider*, Produk, Jarak, Jumlah Produk, Harga, Subtotal, dan Total Transaksi. Langkah awal adalah memilah dan mengurutkan data untuk memastikan integritasnya, menghindari transaksi fiktif atau duplikat. Data kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga layanan utama; Antar Barang, Antar Penumpang, dan *Food Delivery* dengan fokus pada layanan atau data supplier yang terlibat selama periode tersebut, untuk membentuk populasi data Supplier.

### Klasifikasi Data Demand

Data sekunder tidak mencakup nama atau permintaan konsumen, sehingga peneliti mewawancarai owner KUKAMI *Delivery* untuk mengidentifikasi 10 konsumen dengan transaksi tertinggi. Lokasi Google Maps setiap konsumen yang

diberikan admin dicatat untuk simulasi optimasi rute.

### Simulasi dan Analisis *Shortest Path Method*

Perhitungan jarak antar titik dan total rute dilakukan menggunakan *Shortest Path Method* atau algoritma Dijkstra, yang juga diimplementasikan oleh Google Maps (aplikasi operasional KUKAMI *Delivery*). Titik awal simulasi rute ditetapkan pada pusat gravitasi (*centre of gravity*) kumpulan mitra UMKM, berdasarkan frekuensi pesanan, *longitude*, dan *latitude*. Pusat gravitasi ini dihitung menggunakan Rumus *Centre of Gravity* (No. 3) dengan frekuensi pesanan sebagai bobot.

### Simulasi dan Analisis *Vehicle Routing Problem*

Selain *Shortest Path Method*, simulasi perhitungan jarak rute juga menggunakan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan pendekatan *Saving Matrix Method*. VRP bertujuan meminimalkan total jarak atau biaya operasional sambil memenuhi kendala operasional. Perhitungan jarak antar titik menggunakan rumus Haversine (No. 1) untuk akurasi dengan mempertimbangkan bentuk bulat bumi, dan dilakukan melalui situs [www.latlongdata.com](http://www.latlongdata.com).

Metode *Saving Matrix* dimulai dengan membuat matriks jarak antar titik, menghitung nilai *saving* untuk setiap pasangan titik (Rumus No. 2), dan mengurutkan nilai *saving* dari terbesar hingga terkecil. Rute kemudian digabungkan berdasarkan nilai *saving* tertinggi, dengan mempertimbangkan batasan seperti kapasitas kendaraan. Titik awal simulasi ditetapkan pada centroid kluster mitra pesanan yang paling dominan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

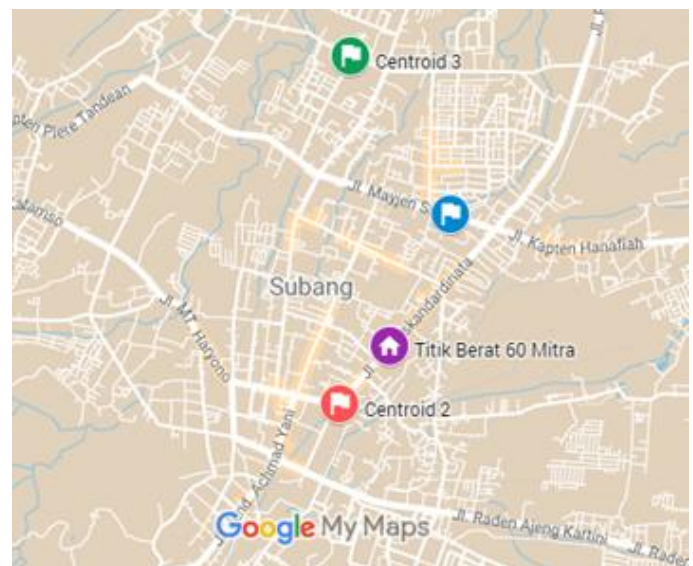
Dari 60 mitra yang dilengkapi dengan titik *Latitude* dan *Longitude*, peneliti membagi mitra-mitra tersebut menjadi 3 kluster ( $K=3$ ) menggunakan metode K-Means Clustering dengan software SPSS (output SPSS terlampir). Hasil klusterisasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Titik Centroid Masing - masing Kluster

Centroid Kluster	Latitude	Longitude
1	-6.5583752	107.7683557
2	-6.5681932	107.7621130
3	-6.5485751	107.7629749

(Sumber: Hasil Pengolahan SPSS)

Jika digambarkan dalam peta, berikut adalah lokasi untuk masing - masing centroid kluster:



Gambar 4.6 Titik Centroid dan Titik Berat 60 Mitra

(Sumber: Google Maps)

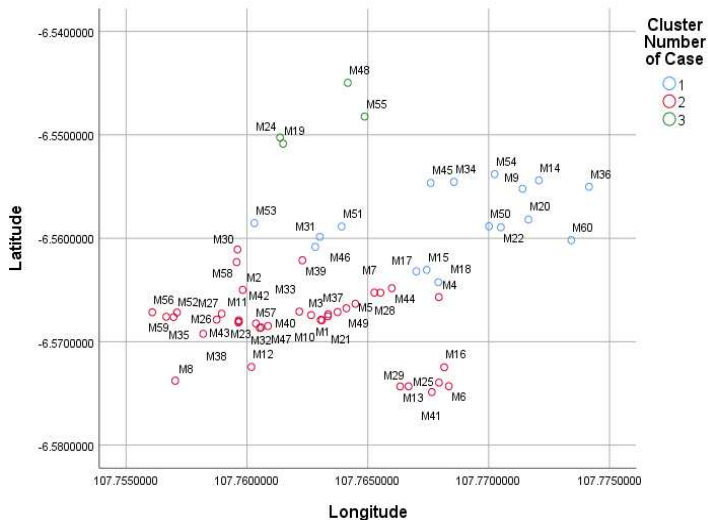
Selain itu, hasil dari SPSS juga menunjukkan jumlah mitra pada masing-masing kluster sebagai berikut:

Tabel 4.8 Jumlah Anggota Setiap Cluster

Cluster	Number of Cases
1	17
2	39
3	4
Valid	60
Missing	0

(Sumber: Hasil Pengolahan SPSS)

Kemudian, dengan menggunakan variabel *Latitude* dan *Longitude* masing-masing mitra kukami, *scatter plot* yang terbentuk adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7 *Scatter Plot* Sebaran Kluster  
(Sumber: Hasil Pengolahan SPSS)

### Hasil Skenario Order di Dalam Kluster

Dari hasil simulasi skenario dalam kluster ini, metode *Shortest Path* menunjukkan total jarak tempuh sebesar 3.456 km dengan biaya operasional Rp 585,76. Sementara itu, metode *Vehicle Routing Problem* mencatat total jarak tempuh sebesar 3.340 km dan biaya operasional sebesar Rp 566,10. Dengan demikian, pada skenario order di dalam kluster, metode *Vehicle Routing Problem* dengan penggunaan titik *Centroid 2* sebagai titik awal menghasilkan jarak tempuh yang lebih pendek dan biaya yang lebih efisien.

### Hasil Skenario Order Lintas Kluster

Sedangkan hasil simulasi skenario lintas kluster, metode *Shortest Path* menunjukkan total jarak tempuh sebesar 2.960 km dengan biaya operasional Rp 501,69. Sementara itu, metode *Vehicle Routing Problem* mencatat total jarak tempuh sebesar 3.227 km dan biaya operasional sebesar Rp 546,94. Dengan demikian, pada skenario order lintas kluster, metode *Shortest Path* dengan penggunaan titik *Centre of Gravity* 60 Mitra sebagai titik awal menghasilkan jarak tempuh yang lebih pendek dan biaya yang lebih efisien.

### Hasil Skenario Luar Kluster

Kemudian dari hasil simulasi skenario luar kluster, metode *Shortest Path* menunjukkan total jarak tempuh sebesar 4.509 km dengan biaya operasional Rp 764,23. Sementara itu, metode *Vehicle Routing Problem* mencatat total jarak tempuh sebesar 4.944 km dan biaya operasional sebesar Rp 837,96. Pada skenario luar kluster ini, kedua metode menghasilkan rute yang sama, tetapi berbeda pada titik awal. Hasilnya, pada skenario order luar kluster, metode *Shortest Path* dengan penggunaan titik *Centre of Gravity* dari 60 Mitra sebagai titik awal menghasilkan jarak tempuh yang lebih pendek dan biaya yang lebih efisien.

### Analisa Keseluruhan

Hasil dari ketiga simulasi menunjukkan bahwa metode *Vehicle Routing Problem* (VRP) lebih efektif untuk mengatur rute dalam satu kluster, mengurangi jarak dan biaya operasional. Namun, pada skenario lintas kluster dan luar kluster, metode *Shortest Path* lebih baik dalam menghasilkan rute dengan jarak lebih pendek. Penerapan teknik *pool clustering* oleh KUKAMI *Delivery* dapat meningkatkan efisiensi rute dengan mengelompokkan mitra dan menggunakan centroid untuk menentukan titik awal pengiriman. Ini memungkinkan penugasan *riders* yang lebih baik di setiap area kluster, sehingga mengurangi jarak tempuh dan biaya secara keseluruhan.

### Penyesuaian Metode VRP dengan Implementasi *Pool Clustering*

Implementasi *Pool Clustering* dalam kerangka *Vehicle Routing Problem* (VRP) meningkatkan pengambilan keputusan dengan menambahkan efisiensi biaya dan optimasi operasional. *Pool Clustering* mengelompokkan titik pengantaran atau tujuan menjadi kluster yang dapat dikelola berdasarkan kedekatan lokasi, permintaan, atau faktor logistik lainnya. Segmentasi ini memungkinkan perencanaan rute dan alokasi biaya yang lebih presisi dengan meminimalkan perjalanan berulang dan penggunaan sumber daya.

Dari perspektif akuntansi manajemen biaya, *Pool Clustering* menyederhanakan analisis biaya variabel, seperti konsumsi bahan bakar dan jam kerja pengemudi, dalam setiap klaster, sehingga mempermudah peramalan dan pengambilan keputusan untuk wilayah pengantaran tertentu.

Pendekatan ini memastikan bahwa alokasi sumber daya sesuai dengan perbandingan biaya-manfaat dalam melayani area klaster, sehingga mengurangi biaya operasional secara keseluruhan.

### **Integrasi Wawasan Manajemen Biaya dalam *Pool Clustering***

Dengan mengintegrasikan akuntansi manajemen biaya ke dalam *Pool Clustering*, bisnis dapat menyelaraskan strategi logistik dengan tujuan keuangan. *Pool Clustering* menyediakan pendekatan terstruktur untuk mengatasi kompleksitas VRP, memastikan rute yang dipilih dalam setiap klaster tidak hanya hemat biaya tetapi juga sesuai dengan kendala organisasi, seperti jendela waktu pengantaran dan kapasitas kendaraan.

Hasil penelitian merekomendasikan metode ini karena meningkatkan relevansi informasi biaya dalam pengambilan keputusan, membantu manajer memusatkan perhatian pada faktor-faktor yang dapat dikendalikan dan memengaruhi total biaya logistik. Selain itu, *Pool Clustering* mendukung pemanfaatan kendaraan yang lebih baik, mengurangi waktu menganggur, dan mendukung tujuan keberlanjutan dengan menurunkan penggunaan bahan bakar dan emisi, membuktikan efektivitasnya sebagai pendekatan berbasis biaya dalam mengatasi tantangan VRP.

## **KESIMPULAN**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Shortest Path Method oleh KUKAMI Delivery Subang, dengan menggunakan Centre of Gravity pada 60 mitra, menghasilkan rute yang lebih optimal pada skenario pesanan lintas klaster dan luar klaster. Metode ini mampu mengurangi jarak tempuh dan biaya operasional hingga

8,54% dibandingkan Vehicle Routing Problem (VRP) dalam kedua skenario tersebut.

Vehicle Routing Problem (VRP) dengan metode Saving Matrix dan teknik Pool Clustering, yang menggunakan centroid klaster sebagai titik awal, lebih efektif untuk pesanan dalam satu klaster. Pendekatan ini menunjukkan efisiensi pengurangan jarak tempuh dan waktu pengiriman sebesar 3,36% dibandingkan Shortest Path Method.

Secara keseluruhan, Shortest Path Method unggul untuk pesanan lintas dan antar klaster. Namun, jika KUKAMI Delivery menerapkan pool clustering dengan membagi rider ke dalam beberapa klaster, penggunaan VRP dan Saving Matrix dapat meningkatkan efisiensi rute, mengurangi jarak tempuh, waktu pengiriman, dan biaya operasional, sehingga meningkatkan efektivitas distribusi.

## **IMPLIKASI DAN KETERBATASAN**

Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya meliputi pengembangan model optimasi yang lebih komprehensif dengan mempertimbangkan variabel seperti fluktuasi permintaan, kondisi lalu lintas, dan kapasitas kendaraan untuk menghasilkan hasil yang lebih akurat dan aplikatif.

Studi kasus pada industri atau perusahaan lain juga disarankan guna memahami adaptasi metode seperti *Vehicle Routing Problem* dan *Shortest Path Method* dalam konteks yang berbeda, sehingga dapat memperluas wawasan tentang fleksibilitas dan efektivitas metode tersebut.

Selain itu, penelitian tentang pengaruh teknologi baru seperti kecerdasan buatan (AI) dan *Internet of Things* (IoT) dalam optimasi rute pengiriman dapat membuka peluang untuk meningkatkan efisiensi operasional, sekaligus memberikan panduan bagi pelaku usaha dalam mengadopsi teknologi terkini.

## REFERENCES

- Annur. (2023). Solusi efisien dan efektif dalam menghadapi kompleksitas jaringan distribusi di Pulau Jawa. *Jurnal Pengiriman*, 5(2), 45-58.
- Aulia, S. (2021). Klasterisasi pola penjualan pestisida menggunakan metode K-Means Clustering (Studi kasus di Toko Juanda Tani Kecamatan Hutabayu Raja). *Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi*, 1 (1), 1-5. <https://doi.org/10.46576/djtechno.v1i1.964>
- Azizah, N., & Mahendra, D. (2017). Geolocation dengan Metode Dijkstra untuk Menentukan Jalur Terpendek Lokasi Peribadatan. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 7(2), 96-103. <https://doi.org/10.21456/vol7iss2pp96-103>
- Bowersox, D. J. (2017). *Logistics management*. McGraw-Hill Education.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2010). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (4th ed.). Pearson Education.
- Hidayat, Y., Arendra, M., & Rosita, Y. (2023). Optimasi rute pengiriman buah kelapa di pasar tradisional Kabupaten Mojokerto menggunakan algoritma genetika. *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, 5, 289-293. <https://doi.org/10.51401/jinteks.v5i2.24>
- Husni, M., Rahman, F., & Setiawan, A. (2023). Optimasi rute pengiriman untuk *e-commerce*: Aplikasi kurir berbasis web menggunakan algoritma optimasi. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 11(2), 1-10. <https://doi.org/10.1234/abcd1234>
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management* (15th ed.). Pearson.
- Lanning, D.R., Harrell, G.K., & Wang, J. (2014). Dijkstra's algorithm and Google Maps. In *Proceedings of the 2014 ACM Southeast Regional Conference*. ACM, p. 30.
- Martono, R. (2015). *Manajemen Rantai Pasok: Konsep dan Aplikasi*. Penerbit Andi.
- Maulian Amroni, A., Rhozman, F., & Wulanningrum, R. (2020). Aplikasi penentuan rute optimal delivery menggunakan algoritma Dijkstra. *Inotek*, 1-8. <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/view/406>
- Noor, M., Bismi, W., & Gata, W. (2021). Menerapkan Algoritma Dijkstra dan metode Heuristic dalam menentukan jalur terpendek menuju kampus. *\*Indonesian Journal on Computer and Information Technology\**. Diakses dari <http://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/ijcit>
- Patel, R. (2023, May 23). What is open vehicle routing problem (OVRP) | Detailed explanation. Upper Route Planner. <https://www.upperinc.com/glossary/route-optimization/open-vehicle-routing-problem-ovrp/>
- Prihantono, C. R. (2012). *Manajemen logistik*.
- Pujawan, I. N., & Mahendrawati, E. R. (2010). Optimasi biaya distribusi barang dengan menggunakan model transportasi. *Jurnal Ilmiah Manajemen*, 22(2), 34-45.
- Satyananda, D. (2010). *Struktur Data*. Universitas Negeri Malang, Malang.

- Siahaya, W. (2012). Manajemen logistik. Penerbit Kencana.
- Solomon, M. R. (2018). Consumer behavior: Buying, having, and being (12th ed.). Pearson.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). The vehicle routing problem. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Zakaria, M.H. (2014). Algoritma Scatter Search pada Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup (VRPSDP).
- Zulfikar, Muhammad Fadil, and M. Kom Sujono. 2021. Manajemen Pengiriman Barang Paket di PT Pos Indonesia. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas KH. A. Wahab Hasbullah.