



Optimasi Rute Distribusi Unggas Berbasis *Network Analysis-GIS* Menggunakan *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Window Pickup and Delivery*

Reza Ardiansyah Teguh Saputro¹, Yulinda Uswatun Kasanah^{1*}, Oktaviani Rahmah Marddani¹, Khasbi Niemi²

¹Program Studi Teknik Logistik, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Jl. DI Panjaitan No.128, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53147, Indonesia

²Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Jl. DI Panjaitan No.128, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53147, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Artikel Masuk: 22 November 2023

Artikel direvisi: 03 Juni 2024

Artikel diterima: 25 Juni 2024

Kata kunci

CVRPTWPD
Distribusi Unggas
Network Analyst GIS
Optimasi Rute
Transportasi

Keywords

CVRPTWPD
Poultry Distribution
GIS Network Analyst
Route Optimization
Transportation

ABSTRAK

Produk mudah rusak memiliki karakteristik cepat kadaluarsa atau rusak serta kehilangan kualitas karena faktor eksternal seperti kelembaban, suhu, atau tekanan atmosfer. Produk unggas beserta turunannya termasuk barang mudah rusak. CV Sinar Pangan Mandiri (SPM) merupakan perusahaan kelas menengah yang bergerak di bidang peternakan broiler, ayam petelur (layer farm), dan ayam pebant. Permasalahan yang terjadi pada CV Sinar Pangan Mandiri yaitu kompleksnya jaringan distribusi serta tidak meratanya pembagian jumlah agen yang dilayani setiap Truk. Akibatnya beberapa Truk terlalu padat jumlah muatannya. Akhirnya keterlambatan pengiriman produk, dan terjadinya susut bobot unggas yang didistribusikan dikarenakan unggas mengalami stres selama perjalanan distribusi tidak dapat dihindari. Penelitian ini bertujuan untuk meminimasi biaya pengiriman, serta membagi jumlah muatan untuk setiap Truk supaya lebih merata pada saat mengangkut produk unggas. Metode yang digunakan yaitu VRP berbasis Geographic Information System (GIS). Penelitian ini menggabungkan tiga jenis Vehicle routing problem (VRP) capacitated VRP, VRP with time windows, dan VRP with pick-up delivery, (CVRPTWPD) menggunakan Network Analyst VRP pada software ArcGIS yang menggunakan pendekatan Dijkstra dalam penentuan rute optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rute usulan mampu mengurangi waktu tempuh total sebanyak 163 menit (2,71 jam) dan jarak tempuh total sebesar 77,85 km, yang berarti penurunan waktu tempuh sebesar 10% dan penurunan jarak tempuh sebesar 37% dibandingkan dengan rute distribusi awal. Selain itu pembagian agen untuk setiap kendaraan menjadi lebih merata. Penelitian ini mendukung studi sebelumnya bahwa penggunaan VRP berbasis GIS dapat menghasilkan rute distribusi yang lebih optimal dengan menggabungkan tiga jenis VRP: capacitated VRP, VRP with time windows, dan VRP with pick-up delivery. Namun, penelitian ini belum mempertimbangkan kondisi kepadatan jalan raya secara real-time dan total waktu pengiriman. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut dan mengeksplorasi metode lain untuk menyelesaikan permasalahan VRP dengan lebih cepat dan efisien.

ABSTRACT

Effective distribution and transportation planning is crucial for businesses that produce perishable goods such as poultry products and their derivatives. Perishable goods tend to spoil quickly or deteriorate in quality due to external factors like humidity, temperature, or atmospheric pressure. CV Sinar Pangan Mandiri (SPM) is a mid-sized company engaged in broiler farming, layer farming, and breeding roosters. The problems faced by CV Sinar Pangan Mandiri include the complexity of the distribution network and the unequal distribution of agents served by each truck, resulting in some trucks being overloaded. It leads to delays in product delivery and weight loss of the poultry due to stress during transportation. This study aims to minimize shipping costs and evenly distribute the load among trucks when transporting poultry products. The method used is VRP based on Geographic Information System (GIS). This study combines three types of Vehicle Routing Problem (VRP): capacitated VRP, VRP with time windows, and VRP with pick-up delivery (CVRPTWPD), using Network Analyst VRP in ArcGIS software, which employs the Dijkstra approach to determine optimal routes. The results show that the proposed route can reduce the total travel time by 163 minutes (2.71 hours) and the total travel distance by 77.85 km, representing a 10% reduction in travel time and a 37% reduction in travel distance compared to the initial distribution route. Additionally, the distribution of agents per vehicle becomes more balanced. This study supports previous research that the use of GIS-based VRP can produce more optimal distribution routes by combining the three types of VRP. However, this study does not account for real-time road congestion and total delivery time. Future research should consider these factors and explore other methods to solve the VRP problem more quickly and efficiently.

* Penulis Korespondensi

Yulinda Uswatun Kasanah
E-mail: yulinda@ittelkom-pwt.ac.id

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



© 2024. Some rights reserved

1. PENDAHULUAN

Rancangan distribusi dan transportasi yang baik sangat penting untuk berbagai jenis usaha khususnya jenis usaha yang hasil produksinya masuk kedalam kategori *perishable product*. *Perishable product* atau produk yang mudah rusak adalah produk yang memiliki karakteristik dan komposisi fisiknya cenderung cepat kadaluarsa atau cepat rusak serta kehilangan sifat aslinya karena faktor eksternal seperti kelembaban, suhu, atau tekanan atmosfer (Amorim *et al.*, 2013). Rancangan distribusi dan transportasi yang baik sangat penting untuk mengatasi berbagai tantangan yang dihadapi. Sistem distribusi yang memadai membuat proses distribusi akan menjadi lebih baik dan efisien. Efisiensi distribusi dan transportasi merupakan faktor penting untuk memastikan produk tiba tepat waktu ke pelanggan dalam kondisi yang baik (Mohammed *et al.*, 2017).

Salah satu produk yang termasuk kedalam kategori *perishable product* adalah produk unggas beserta turunannya. Dalam industri distribusi produk unggas, beberapa faktor seperti jarak tempuh, waktu, dan kapasitas Truk sangat penting dalam mempengaruhi kualitas unggas. Faktor-faktor tersebut juga berpengaruh secara tidak langsung pada biaya operasional dan tingkat layanan yang diberikan kepada pelanggan.

Salah satu perusahaan yang bergerak pada industri peternakan unggas yaitu CV Sinar Pangan Mandiri (SPM). CV Sinar Pangan Mandiri merupakan perusahaan kelas menengah yang bergerak di bidang peternakan broiler, ayam petelur (*layer farm*), dan ayam pejantan. CV Sinar Pangan Mandiri memasok kebutuhan Unggas di area Surakarta, Karanganyar, Sragen, Klaten, Boyolali hingga Yogyakarta. Kapasitas produksinya dalam sehari mencapai 5,5 ton hingga 6 ton, dan memiliki 12 unit kandang broiler yang beroperasi di wilayah Karisidenan Surakarta. Saat ini CV Sinar Pangan Mandiri memiliki tiga unit usaha utama yakni *layer farm*, pengembangan pakan, dan afkir. Adapun permasalahan yang terdapat pada CV Sinar Pangan Mandiri yaitu kompleksnya jaringan distribusi serta tidak meratanya pembagian jumlah agen yang dilayani setiap Truk yang berakibat beberapa Truk terlalu padat jumlah muatannya. Hal tersebut menyebabkan terjadinya keterlambatan pengiriman produk, dan terjadinya susut bobot unggas yang didistribusikan. Hal itu diakibatkan karena unggas mengalami stress dan suhu panas yang kian meningkat karena lamanya waktu pengiriman.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara transportasi dengan tingkat kematian pada ayam broiler. Pedagang mempersepsikan bahwa penyebab kematian ayam broiler paling sering setelah keluar dari peternakan adalah stress pada saat pengangkutan, yaitu sebesar 45 persen. Disusul penyebab lain yaitu pengiriman yang dilakukan pada saat cuaca ekstrim sebesar 41 persen. Stress saat pengangkutan ayam broiler dapat dipengaruhi oleh kepadatan ayam dalam keranjang dan kebersihan dari keranjang dan Truk yang digunakan (Pirompu *et al.*, 2022).

Suhu tubuh normal pada ternak unggas berkisar antara 40,5-41,5°C (Etches *et al.*, 2008). Untuk dapat mempertahankan suhu tubuh ini, ayam broiler umur tiga minggu harus dipelihara pada lingkungan dengan suhu berkisar antara 20-25°C dan kelembaban relatif sekitar

50-70% dan 26-27°C (Borges *et al.*, 2004), sedangkan ayam broiler dewasa, serta ayam petelur antara 18-23,9°C (Tamzil, 2014). Oleh karena itu apabila pada saat pengiriman ayam terlalu lama dan suhu meningkat melebihi suhu normal yang dapat diterima, ayam akan menderita stress karena kesulitan membuang suhu tubuhnya ke lingkungan sekitar. Ketika unggas stress, maka metabolismenya akan lebih cepat sehingga berpengaruh kepada penurunan bobot akhir nantinya.

Sistem perencanaan distribusi meliputi berbagai aspek seperti mempertimbangkan kapabilitas fasilitas *logistic*, sistem transportasi, desain jaringan pengiriman, pengemasan produk, hingga memperhatikan karakteristik produk yang diangkut (Okorie *et al.*, 2020). Dalam merancang sistem distribusi yang handal, efektif, dan efisien, karakteristik produk menjadi faktor penting yang harus diperhatikan. Hal ini berlaku terutama untuk produk-produk yang rentan rusak atau *perishable* dalam pendistribusiannya. Penanganan produk yang rentan rusak ini merupakan salah satu tantangan terpenting dalam *supply chain management* (Amorim *et al.*, 2013).

Pada proses distribusi produk kepada pelanggan, penentuan jadwal pengiriman dan rute yang akan dilalui Truk untuk mengirimkan produk dari satu lokasi ke lokasi lain merupakan hal yang sangat penting (Pujawan *et al.*, 2014). Penentuan jadwal dan rute distribusi yang optimal dapat menggunakan metode *vehicle routing problem* (VRP). VRP adalah metode optimasi kombinatorial yang digunakan dalam menentukan rute distribusi optimal yang akan dilalui Truk pada saat mendistribusikan produk kepada pelanggan. VRP memiliki sebuah aturan dimana setiap titik atau lokasi pelanggan hanya dapat dikunjungi sekali oleh satu Truk. Selain itu Truk harus memulai perjalanannya dari titik awal atau depot dan harus kembali lagi setelah menyelesaikan perjalanannya (Asghari *et al.*, 2021).

Penelitian sebelumnya dilakukan pada salah satu perusahaan *startup* yang menjalin kerja sama dengan petani untuk menjualkan produk pertanian berupa sayur dan buah. Dalam menentukan rute pendistribusian produk di area Bali dinilai belum efisien sehingga menimbulkan keterlambatan pengiriman. Adapun metode yang digunakan untuk menentukan rute distribusi yang optimal adalah Metode *Vehicle Routing Problem* (VRP) berbasis *Geographic Information System* (GIS). Rute distribusi yang optimal bagi perusahaan didasarkan pada kriteria waktu perjalanan, jarak tempuh, dan biaya distribusi yang rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Vehicle Routing Problem* (VRP) berbasis *Geographic Information System* (GIS) efektif dalam mengatasi keterlambatan pengiriman dengan cara mengubah urutan rute distribusi dan mengatur jumlah armada yang digunakan. Rute usulan yang dihasilkan dapat mengurangi jarak tempuh dari 1.375,78 km menjadi 987,18 km dengan efisiensi sebesar 28,26%. Waktu tempuh berkurang dari 112,32 jam menjadi 67 jam, menghasilkan efisiensi sebesar 40,34%. Selain itu, biaya distribusi menurun dari Rp 4.528.589,64 menjadi Rp 4.026.946,82 dengan efisiensi sebesar 11,08% (Iswahyuni & Yulianto, 2020).

Penentuan rute distribusi menggunakan metode VRP berbasis *Geographic Information System* (GIS) untuk meminimalkan jarak tempuh, waktu tempuh, maupun menurunkan biaya distribusi, telah diterapkan di berbagai contoh kasus untuk berbagai sektor. Salah satu

penelitian tersebut terkait dengan minimasi biaya transportasi dengan menetapkan rute dan jumlah Truk yang optimal (Rachmawati et al., 2024). Selain itu, penelitian sejenis terkait optimasi rute distribusi air bersih pada studi kasus bencana tsunami di kota Padang. Penelitian tersebut bertujuan menentukan rute optimal pendistribusian bantuan air bersih untuk korban bencana alam selama fase respons awal atau 72 jam masa kritis (Husein, 2022).

Penelitian ini memperkuat penelitian yang telah dilakukan sebelumnya pada kasus optimasi jarak tempuh dan waktu tempuh. Tujuannya untuk meminimasi biaya pengiriman, serta membagi jumlah muatan untuk setiap Truk supaya lebih merata pada saat mengangkut produk unggas. Adapun metode yang digunakan yaitu metode *Vehicle Routing Problem* (VRP) berbasis *Geographic Information System* (GIS), dengan batasan kapasitas Truk, waktu pelayanan (*time windows*), serta menggunakan *pick-up delivery*.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle routing problem (VRP) merupakan suatu pencarian rute efisien untuk penggunaan sejumlah Truk yang harus melakukan perjalanan untuk mengunjungi beberapa tempat guna mengantar dan/atau menjemput barang didefinisikan sebagai *customer routing and assignment problem* (Toth & Vigo, 2002). Dalam istilah ini, "customer" merujuk pada pemberhentian untuk mengantar dan/atau menjemput barang. Setiap *customer* harus dilayani oleh satu Truk saja. Penentuan pasangan Truk-customer dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas Truk dalam satu kali angkut untuk meminimalkan biaya yang diperlukan, biasanya terkait dengan jarak tempuh minimal (Slamet et al., 2014).

Menurut Hestanto (2023) *Vehicle routing problem* (VRP) dibagi menjadi beberapa klasifikasi, diantaranya

1. *Capacitated VRP*
Permasalahan VRP dimana setiap Truk distribusi memiliki keterbatasan kapasitas angkut yang dapat dibawa oleh Truk tersebut dalam melakukan pengiriman ke pelanggan. Pada permasalahan ini Truk tidak diperbolehkan untuk melayani pelanggan yang mempunyai *demand* atau permintaan melebihi kapasitas angkut Truknya.
2. *VRP with multiple trips*
Setiap Truk dapat melayani pengiriman lebih dari satu rute untuk mengirimkan produk.
3. *VRP with time windows*
Setiap konsumen yang dilayani oleh Truk memiliki batasan waktu pelayanan (*service time*). Truk tidak diperbolehkan melebihi batas waktu pelayanan yang diminta oleh konsumen. Masalah yang sering terjadi pada VRP with time windows yaitu keterlambatan pengiriman oleh distributor yang menyebabkan kerugian bagi konsumen.
3. *VRP with pick-up and delivery*
Terdapat sejumlah barang yang perlu pengambilan (*pick-up*) dari titik penjemputan, menuju lokasi pengiriman.
4. *VRP with multiple products*
Konsumen memiliki permintaan pesanan lebih dari satu jenis produk yang harus diantarkan.

5. Periodic VRP

Pada *periodic VRP* terdapat batasan waktu pengiriman, yang mana lokasi konsumen memerlukan jadwal pengiriman berbeda setiap minggunya.

6. VRP with multiple depots

Titik awal pengiriman (depot) yang dimiliki oleh distributor lebih dari satu titik depot.

7. VRP with heterogeneous fleet of vehicles

Kapasitas setiap Truk tidak selalu sama, namun jumlah dan juga tipe Truk diketahui.

Penelitian ini menggabungkan tiga jenis *Vehicle routing problem* (VRP) sesuai dengan batasan yang dijelaskan pada latar belakang yaitu batasan kapasitas Truk, waktu pelayanan (*time windows*), serta menggunakan *pick-up delivery*. Adapun jenis VRP yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggabungkan *capacitated VRP*, *VRP with time windows*, dan *VRP with pick-up and delivery*. Dengan demikian penelitian ini menggunakan metode CVRP with *Time Windows Pickup Delivery*.

Tabel 1. Keterangan Model Matematis CVRPTWPD

Simbol	Deskripsi
Indeks	
N	Set vertex agen
K	Set Truk
Parameter	
d_i	Permintaan di <i>node i</i>
D	Kapasitas Truk
$[a_0, b_0]$	Time windows untuk keberangkatan Truk dari depot
$[a_{2n+1}, b_{2n+1}]$	Time windows untuk Truk kembali ke depot
a_i	Awal waktu penjemputan di <i>node i</i>
b_i	Akhir waktu penjemputan di <i>node i</i>
a_{n+1}	Awal waktu pengiriman di <i>node n + 1</i>
b_{n+1}	Awal waktu pengiriman di <i>node n + 1</i>
s_i	Waktu pelayanan di <i>node i</i>
c_{ij}	Biaya perjalanan dari <i>node i</i> ke <i>j</i>
t_{ij}	Waktu perjalanan antar <i>node i</i> ke <i>j</i>
Variabel Keputusan	
T_i	Waktu dimana layanan di <i>node i</i> dimulai, $i \in N$
T_0^k	Waktu saat Truk berangkat dari depot, $k \in K$
T_{2n+1}^k	Waktu saat kendaraan kembali ke depot, $k \in K$
Y_i	Total beban pada Truk setelah meninggalkan <i>node i</i>
$Y_0 = 0$	Truk berangkat dalam keadaan kosong dari depot
$g Y_i$	Suatu fungsi yang meningkat seiring dengan total beban yang diangkat oleh Truk setelah berangkat dari <i>node i</i> , dimana $i \in N$
x_{ij}^k	Bernilai 1 jika Truk k berangkat dari <i>node i</i> ke <i>node j</i> pada waktu t , 0 jika tidak

Penelitian Yansyah (2016) menjelaskan CVRP with *Time Windows Pickup Delivery*, merupakan

penggabungan dari tiga jenis VRP. Adapun ketiga metode yang digabungkan yaitu, *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW) atau VRP dengan batasan waktu pengiriman dan juga VRP *with pickup delivery* atau VRP dengan batasan kapasitas kendaraan. Model matematis metode CVRP *with Time Windows Pickup Delivery* (CVRPTWPD) dalam penelitian [Kasanah et al., \(2024\)](#) dapat dituliskan seperti pada [Tabel 1](#).

Fungsi Tujuan:

Meminimalkan total biaya perjalanan:

$$MIN \sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} \cdot x_{ij}^k \cdot g(Y_i) \quad (1)$$

Kendala atau batasan:

1. Batasan pertama (2), setiap pelanggan harus dialokasikan ke satu rute:

$$\sum_{(j) \in N} \sum_{k \in N} x_{ij}^k = 1, \quad \forall i \in N \quad (2)$$

2. Batasan selanjutnya (3)-(5), tetapkan jalur sumber ke sink di graf G untuk setiap Truk k:

$$\sum_{j \in N} x_{ij}^k = \sum_{j \in N} x_{ji}^k, \quad i \in N, k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{j \in P} x_{0j}^k = 1, \quad \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{j \in P} x_{i,2n+1}^k = 1, \quad \forall k \in K \quad (5)$$

3. Batasan (6) memastikan bahwa Truk yang sama v berkunjung lokasi i dan $n + i$.

$$\sum_{j \in N} x_{ij}^k = \sum_{j \in N} x_{j,n+i}^k, \quad i \in N, k \in K \quad (6)$$

4. Batasan (7) mewakili batasan yang diutamakan mengharuskan persyaratan node i untuk dikunjungi sebelumnya node $n + i$:

$$T_i + s_i + t_{i,n+i} \leq T_{n+i}, \quad \forall i \in N \quad (7)$$

5. Batasan (8)-(10) rute dan jadwal harus sesuai

$$x_{ij}^k = 1; T_i + s_i + t_{ij} \leq T_i, \quad \forall j \in N, k \in K \quad (8)$$

$$x_{0j}^k = 1; T_0 + t_{0,j} \leq T_j, \quad \forall j \in N, k \in K \quad (9)$$

$$x_{i,2n+1}^k = 1; T_i + s_i + T_{i,2n+1} \leq T_{2n+1}^k, \quad \forall i \in N, k \in K \quad (10)$$

6. Batasan (11)-(13) memastikan bahwa setiap aktivitas dalam jadwal dapat dimulai dan diselesaikan sesuai *time windows*

$$a_i + T_i \leq b_i, \quad \forall i \in N \quad (11)$$

$$a_0 + T_0^k \leq b_0, \quad \forall k \in K \quad (12)$$

$$a_{2n+1} \leq T_{2n+1}^k \leq b_{2n+1}, \quad \forall k \in K \quad (13)$$

7. Kendala Batasan (14)-(17) menggambarkan kriteria untuk kesesuaian antara rute dan muatan yang diangkut Truk.

$$x_{ij}^k = 1; Y_i + d_j = y_j, \quad \forall i, j \in N, k \in K \quad (14)$$

$$x_{ij}^k = 1; Y_i + d_{j-n} = y_j, \quad \forall i, j \in N, k \in K \quad (15)$$

$$x_{ij}^k = 1; Y_0 + d_j = y_j, \quad \forall j \in N, k \in K \quad (16)$$

$$Y_0 = 0, d_i \leq Y_i \leq D, \quad \forall i \in N \quad (17)$$

$$x_{ij}^k \text{ binary}, \quad \forall i, j \in N, k \in K \quad (18)$$

2.2. Geospasial Platform (ArcGIS)

ArcGIS merupakan sebuah solusi perangkat lunak yang terintegrasi untuk aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Dalam ArcGIS terdapat berbagai aplikasi SIG yang memiliki fungsionalitas unik masing-masing, termasuk contohnya ArcReader, ArcCatalog,

ArcMap, dan ArcView.

ArcGlobe adalah sebuah aplikasi yang merupakan bagian dari ekstensi *ArcGIS 3D Analyst*. Aplikasi ini memiliki kemampuan untuk menampilkan data geografis dalam bentuk tampilan tiga dimensi yang dinamis. ArcCatalog digunakan untuk mengorganisasi dan mengelola semua informasi geografis, seperti layanan SIG, metadata, kotak alat untuk proses geospasial, geodatabase, data dalam berbagai format file, serta peta. ArcMap adalah aplikasi utama dalam ekosistem ArcGIS yang digunakan untuk melakukan pengeditan dan pemetaan data, serta untuk melakukan analisis dan kueri yang berkaitan dengan peta. Sementara *ArcToolbox* adalah kumpulan alat-alat *geoprocessing* ([Rahmat et al., 2021](#)).

ArcGIS merupakan *software* berbasis *Geographical Information System* (GIS) dari ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), yang memungkinkan pengguna untuk memanfaatkan data dari berbagai format data. Didalamnya terdapat berbagai *tools* dengan berbagai fungsinya masing masing, salah satunya *network Analyst vehicle routing problem* (VRP) yang dapat digunakan dalam penentuan rute distribusi optimal berdasarkan permasalahan VRP.

2.3. Network Analyst VRP

Network Analyst adalah ekstensi perangkat lunak yang ada di dalam ArcGIS yang dirancang untuk melakukan analisis jaringan distribusi berdasarkan permasalahan *vehicle routing problem* (VRP). Jenis analisis jaringan yang dapat dilakukan meliputi pemetaan jaringan jalan, listrik, sungai, dan saluran pipa. *Network Analyst* memiliki kapasitas untuk menciptakan data set jaringan dan melakukan analisis yang berkaitan dengan data set tersebut. Konsep inti dari *Network Analyst* adalah menemukan rute jaringan yang paling efisien dari suatu lokasi awal ke tujuan tertentu ([Tranggono, 2017](#)).

Jenis analisis jaringan yang dilakukan meliputi pemetaan jaringan jalan, listrik, sungai, dan saluran pipa. *Network Analyst* memiliki kapasitas untuk menciptakan data set jaringan dan melakukan analisis yang berkaitan dengan data set tersebut. Konsep inti dari *Network Analyst* adalah menemukan rute jaringan yang paling efisien dari suatu lokasi awal ke tujuan tertentu.

Network Analyst di ArcGIS memungkinkan pembuatan data set jaringan dan analisis jaringan. Ekstensi ini menggunakan komponen dari aplikasi *ArcGIS*, termasuk *ArcCatalog* untuk menciptakan dataset jaringan, *ArcMap* untuk analisis, dan *ArcToolbox* untuk proses *geoprocessing*. *Network Analyst* dalam ArcGIS memiliki kemampuan untuk menemukan rute optimal dari satu lokasi ke lokasi lain, atau untuk menentukan jalur terbaik yang melibatkan beberapa lokasi. Lokasi dapat diidentifikasi secara interaktif dengan menempatkan titik-titik pada lapisan, dengan memasukkan alamat, atau dengan menggunakan titik yang terkandung dalam fitur-fitur dalam kelas fitur yang ada ([Slamet et al., 2014](#)).

Dalam menentukan rute optimal, pada website resmi ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) dijelaskan bahwa, *Network Analyst VRP* menggunakan pendekatan Algoritma *Dijkstra* ([ESRI, 2021](#)). [Adi et al. \(2021\)](#) menjelaskan Algoritma *Dijkstra*

adalah suatu teknik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam mencari rute terpendek di dalam suatu graf yang memiliki bobot positif pada setiap titik. Ketika mencari rute terpendek dalam sebuah graf berbobot, Algoritma *Dijkstra* berfokus pada pencarian nilai jarak terkecil. Rute terpendek dapat dihasilkan dari salah satu atau lebih titik awal dengan total nilai yang dihasilkan sekecil mungkin. Hasil dari Algoritma *Dijkstra* adalah nilai terkecil yang mewakili jarak terpendek antara titik-titik tersebut.

Dalam penerapan Algoritma *Dijkstra*, titik-titik atau lokasi yang menjadi fokus digunakan untuk menciptakan graf yang merepresentasikan rute terpendek. Algoritma *Dijkstra* berusaha untuk menentukan jarak terpendek dari satu titik ke titik berikutnya dengan asumsi bahwa titik-titik tersebut mewakili lokasi dan garis-garis antara titik-titik tersebut mewakili jalur. Solusi dari permasalahan yang ditemui dengan Algoritma *Dijkstra* adalah menghitung semua nilai terkecil yang memungkinkan untuk setiap titik yang terlibat.

Salah satu karakteristik utama dari Algoritma *Dijkstra* adalah bahwa setiap segmen jalur dalam jalur terpendek adalah jalur terpendek dari titik awal ke titik akhir. Hal ini berarti bahwa Algoritma *Dijkstra*, dapat digunakan dengan mudah menemukan jalur terpendek dari titik awal ke titik tujuan mana pun yang mungkin ada dalam jalur tersebut (Qing et al., 2017). Algoritma *dijkstra* dapat menyelesaikan jalur terpendek dari sebuah titik awal dan titik tujuan dalam suatu graf berbobot. Jarak terpendek diperoleh dari dua buah titik jika total bobot dari semua simpul dalam jaringan graf adalah yang paling minimal (Ratnasari et al., 2013).

Algoritma *Dijkstra* dapat menyelesaikan jalur terpendek dari sebuah titik asal ke titik tujuan dalam satu graf berbobot $G = (V, E)$. Jarak terpendek diperoleh dari dua buah titik jika total bobot dari semua simpul dalam jaringan graf adalah yang paling minimal. Notasi yang digunakan dalam Algoritma *Dijkstra* sesuai dengan Tabel 2.

Tabel 2. Keterangan Model Matematis Dijkstra

Simbol	Deskripsi
$1(i, j)$	Panjang jarak dari titik i ke titik j .
a	Titik awal.
d_{ai}	Jarak yang dikenal terpendek dan bersifat permanen dari titik awal ke titik (i) dalam suatu jaringan.
q_i	Titik terdahulu yang dikenal terpendek dari titik awal ke titik (i) dalam suatu jaringan.
c	Titik terakhir yang telah pindah ke keadaan permanen.

Langkah Prosedur Algoritma *Dijkstra* (Ratnasari et al., 2013) sebagai berikut:

1. Proses dimulai dari titik awal (a), $d_{aa} = 0$. Maka titik yang satu-satunya permanen adalah titik a . Dan titik lain bernilai sementara yang ditandai dengan inisial tak hingga (∞).
2. Mengamati cabang yang muncul dari titik tetap terakhir menggunakan persamaan (19).

$$d_{ai} = \min[d_{ai}, d_{ac-1}(c, i)] \tag{19}$$
3. Menetapkan titik yang akan berubah dari label sementara menjadi label permanen dengan cara membandingkan nilai titik dari hasil langkah kedua

dan memilih nilai titik yang paling rendah. Untuk mengetahui nilai titik permanen sebelumnya, masukkan kedalam persamaan (20).

$$[d_{ai-1}(i, j)] = \dots d_{ai} \tag{20}$$

4. Setelah memperoleh titik dengan nilai paling rendah, titik tersebut ditetapkan sebagai titik permanen yang baru.
5. Jika masih ada titik yang belum memiliki label permanen, ulangi prosesnya mulai dari langkah 2.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Truk yang digunakan untuk pengiriman unggas adalah truk terbuka model Mitsubishi L300 dengan kapasitas muatan maksimal 2000 kg. Sedangkan untuk unggas sendiri terdapat tempat atau wadah berupa *box* khusus untuk pengiriman unggas yang berisikan setiap *box* antara 10 sampai 15 ekor unggas atau sesuai jumlah permintaan dari masing masing agen. Penggunaan *box* ini tentunya untuk memudahkan proses pengangkutan dan pendistribusian nantinya.

Data pada penelitian ini adalah data mentah dari mitra yaitu CV Sinar Pangan Mandiri. Data berupa rata-rata jumlah permintaan harian, data lokasi agen atau pelanggan, data kandang sebagai lokasi *pick-up*, dan data depot sebagai titik *start* Truk mulai melakukan perjalanan distribusi, dimana waktu operasional depot dimulai pukul 09:00-18:00. Waktu tersebut sekaligus menjadi *time windows* untuk Truk hanya dapat mengunjungi agen di jam tersebut. Jumlah titik agen keseluruhan yang akan dikunjungi oleh Truk yaitu sebanyak 43 lokasi yang tersebar di area Sragen.

3.1. Rute Distribusi Awal

Berdasarkan data awal, telah diketahui bahwa terdapat jumlah permintaan dari 40 agen atau pelanggan dengan jumlah permintaan yang bervariasi tiap masing masing agen. Berdasarkan jumlah permintaan yang diterima oleh mitra, proses pengiriman dilakukan dengan cara mengirimkan pesanan ke pelanggan yang terdekat dari lokasi *pick up* atau kandang tempat dimana ayam dimuat ke dalam Truk.

Tabel 3. Distribusi Awal Truk 1

Awal	Tujuan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Keterangan
Depot	K	1005	<i>Pick-Up</i>
K	A1	56	<i>Delivery</i>
A1	A2	75	<i>Delivery</i>
A2	A3	115	<i>Delivery</i>
A3	A4	120	<i>Delivery</i>
A4	A5	43	<i>Delivery</i>
A5	A6	120	<i>Delivery</i>
A6	A7	90	<i>Delivery</i>
A7	A8	120	<i>Delivery</i>
A8	A9	30	<i>Delivery</i>
A9	A10	56	<i>Delivery</i>
A10	A11	43	<i>Delivery</i>
A11	A12	88	<i>Delivery</i>
A12	A13	49	<i>Delivery</i>
A13	Depot	0	<i>End</i>
Total Muatan (kg)			1005
Total jarak Tempuh (km)			58,16
Total Waktu Tempuh (menit)			438

Tabel 4. Distribusi Awal Truk 2

Awal	Tujuan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Keterangan
Depot	K	2000	Pick-Up
K	A14	111	Delivery
A14	A15	263	Delivery
A15	A16	110	Delivery
A16	A17	200	Delivery
A17	A18	162	Delivery
A18	A19	83	Delivery
A19	A20	215	Delivery
A20	A21	51	Delivery
A21	A22	55	Delivery
A22	A23	239	Delivery
A23	A24	131	Delivery
A24	A25	150	Delivery
A25	A26	230	Delivery
A26	Depot	0	End
Total Muatan (kg)			2000
Total jarak Tempuh (km)			67,59
Total Waktu Tempuh (menit)			541

Tabel 5. Distribusi Awal Truk 3

Awal	Tujuan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Keterangan
Depot	K	2752	Pick-Up
K	A27	80	Delivery
A27	A28	28	Delivery
A28	A29	25	Delivery
A29	A30	44	Delivery
A30	A31	34	Delivery
A31	A32	85	Delivery
A32	A33	80	Delivery
A33	A34	55	Delivery
A34	A35	180	Delivery
A35	A36	689	Delivery
A36	A37	40	Delivery
A37	A38	190	Delivery
A38	A39	230	Delivery
A39	A40	55	Delivery
A40	A41	560	Delivery
A41	A42	255	Delivery
A42	A43	122	Delivery
A43	Depot	0	End
Total Muatan (kg)			2752
Total jarak Tempuh (km)			85,10
Total Waktu Tempuh (menit)			657

Proses distribusinya menggunakan tiga Truk untuk mengirimkan produk unggas ke seluruh agen. Adapun kapasitas dari masing-masing Truk yaitu dapat mengangkut unggas sebanyak maksimal dua ton. Data distribusi awal disajikan pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5. Tabel 5 menunjukkan jumlah muatan yang dibawa melebihi kapasitas maksimal. Selain itu, waktu tempuh Truk dua dan tiga juga melebihi sembilan jam pengiriman. Hal ini akan mempengaruhi kualitas unggas nantinya. D, merupakan singkatan untuk depot, K singkatan untuk kandang, dan A merupakan singkatan untuk agen misalnya A1 berarti menunjukkan agen ke satu (1). *Time windows* atau jadwal waktu pelayanan seluruh agen disesuaikan dengan waktu

operasional depot, yaitu pada pukul 09:00-18:00. Itu artinya setiap Truk tidak boleh mulai mengunjungi agen sebelum pukul 09:00, dan Truk tidak boleh mengunjungi agen melebihi *time windows* yaitu pukul 18:00. Ini berarti masing masing Truk tidak boleh menempuh waktu perjalanan lebih dari 9 jam atau 540 menit.

Berdasarkan hasil perhitungan total jarak dan waktu tempuh pada rute pengiriman awal, tujuan penelitian ini dilakukan untuk dapat menghemat total jarak tempuh dan waktu tempuh untuk meminimasi total biaya distribusi. Metode yang digunakan yaitu VRP berbasis GIS dengan menggabungkan tiga jenis VRP yaitu *Capacitated VRP*, *VRP with time windows*, dan *VRP with pick-up delivery*. Metode ini digunakan untuk membagi jumlah agen dan urutan kunjungan agen supaya pengangkutan lebih merata dan tidak ada Truk yang membawa muatan melebihi kapasitas maksimal dan melewati batas waktu pengiriman.

3.2. Rute Distribusi Awal

Network Analyst vehicle routing problem (VRP) digunakan untuk mengolah data dan menentukan rute optimal untuk menyelesaikan permasalahan transportasi dan distribusi, meminimasi jarak dan waktu tempuh Truk nantinya dengan beberapa *constraint* yang dapat ditetapkan di dalamnya.

Dalam pengolahan data hingga mendapatkan rute optimal, pada *network Analyst vehicle routing problem* (VRP) terdapat beberapa langkah diantaranya:

1. Input *File SHP* Jaringan Jalan Kota Sragen
Shapefile adalah sebuah *file* yang berisikan data yang dapat diolah lagi seperti jaringan jalan. Dengan *shapefile* ini jaringan jalan kota sragen dapat diolah lagi menentukan dan menentukan rute distribusi untuk menyelesaikan masalah transportasi. Jenis *file SHP* dapat diperoleh dari berbagai sumber di internet seperti *website* kementerian atau geoportal GIS.
2. Input Waktu Tempuh Truk
 Data waktu Truk harus ditentukan terlebih dahulu sebelum memulai memasukan beberapa data lainnya. Waktu tempuh merupakan waktu yang dibutuhkan Truk untuk dapat menyelesaikan rute distribusinya hingga kembali lagi ke titik depot atau start awal.

Untuk mendapatkan Waktu tempuh Truk yaitu dapat diperoleh dengan persamaan (21):

$$t = \frac{s}{v} \tag{21}$$

Dimana (t) menunjukkan waktu tempuh, (s) merupakan jarak, dan (v) adalah kecepatan. Kecepatan perlu diasumsikan karena nilainya yang berubah-ubah atau tidak tetap sesuai situasi dan kondisi. Pada penelitian ini kecepatan setiap Truk akan diasumsikan selama 50 km/jam, asumsi ini didapat dari hasil wawancara dengan pihak driver pada saat proses pengambilan data di perusahaan. Adapun satuan waktu yang digunakan yaitu menit. Selain input waktu tempuh, pada tahapan ini juga akan dilakukan perhitungan panjang dari tiap ruas jalan kota Sragen. Perhitungan ruas jalan diperlukan supaya pada hasil atau *output*, akan tercatat jarak tempuh masing-masing Truk.

Tabel 6. Data Penentuan Rute *Network Analyst* VRP

Attribut	Nilai	Deskripsi
Name	Truk 1	Nama Truk
Start depot name	Lokasi 1	Truk memulai dari kandang (<i>Location1</i>)
End depot name	Lokasi1	Truk akan kembali ke kandang di akhir rute
Start depot service time	120	Waktu (dalam menit) yang dibutuhkan untuk memuat truk dengan ayam
Earliest start time	9:00:00	Truk dapat mulai beroperasi pada pukul 8:00
Latest start time	9:00:00	Truk harus mulai beroperasi secepatnya
Capacities	2000	Kapasitas maksimum truk dalam membawa ayam yaitu 2.000 kilogram
Max xorde rcount	15	Maximum jumlah agen yang bisa didatangi truk
Max total time	540	Sesuai <i>constraints</i> jam kerja, <i>driver</i> tidak bisa bekerja lebih dari sekian jam (sekian menit), ini sekaligus menjadi batasan unggas tidak boleh dikirimkan melebihi 9 jam perjalanan.
Max total travel time	120	Untuk memenuhi batasan hari kerja dan masih dapat melayani sejumlah toko yang wajar dengan memperhitungkan waktu yang diperlukan, di agen truk tidak boleh menghabiskan lebih dari sekian jam (sekian menit) mengemudi di jalanan

3. Memulai pencarian rute optimal
Tahap ini merupakan tahap akhir dimana akan dilakukan pencarian atau penentuan rute terpendek untuk mengoptimalkan rute distribusi unggas. Penentuan rute optimal akan menggunakan ekstensi dari Arcgis yaitu *Network Analyst vehicle routing problem* (VRP). Pada tahapan ini beberapa data perlu di input sebagai bahan dari penentuan rute nantinya, seperti jumlah agen beserta waktu pelayanan (*service time*) termasuk *time windows* (09:00-18:00), depot, kandang, dan jumlah *vehicle* atau Truk yang digunakan dalam distribusi.

Disini terdapat beberapa atribut yang harus diisi sebelum menjalankan *network analyst vehicle routing problem*. Atribut pertama yaitu jumlah order atau jumlah agen yang akan dikunjungi oleh Truk. Atribut ke dua yaitu toko, pada penelitian ini diasumsikan sebagai agen yang berisi informasi tentang nama agen, jumlah order, waktu pelayanan (*service time*), dan juga lokasi agen. Atribut ketiga yaitu depot, atribut ke empat yaitu kandang yang diasumsikan sebagai tempat *pick-up*. Atribut terakhir yaitu jumlah *vehicle* atau Truk

Adapun jumlah agen yang digunakan sebagai input dalam penelitian ini sebanyak 43 titik, jumlah depot sebanyak satu titik, dan tiga *vehicle* atau Truk. Beberapa batasan di dalam data Truk yang diinput perlu diperhatikan yang digunakan sebagai *constraint* atau batasan (Tabel 6).

3.3. Rekomendasi Rute Usulan

Pada hasil pengolahan data menggunakan *tools Network Analyst vehicle routing problem* (VRP) pada ArcGIS, diperoleh rekomendasi rute usulan. Terdapat tiga rute untuk masing-masing Truk. Adapun pendekatan yang digunakan pada *Network Analyst vehicle routing problem* (VRP) pada ArcGIS dalam penentuan rute optimal digunakan pendekatan Algoritma *Dijkstra* (ESRI, 2021). *Dijkstra* adalah suatu teknik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam mencari rute terpendek di dalam suatu *graf* yang memiliki bobot positif pada setiap titik untuk menentukan rute terpendek.

Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5, menunjukkan 43 titik lokasi agen. Para agen akan dilayani oleh tiga

Truk, namun pada rute awal pembagian jumlah agen dan jumlah muatan belum merata. Seperti pada Tabel 5, Truk tiga membawa muatan melebihi kapasitas, sedangkan pada Tabel 3, kendaraan satu masih mampu mengangkut muatan.

Tabel 7. Rekomendasi Rute Usulan Truk 1

Awal	Tujuan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Keterangan
Depot	K	1952	<i>Pick-Up</i>
K	A36	689	<i>Delivery</i>
A36	A37	40	<i>Delivery</i>
A37	A27	80	<i>Delivery</i>
A27	A26	230	<i>Delivery</i>
A26	A15	263	<i>Delivery</i>
A15	A14	111	<i>Delivery</i>
A14	A1	56	<i>Delivery</i>
A1	A2	75	<i>Delivery</i>
A2	A43	122	<i>Delivery</i>
A43	A38	190	<i>Delivery</i>
A38	A28	28	<i>Delivery</i>
A28	A29	25	<i>Delivery</i>
A29	A11	43	<i>Delivery</i>
A11	Depot	0	<i>End</i>
Total Muatan (kg)			1952
Total jarak Tempuh (km)			26
Total Waktu Tempuh (menit)			446

Penggunaan *Network Analyst vehicle routing problem* (VRP) pada ArcGIS selain dapat menentukan rute optimal, juga dapat membagi jumlah agen untuk kendaraan. Pembagian tersebut sesuai dengan batasan kapasitas Truk (*Capacitated VRP*). Truk tidak akan membawa muatan melebihi kapasitas. Selain itu *Network Analyst vehicle routing problem* (VRP) dapat mengatur jadwal pengiriman, kapan Truk dapat mengunjungi agen dan kapan Truk tidak dapat mengunjungi lokasi agen, sesuai dengan batasan waktu pengiriman/ pelayanan (*VRP with time windows*). Penggunaan *VRP with pick-up delivery*, akan diaplikasikan pada proses penjemputan atau proses *loading* unggas di kandang. Kandang harus dikunjungi pertama oleh Truk, setelah dari depot Truk akan melakukan *pick-up* unggas sesuai dengan pembagian muatan masing-masing. Tabel 7, Tabel 8, dan Tabel 9 menyajikan hasil rekomendasi rute

usulan untuk Truk 1, 2, dan 3 berdasarkan hasil *network analyst Vehicle Routing Problem* menggunakan *software ArcGis*.

Tabel 8. Rekomendasi Rute Usulan Truk 2

Awal	Tujuan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Keterangan
Depot	K	1944	<i>Pick-Up</i>
K	A22	55	<i>Delivery</i>
A22	A18	162	<i>Delivery</i>
A18	A21	51	<i>Delivery</i>
A21	A20	215	<i>Delivery</i>
A20	A19	83	<i>Delivery</i>
A19	A17	200	<i>Delivery</i>
A17	A16	110	<i>Delivery</i>
A16	A13	49	<i>Delivery</i>
A13	A31	34	<i>Delivery</i>
A31	A32	85	<i>Delivery</i>
A32	A34	55	<i>Delivery</i>
A34	A33	80	<i>Delivery</i>
A33	A7	90	<i>Delivery</i>
A7	A3	115	<i>Delivery</i>
A3	A41	560	<i>Delivery</i>
A41	Depot	0	<i>End</i>
Total Muatan (kg)		1944	
Total jarak Tempuh (km)		58	
Total Waktu Tempuh (menit)		528	

Tabel 9. Rekomendasi Rute Usulan Truk 3

Awal	Tujuan	Rata-Rata Permintaan (kg)	Keterangan
Depot	K	1861	<i>Pick-Up</i>
K	A12	88	<i>Delivery</i>
A12	A30	44	<i>Delivery</i>
A30	A23	239	<i>Delivery</i>
A23	A24	131	<i>Delivery</i>
A24	A39	230	<i>Delivery</i>
A39	A25	150	<i>Delivery</i>
A25	A35	180	<i>Delivery</i>
A35	A6	120	<i>Delivery</i>
A6	A5	43	<i>Delivery</i>
A5	A4	120	<i>Delivery</i>
A4	A40	55	<i>Delivery</i>
A40	A8	120	<i>Delivery</i>
A8	A9	30	<i>Delivery</i>
A9	A10	56	<i>Delivery</i>
A10	A42	255	<i>Delivery</i>
A42	Depot	0	<i>End</i>
Total Muatan (kg)		1861	
Total jarak Tempuh (km)		49	
Total Waktu Tempuh (menit)		499	

Hasil rekomendasi rute usulan Truk 1 dengan total muatan sebanyak 1952 kg, total jarak tempuh sebanyak 26 km, dan total waktu tempuh selama 446 menit. Truk 1 akan melayani agen sebanyak 13 lokasi agen (Tabel 7). Rekomendasi rute usulan Truk 2 dengan total muatan sebanyak 1952 kg, total jarak tempuh sebanyak 58 km, dan total waktu tempuh selama 528 menit. Truk 1 akan melayani agen sebanyak 15 lokasi agen (Tabel 8). Hasil rekomendasi rute usulan Truk 2 dengan total muatan sebanyak 1861 kg, total jarak tempuh sebanyak 49 km, dan total

waktu tempuh selama 499 menit. Truk 1 akan melayani agen sebanyak 15 lokasi (Tabel 9).

3.4. Pembahasan

Hasil rekomendasi rute usulan untuk masing-masing Truk menunjukkan terjadinya penurunan jarak tempuh dan waktu tempuh. Selain itu pembagian jumlah agen menjadi lebih merata jika dibandingkan dengan rute distribusi awal. Total waktu tempuh setiap Truk tidak ada yang melebihi 540 menit, hal ini menunjukkan Truk tidak ada yang mengalami keterlambatan pengiriman dikarenakan rentang waktu pengiriman produk (*time windows*) dimulai pada pukul 09:00-18:00 atau 9 jam pengiriman (540 menit). Perbandingan rute distribusi awal dengan rute usulan (Tabel 10 dan Tabel 11).

Tabel 10. Data Distribusi Rute Awal

Truk	Waktu Tempuh (menit)	Waktu Tempuh (jam)	Jarak (km)	Total Muatan (kg)
T1	438	7,30	58,16	1005
T2	541	9,01	67,59	2000
T3	657	10,95	85,10	2752
Total	1636	27,26	210,85	5757

Tabel 11. Data Distribusi Rute Usulan

Truk	Waktu Tempuh (menit)	Waktu Tempuh (jam)	Jarak (km)	Total Muatan (kg)
T1	446	7,43	26	1952
T2	528	8,8	58	1944
T3	499	7,48	49	1861
Total	1473	23,71	133	5757

Berdasarkan hasil perbandingan rute distribusi awal dan rekomendasi rute usulan, rute usulan yang diperoleh menggunakan metode VRP berbasis GIS lebih optimal dibandingkan dengan rute distribusi awal. Pada rute distribusi awal, jumlah waktu tempuh ketiga Truk sebanyak 1636 menit (27,26 jam), dengan total jarak tempuh sejauh 210,85 km, serta jumlah muatan total sebanyak 5757kg. Sedangkan pada rute distribusi usulan yang diperoleh menggunakan metode VRP berbasis GIS, menghasilkan total jarak tempuh dari ketiga kendaraan sebanyak 1473 menit (23,71 jam), dengan jarak tempuh total 133 km, dan total muatan 5757 kg.

Rute usulan yang diperoleh menggunakan metode VRP berbasis GIS mampu menghemat waktu tempuh total sebanyak 163 menit (2,71 jam), dan penghematan jarak tempuh total 77,85 km. dengan demikian rute usulan mampu menurunkan waktu tempuh total sebanyak 10% dan penurunan jarak tempuh sebanyak 37 % dibandingkan dengan rute distribusi awal. Hasil penelitian ini memperkuat penelitian sebelumnya, bahwa penggunaan metode VRP berbasis GIS mampu menghasilkan rute distribusi yang lebih optimal dengan menggabungkan tiga jenis yaitu *capacitated VRP*, *VRP with time windows*, dan *VRP with pick-up delivery*.

Adapun kelebihan penelitian ini adalah pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk

memetakan dan memvisualisasikan rute distribusi unggas. Hal ini memungkinkan pemahaman yang lebih baik terhadap aspek spasial dan topografis yang mempengaruhi proses distribusi, memberikan informasi tambahan yang bermanfaat dalam pengambilan keputusan. Selain itu penelitian ini menggunakan pendekatan *Network Analysis* atau VRP berbasis GIS untuk memperkuat pemahaman terhadap dinamika interaksi antar titik distribusi unggas. Penerapan analisis jaringan memungkinkan identifikasi jalur optimal dan efisiensi distribusi, yang dapat memberikan kontribusi terhadap pemecahan masalah distribusi dengan kapasitas Truk terbatas dan batasan waktu pengantaran (*time windows*).

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat implikasi teoritis yaitu, penelitian ini memperkaya pemahaman teoritis tentang *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan menggabungkan VRP dengan *pick-up and delivery* serta jendela waktu atau *time windows* sebagai *constraint* dalam penelitian ini. Integrasi aspek-aspek ini membuka potensi untuk pengembangan teori baru kedepannya yang mencakup dinamika distribusi yang lebih kompleks. Selain itu, penerapan *Network Analysis*-GIS atau VRP berbasis GIS, memberikan dimensi teoritis baru dengan mengeksplorasi dampak struktur spasial pada optimasi rute distribusi.

Hasil penelitian ini memberikan manfaat untuk industri peternakan unggas khususnya dalam bidang distribusi dan transportasi. Metode VRP berbasis GIS dengan menggabungkan VRP dengan *pick-up and delivery* serta jendela waktu atau *time windows* dapat membantu pengambil keputusan mengoptimalkan rute pengiriman, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan efisiensi. Integrasi GIS memfasilitasi perencanaan rute distribusi yang lebih efisien. Penjadwalan yang tepat waktu dapat ditingkatkan, mengurangi keterlambatan pengiriman, mengurangi jarak tempuh, membagi jumlah agen untuk setiap kendaraan supaya lebih merata dan memungkinkan kendaraan mengangkut sesuai dengan kapasitasnya. Selain itu, penerapan model ini juga dapat memberikan dorongan bagi perusahaan untuk beradaptasi dengan teknologi dan inovasi dalam logistik distribusi kedepannya.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode *Vehicle Routing Problem* (VRP) berbasis *Geographic Information System* (GIS) pada CV Sinar Pangan Mandiri berhasil mengoptimalkan rute distribusi unggas. Terdapat hasil penurunan yang signifikan dalam total waktu tempuh dan jarak tempuh dibandingkan dengan rute distribusi awal. Metode ini tidak hanya membantu dalam menentukan rute yang lebih efisien, tetapi juga memastikan bahwa setiap truk tidak melebihi kapasitas muatan dan waktu tempuh yang diizinkan, sehingga mengurangi stres pada unggas dan mencegah penurunan kualitas produk selama pengiriman. Rute yang diusulkan dengan metode VRP berbasis GIS (*Network Analyst VRP*) berhasil menghemat waktu tempuh total sebesar 163 menit (2,71 jam) dan jarak tempuh sebesar 77,85 km. Ini berarti penurunan waktu

tempuh sebesar 10% dan jarak tempuh sebesar 37% dibandingkan dengan rute awal. Adapun pendekatan yang terdapat dalam penentuan rute optimal, *tools Network Analyst VRP* pada ArcGIS menggunakan Algoritma *Dijkstra* yang merupakan Algoritma *default Network Analyst VRP* pada ArcGIS. Hasil penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa metode VRP berbasis GIS, dengan kombinasi *capacitated VRP*, *VRP with time windows*, dan *VRP with pick-up delivery*, dapat menghasilkan rute distribusi yang lebih optimal.

Penelitian ini belum memperhitungkan kondisi kepadatan jalan raya secara real-time. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk mempertimbangkan kepadatan jalan raya real-time. Selain itu, penggunaan metode lain dapat diupayakan untuk menyelesaikan permasalahan *vehicle routing problem* dengan lebih optimal dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, N. H., Giatman, M., Simatupang, W., Afrina, A., & Watrionthos, R. (2021). Penerapan Metode Dijkstra Pada Jalur Distribusi LPG Untuk Penentuan Jarak Terpendek. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 3(3), 235–243. <https://doi.org/10.47065/bits.v3i3.1052>
- Amorim, P., Meyr, H., Almeder, C., & Almada-Lobo, B. (2013). Managing perishability in production-distribution planning: a discussion and review. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 25(3), 389–413. <https://doi.org/10.1007/s10696-011-9122-3>
- Asghari, M., Sugiono, M. C., & Al-e-hashem, J. M. (2021). *Green vehicle routing problem : A state-of-the-art review*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107899>
- Borges, S. A., Fischer da Silva, A. V., Maiorka, A., Hooge, D. M., & Cummings, K. R. (2004). Effects of diet and cyclic daily heat stress on electrolyte, nitrogen and water intake, excretion and retention by colostomized male broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 3(5), 313–321. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.313.321>
- ESRI. (2021). *Algorithms used by the ArcGIS Network Analyst extension*. ESRI. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/algorithms-used-by-network-analyst.htm>
- Etches, R. J., John, T. M., & Gibbins, A. V. (2008). Behavioural, physiological, neuroendocrine and molecular responses to heat stress. In *Poultry production in hot climates* (pp. 48-79). Wallingford UK: CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845932589.0048>
- Hestanto. (2023). *Vehicle Routing Problem*. <https://www.hestanto.web.id/vehicle-routing-problem/>
- Husein. (2022). Optimasi Rute Distribusi Air Bersih Berbasis GIS Menggunakan Capacitated Vehicle Routing Problem With Time Windows (CVRPTW) (Studi Kasus : Bencana Tsunami Di

- Kota Padang). *Skripsi*. Universitas Pertamina. <https://library.universitaspertamina.ac.id/xmlui/handle/123456789/6372>
- Iswahyuni, N., & Yulianto, H. (2020). Optimasi Rute Pengiriman Menggunakan Geographic Information System (GIS) di PT Panen Indonesia Sejahtera. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/186761>
- Kasanah, Y. U., Hidayatuloh, S., & Qisthani, N. N. (2024). An Integration of Real-Time Vehicle Routing and Mobile Technology in Poultry Distribution. *Jurnal Infotel*, 16(2), 332-352. <https://doi.org/10.20895/infotel.v16i2.1130>
- Mohammed, F., Selim, S. Z., Hassan, A., & Syed, M. N. (2017). Multi-period planning of closed-loop supply chain with carbon policies under uncertainty. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 51, 146-172. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.033>
- Okorie, C., Ezeoke, G., & Xiong, Y. (2020). Enhancing distribution network performance: a quantitative approach to developing a distribution strategy model. *Pressacademia*, 7(4), 160-182. <https://doi.org/10.17261/pressacademia.2020.1331>
- Qing, G., Zheng, Z., & Yue, X. (2017). Path-planning of automated guided vehicle based on improved Dijkstra algorithm. *2017 29th Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, 7138-7143. <https://doi.org/10.1109/CCDC.2017.7978471>
- Pirompud, P., Sivapirunthep, P., & Chaosap, C. (2022). Factors influencing dead on arrival and condemnation of broilers during catching, transport, lairage and slaughter. *International Journal of Agricultural Technology*, 8(6):2535-2544. [http://www.ijat-aatsea.com/pdf/v18_n6_2022_November/17_IJAT_18\(6\)_2022_Pirompud,%20P.\(11\).pdf](http://www.ijat-aatsea.com/pdf/v18_n6_2022_November/17_IJAT_18(6)_2022_Pirompud,%20P.(11).pdf)
- Pujawan, I, N., Er, M., Kritchanchai, D., & Somboonwiwat, T. (2014). Uncertainty and schedule instability in supply chain: insights from case studies. *International Journal of Services and Operations Management*, 19(4), 468-490. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2014.065670>
- Rachmawati, N. L. (2024). GIS-Based Optimization for Gas Distribution Route Design: A Case Study of PT Gagas Energi Indonesia. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 13(1), 59-68. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v13i1.6507.59-68>
- Rahmat, D. P., Antoni, D., & Suroyo, H. (2021). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Area Menggunakan Arcgis (Studi Kasus Lokasi Organisasi Masyarakat (Ormas) Keagamaan Di Kota Palembang). *Jurnal Nasional Ilmu Komputer*, 2(4), 257-267. <https://doi.org/10.47747/jurnalnik.v2i4.537>
- Ratnasari, A., Ardiani, F., & A, F. N. (2013). Penentuan Jarak Terpendek dan Jarak Terpendek Alternatif Menggunakan Algoritma Dijkstra Serta Estimasi Waktu Tempuh. *Semantik* 2013, 3(1), 29-34. <https://publikasi.dinus.ac.id/index.php/semantik/article/view/715/503>
- Slamet, A. S., Siregar, H. H., & Kustiyo, A. (2014). Vehicle Routing Problem (VRP) dengan Algoritma Genetika Pada Pendistribusian Sayuran Dataran Tinggi. In *Jurnal Teknologi Industri Pertanian: Vol. 24(1)* (pp. 1-10). <https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/8085>
- Tamzil, M. H. (2014). Heat Stress on Poultry: Metabolism, Effects and Efforts to Overcome. *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*, 24(2), 57-66. <https://doi.org/10.14334/wartazoa.v24i2.1049>
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem, Discrete Mathematics and Applications*. Soc Ind Appl Math (SIAM). <https://doi.org/10.1137/1.9780898718515>
- Tranggono. (2017). Mitigasi Bencana Kebakaran Lahan Gambut Berdasarkan Metode Network Analysis Berbasis Gis (Studi Kasus: Pulau Bengkalis). *FTEKNIK*, 4(12 (152)), 1-15. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/15391/14934>
- Yansyah, M, D. (2016). Aplikasi Algoritma Cheapest Insertion Heuristic (CIH) With Saving Method Dalam Kasus Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW) Pada Pengangkutan Sampah. *Skripsi*. Universitas Jember. https://repository.unej.ac.id/jspui/bitstream/123456789/77977/1/Masrifan_DwiYansyah121810101076_.pdf