

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Distribusi merupakan inti dari pemasaran melalui saluran pemasarannya, yakni seperangkat organisasi yang saling bergantung yang terlibat dalam proses penyediaan produk atau layanan untuk digunakan atau dikonsumsi. Secara praktis, distribusi dapat dipahami sebagai kegiatan pemasaran yang bertujuan memperlancar dan mempermudah penyampaian produk dari produsen ke konsumen agar tepat sasaran, sehingga setiap detail pendistribusian terutama bagi perusahaan dengan banyak titik pengiriman harus dirancang dengan rute penyaluran yang tepat demi menjamin kepuasan konsumen (Watson et al., 2015).

Manajemen logistik adalah komponen penting dari *supply chain management* yang bertujuan memenuhi permintaan pelanggan. Manajemen logistik melibatkan perencanaan, pengendalian, serta pelaksanaan pergerakan dan penyimpanan barang dan jasa dari titik awal (*point of origin*) ke titik konsumsi (*point of consumption*). Dengan demikian, hal ini memungkinkan organisasi untuk mengurangi biaya dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Asal usul istilah 'logistik' sebelumnya dikenal dalam basis militer yang mencakup bagaimana personel militer memperoleh, menyimpan, dan memindahkan peralatan dan perbekalan antara (Wicaksono & Kusniawati, 2023)

Transportasi merupakan aktivitas perpindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lain. Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya transportasi adalah ketersediaan muatan yang diangkut, barang yang diangkut, dan jalan yang dilalui. Transportasi menjadi kunci utama bagi perusahaan dalam rantai persediaan karena proses pengiriman bahan baku yang tidak hanya berasal dari satu supplier saja, melainkan bisa dari puluhan hingga ratusan supplier. Transportasi merupakan komponen biaya yang cukup besar dalam pengeluaran perusahaan. Selain itu, transportasi juga berperan besar khususnya perusahaan yang bergerak di bidang pendistribusian atau pengiriman barang karena produk harus tiba di konsumen dengan tepat waktu dan dalam kondisi yang baik (Wicaksono & Kusniawati, 2023)

Ketika perusahaan mengoperasikan banyak titik pengiriman, penjadwalan pengantaran dan perutean kendaraan menjadi faktor penentu karena keduanya sebagian besar menentukan biaya distribusi serta kepuasan pelanggan. Selain itu, realitas tersebut telah menjadikan *vehicle routing problem* (VRP) sebagai salah satu topik yang paling banyak dikaji dalam riset operasi (Konstantakopoulos et al., 2022).

Secara tradisional, proses distribusi Industrial gas dari stasiun pengisian ke pelanggan seringkali dilakukan secara manual dan bergantung pada pengalaman pengemudi atau staf logistik. Pendekatan ini, meskipun dapat berfungsi dalam kondisi normal, terbukti tidak efisien dan rentan terhadap kesalahan saat volume permintaan meningkat. Akibatnya, terjadi inefisiensi operasional yang signifikan, seperti biaya bahan bakar yang tinggi, waktu tempuh yang tidak optimal, dan keterlambatan pengiriman yang berpotensi fatal (Prabowo & Setyaningsih, 2020).

Hingga kini, rute distribusi Industrial gas masih berpotensi tidak optimal, sehingga menimbulkan *detour* panjang, keterlambatan pengiriman, dan efisiensi rendah dari sisi waktu dan biaya. Sistem distribusi yang belum terotomasi atau tidak memanfaatkan pendekatan optimasi cenderung mengakibatkan tingginya biaya operasional dan gangguan pada pelayanan kesehatan, khususnya ketika permintaan tinggi (Iswahyuni & Yulianto, 2020).

Dilihat dari perspektif hasil layanan, kualitas logistik berhubungan langsung dengan kinerja pasar. Bagi penyedia layanan logistic dengan meningkatkan kepuasan pelanggan dan memperoleh niat penggunaan ulang pelanggan merupakan kunci untuk meraih keunggulan bersaing yang berkelanjutan dan kesuksesan (Lin et al., 2023).

Model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada dasarnya bertujuan merancang rute paling efisien bagi armada dengan batasan kapasitas, sehingga pelanggan dapat dilayani dengan biaya atau jarak minimal. Menegaskan fokus CVRP pada efisiensi biaya, jarak, dan bahkan aspek keberlanjutan. Dalam konteks rantai pasok, penjadwalan pengantaran dan perutean kendaraan menjadi krusial karena keduanya secara langsung menentukan biaya distribusi serta kepuasan pelanggan. (Palamutçuoğlu et al., 2025).

Jaringan jalan pada dasarnya merupakan sistem fitur linear (jalan) dan titik (persimpangan/simpang) yang saling terhubung, yang dilalui kendaraan, dan dapat direpresentasikan dalam bentuk grafik. Semua fitur titik dan garis dapat dengan mudah direpresentasikan dalam *Geographic Information System* (GIS) dengan cara yang tereferensi. *Geographic Information System* (GIS) memiliki kemampuan untuk memecahkan masalah terkait jaringan seperti pencarian jalur optimal, pencarian fasilitas terdekat, analisis area layanan, masalah tenaga penjual keliling, dan masalah perutean kendaraan. Penggunaan *Geographic Information System* (GIS) dalam proses optimasi bukan hanya memperkuat visualisasi rute, tetapi juga memungkinkan analisis spasial jaringan jalan secara detail, penilaian kondisi lalu lintas, dan perhitungan jarak/waktu yang realistis saat membentuk matriks jalur distribusi. Hal ini menjadikan hasil optimasi lebih sesuai dengan konteks lapangan dibanding metode tradisional (Shankar et al., 2014).

Dari sisi teknis, perutean berbasis jaringan merupakan dasar perencanaan pengiriman yang efisien karena masalah estimasi lintasan terpendek adalah tantangan yang utama dan klasik dalam jaringan transportasi dan pada praktiknya, jaringan jalan dimodelkan sebagai grafik berarah berupa jarak dan waktu tempuh untuk menjalankan algoritma lintasan terpendek (Pham et al., 2025).

CV. Sukses Maju Bersama merupakan salah satu Perusahaan yang bergerak dalam industri distribusi yang berlokasi di Pergudangan *Cluster Green River Pattene* 88, Kelurahan Temmapadue, Kecamatan Marusu, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Perusahaan ini melakukan penyediaan persediaan *Industrial gas*. Tidak hanya menjual *Industrial gas* CV. Sukses Maju Bersama juga terlibat langsung dalam distribusi keberbagai pelanggan yang ada di wilayah Maros dan Makassar dengan menjamin pasokan *Industrial gas* yang stabil dan menyediakan kebutuhan pelanggan. Pendistribusian yang dilakukan menggunakan jenis kendaraan mobil *pick-up*. CV.

Sukses Maju Bersama dihadapkan dihadapkan pada tantangan dalam merencanakan rute distribusi yang efisien untuk mengirimkan produk ke berbagai pelanggan.

CV. Sukses Maju Bersama telah mengusahakan produk dapat dengan mudah sampai ke konsumen, seperti melakukan distribusi secara tepat waktu ke setiap konsumen. Proses distribusi dilakukan secara manual sehingga sulit memperhatikan lokasi jarak gudang pangkalan yang akan dituju. Proses pendistribusian produk terkadang dikirim ke konsumen yang jaraknya tidak dipertimbangkan terlebih dahulu. Hal ini dapat menyebabkan biaya pengiriman menjadi lebih besar. CV. Sukses Maju Bersama juga mengalami kesulitan berkaitan dengan rute distribusi yang kurang tepat. Penentuan rute distribusi perusahaan ini menggunakan metode yang ditentukan sendiri oleh supir perusahaan berdasarkan informasi yang tersedia. Hal ini menyebabkan tidak konsisten dalam pemilihan rute pengantaran produk sehingga hal ini mempengaruhi adanya peningkatan biaya distribusi.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan mengintegrasikan model CVRP dengan kemampuan spasial GIS untuk merancang rute pengiriman *Industrial gas* yang lebih efisien dan akurat. Diharapkan hasilnya dapat membantu menekan biaya operasional, mempercepat pengiriman, serta meningkatkan kualitas layanan distribusi. Berdasarkan Uraian Diatas, Penulis Tertarik Melakukan Penelitian Tentang "**Optimasi Rute Distribusi *Industrial gas* Menggunakan Model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) Berbasis *Geographic Information System* (GIS)**".

## 1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini ditulis untuk menjawab beberapa rumusan permasalahan adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana penerapan model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) berbasis *Geographic Information System* (GIS) dapat membantu merancang rute distribusi *industrial gas* yang optimal dengan memperhatikan kapasitas kendaraan dan permintaan pelanggan?
- b. Seberapa besar peningkatan efisiensi distribusi *industrial gas* yang diperoleh sebelum dan sesudah penerapan model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) berbasis *Geographic Information System* (GIS), ditinjau dari total jarak tempuh, waktu distribusi, kapasitas kendaraan yang digunakan, serta biaya transportasi?
- c. Strategi distribusi apa yang dapat direkomendasikan untuk peningkatan efektifitas dan efisiensi logistik perusahaan dalam pendistribusian *industrial gas*?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menerapkan model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) berbasis *Geographic Information System* (GIS) untuk merancang rute distribusi *industrial* gas yang optimal dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan permintaan pelanggan.
- b. Menganalisis efisiensi distribusi sebelum dan sesudah penerapan optimasi *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) berbasis *Geographic Information System* (GIS), ditinjau dari total jarak tempuh, waktu distribusi, kapasitas kendaraan yang digunakan, dan biaya transportasi.
- c. Memberikan rekomendasi strategi distribusi *industrial* gas yang lebih efektif dan efisien guna mendukung peningkatan kinerja logistik perusahaan.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat memberikat manfaat sebagai berikut:

- a. Bagi Penulis  
Untuk mengetahui lebih dalam mengenai sistem distribusi *Industrial* gas dan pengoptimalan penjadwalan serta rute yang cukup efektif dan efisien dengan menggunakan metode model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada kondisi pengiriman *industrial* gas dalam bentuk visualisasi spasial menggunakan *Geographic Information System* (GIS).
- b. Bagi Istansi  
Dapat dijadikan salah satu referensi untuk memperluas pemahaman mengenai penggunaan penerapan model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) pada kondisi pengiriman *industrial* gas dalam bentuk visualisasi spasial menggunakan *Geographic Information System* (GIS).
- c. Bagi perusahaan  
Bagi perusahaan, sebagai alternatif solusi mengenai pengoptimalan rute pengiriman *industrial* gas agar menjadi efektif dan efisien dengan memaksimalkan kapasitas kendaraan.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

- a. Penelitian difokuskan pada proses distribusi *Industrial* gas dari depot utama ke pelanggan, tanpa membahas aspek produksi maupun penyimpanan *Industrial* gas.
- b. Permintaan tabung *Industrial* gas dari setiap pelanggan dianggap sudah diketahui secara pasti, tetap, dan tidak berubah selama periode penelitian.
- c. Jaringan jalan yang digunakan pada penentuan *matrix* jalan dianggap statis, yaitu tidak mempertimbangkan adanya perubahan kondisi jalan, kemacetan lalu lintas, perbaikan jalan, maupun hambatan lain yang bersifat dinamis.

- d. Penentuan waktu distribusi dilakukan perhitungan rute berdasarkan aplikasi *google maps*.
- e. Biaya distribusi hanya dihitung berdasarkan jarak tempuh kendaraan (biaya bahan bakar), tidak memperhitungkan biaya lain seperti gaji pengemudi, biaya perawatan kendaraan, dan biaya operasional tambahan.
- f. Optimasi rute distribusi menggunakan pendekatan model *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*.
- g. Visualisasi hasil optimasi hanya ditampilkan dalam bentuk peta digital menggunakan GIS untuk mempermudah analisis spasial, tanpa pengembangan sistem informasi distribusi berbasis aplikasi.
- h. Memberikan rekomendasi strategi distribusi *industrial gas* guna untuk peningkatan kinerja logistik perusahaan

## 1.6 Tinjauan Pustaka

### 1.6.1 Manajemen Logistik

Manajemen logistik menurut Aswiputri (2022) merupakan serangkaian kegiatan perencanaan, pengorganisasian, dan pengawasan terhadap kegiatan pengadaan, pencatatan, pendistribusian, penyimpanan, pemeliharaan dan penghapusan logistik guna mendukung efektivitas dan efisiensi dalam upaya pencapaian tujuan organisasi. Sistem informasi manajemen berhubungan dengan berbagai bagian dalam proses membuat sistem informasi untuk memenuhi kebutuhannya. Jika informasi tidak akurat, tidak detail, tidak tepat waktu, dan tidak relevan, maka akan ada kesalahan dalam proses pengambilan keputusan perusahaan. Manajemen logistik sebagai proses yang secara strategik mengatur pengadaan bahan (*procurement*), perpindahan dan penyimpanan bahan, komponen dan penyimpanan barang jadi (dan informasi terkait) melalui organisasi dan jaringan pemasarannya dengan cara tertentu sehingga keuntungan dapat dimaksimalkan baik untuk jangka waktu sekarang maupun waktu mendatang melalui pemenuhan pesanan dengan biaya yang efektif (Alacsel, 2024).

### 1.6.2 Distribusi

Distribusi adalah proses penyampaian barangatau jasa dari produsen ke konsumen atau parapemakai, sewaktu dan dimana barang atau jasa tersebut diperlukan. Dalam melakukan proses distribusi biasanya ada beberapa hal yang dipehitungkan seperti biaya, jarak, dan jumlah outlet yang akan dituju. Perusahaan biasanya akan berusaha sebisa mungkin agar dapat melakukan proses pendistribusian dengan optimal dan seefisien mungkin, karena dengan demikian Perusahaan dapat meminimumkan biaya distribusi, jarak tempu maupun waktu yang diperlukan dalam melakukan proses distribusi (Paillin et al., 2019).

Distribusi menurut Sitek (2021) merupakan suatu kegiatan dengan cara memindahkan barang dari pihak supplier kepada pihak agen pada tahapan proses *supply chain*. Distribusi adalah kunci dari sebuah keuntungan yang akan diperoleh suatu perusahaan dikarenakan distribusi yang dilakukan dengan secara langsung dapat mempengaruhi biaya dari *supply chain* dan kebutuhan terhadap agen tertentu. Distribusi melibatkan

semua aspek didalam proses pengiriman barang kepada agen. Distribusi juga dapat dijelaskan sebagai bagian dari *material handling*, dikarenakan *material handling* adalah perpindahan pada setiap saat dan setiap titik. Jadwal keputusan pengiriman serta rute yang akan ditempuh bagi setiap tipe kendaraan sangat akan berpengaruh terhadap biaya pengiriman. Akan tetapi, biaya tidaklah menjadi satu – satunya faktor yang dipertimbangkan didalam suatu proses pengiriman. Jadwal dan rute juga sering kali harus mempertimbangkan beberapa kendala lain salah satunya adalah armada pengangkutan ataupun kapasitas dari masing – masing kendaraan. Dapat disimpulkan pada permasalahan penjadwalan atau penentuan rute pengiriman terdapat beberapa tujuan yang akan dicapai seperti tujuan meminimumkan waktu atau meminimumkan jarak tempuh serta meminimumkan biaya pengiriman (Patmawati & Nugroho, 2022).

Logistik distribusi merupakan seluruh aktivitas yang terkait dengan penyediaan barang jadi kepada pelanggan, baik langsung dari proses produksi atau gudang pengiriman melalui jaringan distribusi regional (Straka, 2017). Sistem distribusi dari hulu ke hilir (*upstream to downstream distribution system*) memiliki tujuan utama untuk menghasilkan produk dan layanan yang lebih baik dengan biaya minimum. Hal ini menunjukkan pentingnya optimalisasi distribusi dalam mencapai efisiensi rantai pasok secara keseluruhan (Jodlbauer et al., 2023). Keberhasilan proses distribusi sangat dipengaruhi oleh hubungan antar mitra bisnis dalam rantai pasok (*business-to-business relationship*), karena koordinasi yang baik dapat mengurangi biaya logistik dan meningkatkan kepuasan pelanggan (Jamaluddin & Saibani, 2021).

### 1.6.3 Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) pertama kali diutarakan oleh Dantzig dan Ramser. VRP adalah permasalahan kompleks dari optimisasi kombinatorial, yang merupakan gabungan dari dua permasalahan, yaitu *Travelling Salesman Problem* (TSP) dan *Bin Packing Problem* (BPP). VRP merupakan *NP-Hard*, sehingga permasalahan ini sulit dipecahkan. VRP berhubungan dengan pengiriman dan/atau pengambilan barang. Masalah kritis VRP adalah rute dan pengaturan kendaraan pengangkut yang ada sehingga dapat melayani permintaan pelanggan seefisien mungkin berdasarkan pada kriteria-kriteria yang ada. Sebuah rute adalah serangkaian lokasi yang harus dikunjungi kendaraan pengangkut untuk menyelesaikan pelayanannya, misalnya pengiriman barang. Penyelesaian VRP menghasilkan rute dan dapat juga menghasilkan penjadwalan kendaraan-kendaraan pengangkut dalam rute yang terbentuk (Prasetyo & Tamyiz, 2017).

Batasan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dibagi menjadi beberapa jenis sebagai berikut (Arvianto et al., 2014).

#### 1. *Capacitied Vehicle Routing Problem*

Pada permasalahan ini setiap kendaraan yang mendistribusikan produk memiliki keterbatasan muatan. Sehingga kendaraan tidak boleh mendistribusikan produk yang melebihi kapasitas angkutnya.

#### 2. *Vehicle Routing Problem with Multiple Trips*

Dalam proses distribusi produk tentunya akan menjumpai rute yang berbeda-beda. Rute yang berbeda itu disebabkan oleh lokasi tujuan yang terpisah.

### 3. *Vehicle Routing Problem with Time Windows*

Pada jenis ini memiliki batasan waktu pengiriman yang ditentukan oleh konsumen. Sehingga kendaraan tidak boleh melakukan pengiriman melebihi waktu yang sudah ditentukan. Apabila terjadi keterlambatan pengiriman maka perusahaan akan mengalami kerugian.

### 4. *Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery*

Permasalahan dalam VRP dimana kendaraan harus melakukan pengiriman barang dari titik awal menuju ke lokasi tujuan.

### 5. *Vehicle Routing Problem with Multiple Products*

Pada permasalahan ini permintaan konsumen terdiri dari beberapa jenis produk yang harus diantarkan ke konsumen tersebut.

### 6. *Vehicle Routing Problem with Multiple Depots*

Pada kasus VRP ini titik awal (depot) yang dimiliki oleh perusahaan atau distributor lebih dari satu titik (depot).

### 7. *Periodic Vehicle Routing Problem*

Pengiriman produk dari titik awal ke konsumen membutuhkan jadwal pengiriman yang sudah ditentukan. Oleh karena itu pengiriman produk dilakukan sesuai jadwal yang sudah disetujui konsumen.

### 8. *Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleet of Vehicle*

Kendaraan yang digunakan dalam proses pengiriman produk memiliki jenis yang berbedabeda. Namun masing-masing jenis kendaraan sudah diketahui jumlah dan kapasitas angkut kendaraan tersebut.

## **1.6.4 *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)***

*Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* merupakan masalah optimisasi kombinatorial klasik yang memodelkan pelayanan suatu jaringan pelanggan dengan permintaan tertentu oleh armada kendaraan berkapasitas dari sebuah depot. Tujuan utamanya ialah merancang sekumpulan rute yang berawal dan berakhir di depot untuk meminimalkan biaya/jarak tempuh distribusi. Dalam formulasi dasar, setiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali oleh satu kendaraan, sementara setiap kendaraan memulai dan mengakhiri rutenya di depot sehingga aliran distribusi menjadi efisien. Rumusan ini banyak dipakai pada konteks transportasi, distribusi, dan logistik modern karena kesesuaiannya dengan operasi armada berbasis depot dalam praktik industri CVRP juga merupakan salah satu masalah dasar dalam optimisasi kombinatorial dengan sejumlah aplikasi praktis dalam transportasi, distribusi, dan logistik. CVRP menemukan himpunan rute dengan biaya total minimum untuk armada kendaraan berkapasitas yang beroperasi dari satu depot dengan batasan-batasan berikut (Borčinová, 2017).

- a. Setiap rute dimulai dan diakhiri di depot,
- b. Setiap pelanggan dikunjungi tepat sekali,
- c. Total permintaan setiap rute tidak melebihi kapasitas kendaraan

Berikut ini adalah formulasi matematis *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) menurut Cahyaningsih (Kristina et al., 2020):

### 1. Notasi

$d_{ij}$  adalah Jarak tempuh perjalanan dari konsumen  $i$  ke konsumen  $j$

$n$  adalah Jumlah konsumen

$D_j$  adalah Jumlah permintaan yang dikirim ke pelanggan  $j \in J$

$Q_k$  adalah kapasitas kendaraan  $k$

$K$  adalah kumpulan kendaraan

$J$  adalah himpunan pelanggan,  $J = \{1, 2, \dots, n\}$

$J_0$  adalah himpunan semua node termasuk depot,  $J_0 = \{0, 1, 2, \dots, n\}$

$V$  adalah himpunan kendaraan,  $K = \{1, 2, \dots, m\}$

$y_i$  dan  $y_j$  adalah variabel yang digunakan untuk menghindari terjadinya subtur, bisa diartikan sebagai posisi dari node  $i, j \in J$  dalam sebuah rute

### 2. Variabel Keputusan

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{jika terdapat kunjungan dari titik } i \text{ ke titik } j \text{ dengan kendaraan } k \\ 0, & \text{jika tidak terdapat kunjungan dari titik } i \text{ ke titik } j \text{ dengan kendaraan } k \end{cases}$$

### 3. Fungsi Objektif

$$\text{Min } Z = \sum_{k \in K} \sum_{i \in J_0} \sum_{j \in J_0} d_{ij} x_{ijk} \quad (1)$$

### 4. Kendala

a. Setiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali oleh satu kendaraan.

$$\sum_{j \in J_0} \sum_{k \in K} x_{ijk} = 1 \quad i \in J_0 \quad (2)$$

b. Total permintaan semua titik dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan.

$$\sum_{i \in J_0} \sum_{j \in J_0} D_j x_{ijk} \leq Q_k \quad k \in K \quad (3)$$

c. Setiap rute berawal dari depot nol.

$$\sum_{j \in J_0} x_{0jk} = 1 \quad k \in K \quad (4)$$

d. Setiap kendaraan yang mengunjungi satu titik pasti akan meninggalkan titik tersebut.

$$\sum_{i \in J} x_{ijk} - \sum_{j \in J} x_{ijk} = 0, \quad k \in K \quad (5)$$

e. Setiap rute berakhir di depot.

$$\sum_{i \in J_0} x_{i0k} = 1, \quad k \in K \quad (6)$$

f. Variabel  $x_{ijk}$  merupakan variabel integer biner

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad (i, j \in J_0 \quad k \in K) \quad (7)$$

### 1.6.5 Penerapan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*

*Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* adalah masalah optimasi yang memiliki penerapan luas di sektor logistik, transportasi, dan distribusi. Tujuannya adalah merencanakan rute pengiriman yang paling efisien, yang secara signifikan dapat mengurangi biaya operasional, konsumsi bahan bakar, dan jejak karbon. Berikut adalah beberapa contoh penerapan CVRP berdasarkan penelitian terbaru.

#### a. Logistik dan Pengiriman Barang

Penerapan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* untuk merancang rute distribusi produk coca cola dari depot ke sejumlah *outlet* dengan mempertimbangkan kapasitas angkut kendaraan dan permintaan setiap outlet. Dengan menggunakan heuristik Clarke & Wright (Savings Method), studi ini menyusun rute yang meminimalkan total biaya transportasi dan jarak tempuh (Agus Purnomo, 2017).

#### b. Pengangkutan Sampah dan Daur Ulang

*Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* merupakan permasalahan optimasi yang secara umum dapat digambarkan seperti contoh dimana titik sampah akan dilayani oleh satu TPS dengan kendaraan yang disediakan, lokasi jarak antara TPS dan titik sampah sendiri dapat diketahui melalui data-data yang telah terkumpul. Tujuan dari model untuk menentukan jadwal rute yang memungkinkan dimana hasil akhir dapat meminimalkan jarak atau total biaya dengan kendala-kendala (Marselina et al., 2024).

#### c. Layanan Kesehatan dan Gawat Darurat

Dalam sektor kesehatan CVRP diangkat untuk mengatasi permasalahan distribusi obat-obatan dari suatu pedagang besar farmasi untuk meminimasi rute sehingga menjadi rute yang lebih baik sehingga menghemat jarak dan biaya transportasi (Kristina et al., 2020)

#### d. Pertanian dan Pengangkutan Hasil Bumi

CVRP juga relevan dalam sektor pertanian, khususnya dalam pengangkutan hasil panen. Kendaraan harus mengunjungi berbagai ladang atau petani untuk mengumpulkan hasil bumi dan mengantarnya ke pusat distribusi atau pabrik pengolahan. Kapasitas kendaraan pengangkut adalah batasan utama dalam masalah ini.

### 1.6.6 *Evolutionary Algorithm* pada *Excel Solver*

Metode *evolutionary algorithm* merupakan suatu metode di dalam *solver Microsoft Excel*, yang dapat digunakan untuk mencari solusi optimal suatu model. Filosofi evolusi makhluk hidup merupakan dasar yang diambil untuk metode ini. *Evolutionary algorithm* sendiri dapat ditemukan pada *Microsoft Excel* standar 2010 atau yang lebih baru.

Menurut Hillier dan Lieberman, *evolutionary algorithm* sendiri memiliki tiga keunggulan dibanding metode *metaheuristic algorithm* lainnya yakni:

- a. Kompleksitas fungsi objektif tidak mempengaruhi *evolutionary algorithm*, selama fungsi tersebut dapat dievaluasi untuk masalah uji coba yang diberikan.
- b. Kompleksitas dari kendala yang ada tidak mempengaruhi *evolutionary algorithm* secara substansial.

- c. *Solver evolutionary* sendiri tidak terjebak pada lokal optimum suatu hasil dan akan terus bekerja secara random untuk mencari hasil yang lebih optimal lagi. *Evolutionary algorithm* juga dapat menemukan hasil global optimum dalam prosesnya jika dijalankan secara terus menerus, oleh karena itu metode ini sangat cocok digunakan untuk permasalahan yang cenderung kecil.

Pengolahan data menggunakan bantuan *Microsoft Excel* dengan menggunakan bantuan *solver evolutionary* untuk menemukan jarak/*cost* terkecil. *Solver evolutionary* sendiri merupakan salah satu program *linier metahuristic* yang membantu pengguna mencari hasil optimal berupa local optimal yang dijalankan beberapa kali sehingga hasil dapat mendekati global optimal (Yulianto et al., 2020).

### 1.6.7 Geographic Information System (GIS)

*Geographic Information System* (GIS) adalah teknologi dan metodologi berbasis komputer untuk mengumpulkan, mengelola, menganalisis, memodelkan, dan menyajikan data geospasial untuk berbagai aplikasi. SIG memainkan peran penting dalam ilmu kebumihantropika dengan menyediakan sarana yang ampuh untuk mengamati dunia dan berbagai alat untuk memecahkan masalah yang kompleks (Choi, 2020). Dalam suatu sistem informasi geografis, terdapat beberapa komponen utama yang saling berintegrasi dan saling terkait, yaitu (Saputro & Nuswantoro, 2013).

- a. Sistem komputer
- b. Data Geospasial
- c. User atau pengguna

Data dalam GIS merupakan bahan baku yang diproses oleh Sistem Informasi Geografis sehingga dihasilkan informasi yang menggambarkan kenampakan permukaan bumi (*real world*). Adapun jenis data geografi dalam GIS terdiri dari:

- a. Data spasial

Data spasial merupakan data grafis yang berkaitan dengan lokasi, posisi dan area pada koordinat tertentu. Dalam GIS data spasial dapat direpresentasikan dalam dua format, yaitu:

- 1) Data Vektor

Data vektor merupakan bentuk bumi yang direpresentasikan ke dalam kumpulan garis (line), area atau polygon (daerah yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama), titik (point) dan nodes (merupakan titik perpotongan antara dua buah garis). Data vektor didefinisikan oleh sistem koordinat kartesian dua dimensi (x,y).

- 2) Data raster

Data raster (atau disebut juga dengan sel grid) adalah data yang dihasilkan dari sistem penginderaan jarak jauh seperti citra satelit atau foto udara. Pada data raster, obyek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel grid yang disebut dengan pixel (picture element).

- b. Data non spasial (atribut)

Data non spasial (atribut) menguraikan karakteristik objek-objek geografi dari spasialnya seperti warna, tekstur dan keterangan lainnya. Data non spasial merupakan data yang menyimpan informasi mengenai nilai atau besaran dari data grafis. Untuk struktur data vektor, data atribut tersimpan secara terpisah dalam bentuk tabel. Sementara pada

struktur data raster nilai data grafisnya tersimpan langsung pada nilai grid atau piksel tersebut (Donya et al., 2020).

### **1.6.8 Integrasi *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* dan *Geographic Information System (GIS)***

Integrasi *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* dan *Geographic Information System (GIS)* menghasilkan pendekatan yang tidak hanya mampu memberikan rute optimal secara matematis, tetapi juga divisualisasikan dalam bentuk peta digital untuk memudahkan pengambilan keputusan. Integrasi optimasi distribusi berbasis GIS dapat mengurangi jumlah armada dan biaya distribusi secara signifikan. Dengan demikian, kombinasi model *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* dan *Geographic Information System (GIS)* sangat relevan untuk menyelesaikan permasalahan distribusi yang memiliki keterbatasan kapasitas kendaraan sekaligus kebutuhan akan ketepatan waktu pengiriman (Rachmawati, 2024).

## **1.7 Penelitian Terdahulu**

Perbedaan yang terdapat pada penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu pada objek penelitian yang diteliti dan juga pada metode penentuan rute terdekat yang berbeda-beda. Berikut penjelasan lebih detail mengenai penelitian terdahulu.

Nur Layli Rachmawati (2024) melakukan penelitian "*GIS-Based Optimization for Gas Distribution Route Design: A Case Study of PT Gagas Energi Indonesia*". Penelitian ini bertujuan untuk meminimasi biaya transportasi dengan menetapkan rute dan jumlah kendaraan yang optimal menggunakan *Multi Trip Vehicle Routing Problem Time Windows Simultaneous Pickup and Delivery (MTVRPTW-SPD)*. Permasalahan ini diselesaikan menggunakan optimasi berbasis *Geographic Information System (GIS)*. Untuk menunjukkan kinerja hasil optimasi berbasis GIS, dilakukan perbandingan antara kondisi eksisting dan hasil optimasi untuk 50 titik permintaan. Kemudian dikembangkan dua skenario, yakni dengan 100 dan 200 titik permintaan untuk menunjukkan implikasi Keputusan terhadap ketidakpastian permintaan. Berdasarkan hasil optimasi untuk 50 titik permintaan hasil yang lebih dibandingkan kondisi eksisting ditinjau dari sisi jumlah kendaraan yang dibutuhkan, total jarak tempuh, dan total biaya transportasi, dimana masing-masing mengalami penurunan sebesar 3 unit, 46,5%, dan 43,5% secara berturut-turut (Rachmawati, 2024).

Hoda Karimipour, Vivian W. Y. Tam, Helen Burnie, and Khoa N. Le (2017) melakukan penelitian "*Vehicle Routing Optimization for Improving Fleet Fuel Efficiency: A Case Study in Sydney, Australia*". Penelitian ini bertujuan menemukan cara untuk mengurangi jarak tempuh pengumpulan dan pengangkutan sampah kota dari rumah-rumah di Wilayah Kota Blacktown guna mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi gas rumah kaca. Ekstensi ArcGIS 10.3 *Network Analyst* dari Esri digunakan dalam studi ini. Untuk menghitung rute optimal pengumpulan sampah, beberapa masukan digunakan, termasuk: titik pengumpulan yang mewakili titik awal depo, atap rumah tempat sampah dikumpulkan, dan titik bongkar. Hasil studi ini menunjukkan bahwa: Menggunakan rute yang dioptimalkan alih-alih rute biasa dapat mengurangi total jarak tempuh sebesar 8 km/hari di lokasi percontohan. Rute yang dioptimalkan akan

mengurangi emisi truk tersebut sebesar 5,5 kg CO<sub>2</sub> per hari untuk area pengumpulan tersebut. Ini merupakan pengurangan sekitar 8% untuk pengumpulan tersebut (Karimipour et al., 2017).

Dody Chandradhinata, Dedi Sa'dudin Taptajani dan Moch Zain Fathori melakukan penelitian "Perancangan Rute Pengangkutan Sampah di Garut Dengan Model Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*". Penelitian ini merancang rute pengangkutan sampah menggunakan metode *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* dengan kombinasi algoritma *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor*. Metode ini lebih efisien dibandingkan algoritma lain seperti genetika, dengan penerapan sederhana yang relevan untuk perkotaan. Hasil menunjukkan jumlah rute dapat dikurangi dari 12 menjadi 9 (25%), jarak tempuh berkurang dari 518,18 km menjadi 312,69 km (penghematan 205,49 km), dan biaya operasional turun dari Rp 17.618.120 menjadi Rp 10.631.460 (penghematan Rp 6.986.660 atau 39,65%). Selain mendukung efisiensi biaya dan waktu, metode ini mengurangi emisi kendaraan dan dampak lingkungan. Studi ini memberikan solusi praktis bagi Dinas Lingkungan Hidup (DLH) serta membuka peluang integrasi teknologi IoT di masa depan (Chandradhinata et al., 2025).

Agus Mulyadi, St. Nova Meirizha, Obbie Fauddin, Jusnita dan Hendri Ali Ardi (2024) melakukan penelitian "Optimasi Rute Distribusi Ayam Broiler dengan Metode *Nearest Neighbour* (Studi Kasus: di CV. Global Putra Swasembada)". Pada proses pendistribusian, kendaraan masih memiliki kapasitas yang tersisa yang harusnya dapat digunakan untuk memuat pesanan pelanggan yang berada pada area lain. Sehingga jumlah tur yang terbentuk dan jumlah kendaraan yang digunakan menjadi lebih banyak yang berakibat pada tingginya biaya distribusi. Sehingga diperlukan cara pendistribusian yang efektif dan efisien dengan optimasi rute distribusi. Penelitian menggunakan metode *Nearest Neighbour* dalam menentukan rute baru. Hasil perhitungan *Nearest Neighbour* yaitu jarak rute eksisting yang sebelumnya sebesar 151,3 Km menjadi 128,8 Km mendapatkan penghematan jarak sebesar 22,5 Km, dari jumlah kendaraan sebelumnya memakai 4 kendaraan menjadi 3 kendaraan optimal, dan setelah penghitungan biaya distribusi dari sebelumnya perusahaan mengeluarkan biaya sebesar Rp. 28.590.800 menjadi Rp. 21.744.000 maka terjadi pengurangan biaya sebesar Rp. 6.846.800 atau 14% setiap bulannya (Mulyadi et al., 2024).

Reza Ardiansyah Teguh Saputro, Yulinda Uswatun Kasanah, Oktaviani Rahmah Marddan dan Khasbi Niami (2024) melakukan penelitian "Optimasi Rute Distribusi Unggas Berbasis *Network Analysis-GIS* Menggunakan *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Window Pickup and Delivery*". 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 (Saputro et al., 2024).

Rully Rumaida, Fibri Rakhmawati dan Dedy Juliandri (2024) melakukan penelitian “Penerapan Algoritma *Tabu Search* pada *Capacitated Vehicle Routing Problem* Pengangkutan Sampah di Kota Padang Sidempuan”. Bentuk masalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) terkait dengan pencarian rute minimum, Algoritma *Tabu Search* merupakan salah satu metode metaheuristik yang dapat menuntun prosedur pencarian lokal *heuristik* untuk menjelajahi daerah solusi di luar titik optimal lokal. Algoritma *Tabu Search* dapat digunakan untuk mencari solusi optimal VRP yaitu rute yang memiliki total jarak tempuh minimum dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk menentukan rute optimal pengangkutan sampah pada model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) di Kota Padang Sidempuan dengan menggunakan algoritma *Tabu Search*. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan bahwa rute optimal pengangkutan sampah pada model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) di Kota Padang Sidempuan dengan menggunakan algoritma *Tabu Search* diperoleh rute terpendek pada iterasi 1 dengan rute (12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1-0) dan panjang rute 16,55 km (Rully Rumaida et al., 2024).

Harries Wirawan dan Suharjito (2022), melakukan penelitian “*Multi Depot Vehicle Routing Problem and Geographical Information System Integration: Retail Stores Case Study*” Perencanaan rute pengiriman *Multi Depot Vehicle Routing Problem* menyebabkan operasi logistik membutuhkan jarak tempuh yang jauh dan biaya distribusi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan integrasi masalah MDVRP dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mendapatkan perencanaan rute pengiriman yang optimal dengan jarak tempuh minimum menggunakan pendekatan pemrograman integer campuran multi-objektif dan memvisualisasikan penugasan pengirimannya dengan integrasi SIG publik sumber terbuka. Hasilnya menunjukkan untuk rute 8 kendaraan, dan sebagai kesimpulan, kendaraan 1 melalui Depot A – Pelanggan 39 – Pelanggan 12 – Pelanggan 10 – Pelanggan 11 – Pelanggan 6 – Depot A dengan jarak tempuh 260,58 satuan jarak sebagai hasil dan sebagai jawaban atas definisi masalah. Hasilnya menunjukkan kontribusi dari makalah ini, yaitu menerapkan integrasi GIS publik sumber terbuka ke MDVRP, mengembangkan model perencanaan pengiriman untuk menghasilkan rute optimal dengan jarak tempuh minimum, memecahkan model yang diusulkan dan memvisualisasikan (Wirawan & Suharjito, 2023).

Mehmet Savsar, Aaya Aboelfotoh dan Dalal Embaireeg (2019) melakukan penelitian “*A GIS-based methodology for solving the capacitated vehicle routing problem with time windows: a real-life scenario*”. Dalam studi ini, mereka menyajikan analisis sistem distribusi dan mengusulkan pendekatan sistematis untuk meningkatkan distribusi tugas menggunakan sistem informasi geografis (SIG). Secara khusus, alat analisis jaringan *ArcMap* digunakan untuk meminimalkan total biaya transportasi dan memastikan keseimbangan beban kerja. Mereka menggabungkan kondisi lalu lintas dinamis, jendela waktu, kapasitas kendaraan, dan jam kerja pengemudi ke dalam model kami untuk menyajikan hasil yang lebih realistis. Mereka juga membandingkan total

biaya transportasi akibat penugasan manual dengan biaya yang diperoleh menggunakan pendekatan kami, selain membuktikan validitas alat tersebut untuk permasalahan skala yang lebih besar. Analisis diterapkan pada perusahaan catering makanan tertentu untuk mengilustrasikan prosedur secara detail(Savsar et al., 2019).

## **BAB II**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di CV. Sukses Maju Bersama yang berlokasi di Pergudangan Cluster Green River Pattene 88, Kelurahan Temmapadue, Kecamatan Marusu, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.

#### **2.2 Sumber Data**

Pada penelitian ini data yang digunakan sumber data yang diperoleh oleh penulis merupakan data primer sebagai berikut:

##### **a. Data Primer**

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari hasil observasi di lapangan. Data penelitian ini diperoleh menggunakan metode wawancara dengan pihak yang bersangkutan terkait pendistribusian *Industrial gas*. Adapun data primer yang diperlukan dalam laporan ini adalah proses distribusi *Industrial gas*, jumlah transportasi yang digunakan, kapasitas transportasi yang digunakan, biaya-biaya yang digunakan dalam proses distribusi produk dan kendala yang dialami oleh perusahaan selama proses distribusi.

##### **b. Data Sekunder**

Data sekunder merupakan pelengkap data primer yang umumnya diperoleh dari sumber kepustakaan seperti buku, jurnal, serta dokumentasi perusahaan dan sumber-sumber lainnya. Pada penelitian ini data yang diperlukan merupakan internal data yang diperoleh dari laporan yang dikumpulkan oleh perusahaan. Adapun data sekunder yang diperlukan adalah jumlah permintaan, nama dan alamat pangkalan.

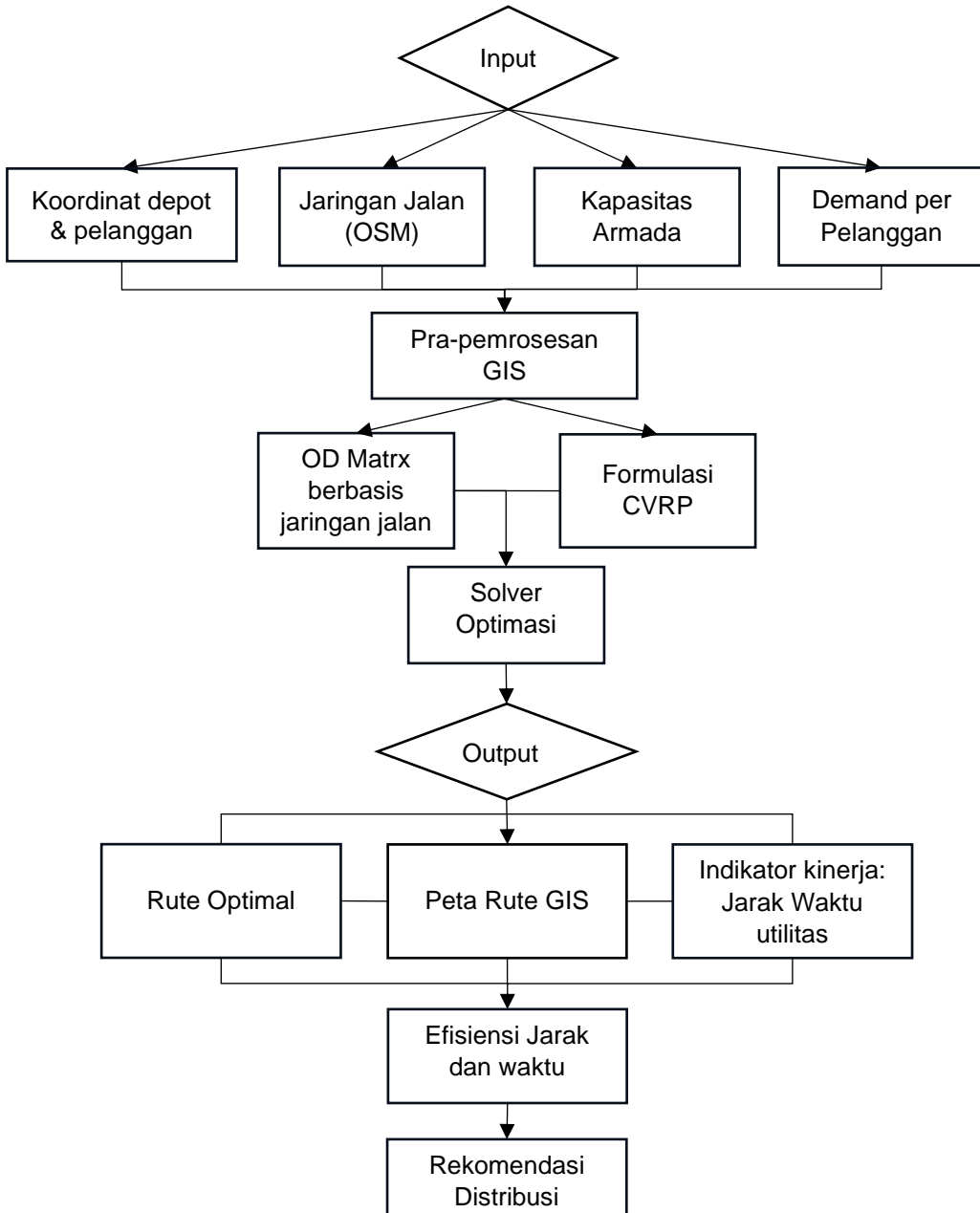
#### **2.3 Metode Pengumpulan Data**

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dan kuantitatif. Adapun data yang dikumpulkan dengan melakukan wawancara dan data historis sebagai berikut:

- a. Studi Pustaka adalah seri aktivitas terkait dengan teknik pengumpulan data pustaka yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman dan dasar teoritis yang relevan dalam menganalisis data serta menjelaskan permasalahan melalui buku, jurnal, dan berbagai sumber lain sebagai acuan dalam penelitian ini. Penelitian kepustakaan dilaksanakan dengan mencari referensi dari jurnal dan buku yang membahas penentuan rute menggunakan metode yang iaplikasikan dalam penelitian ini.
- b. Observasi, melakukan observasi terkait titik rute pengantaran *Industrial gas* untuk mendapatkan jumlah permintaan setiap pangkalan dan jarak tempuh.
- c. Wawancara, melakukan kegiatan wawancara dengan pihak yang terlibat langsung dalam kegiatan ini dengan memberikan pertanyaan kepada beberapa karyawan dan pemilik pangkalan yang dikunjungi. Adapun wawancara ini dilakukan untuk mengetahui alur distribusi *Industrial gas*, kapasitas kendaraan, biaya operasional, dan jumlah permintaan di masing-masing pangkalan.

## 2.4 Kerangka Berpikir

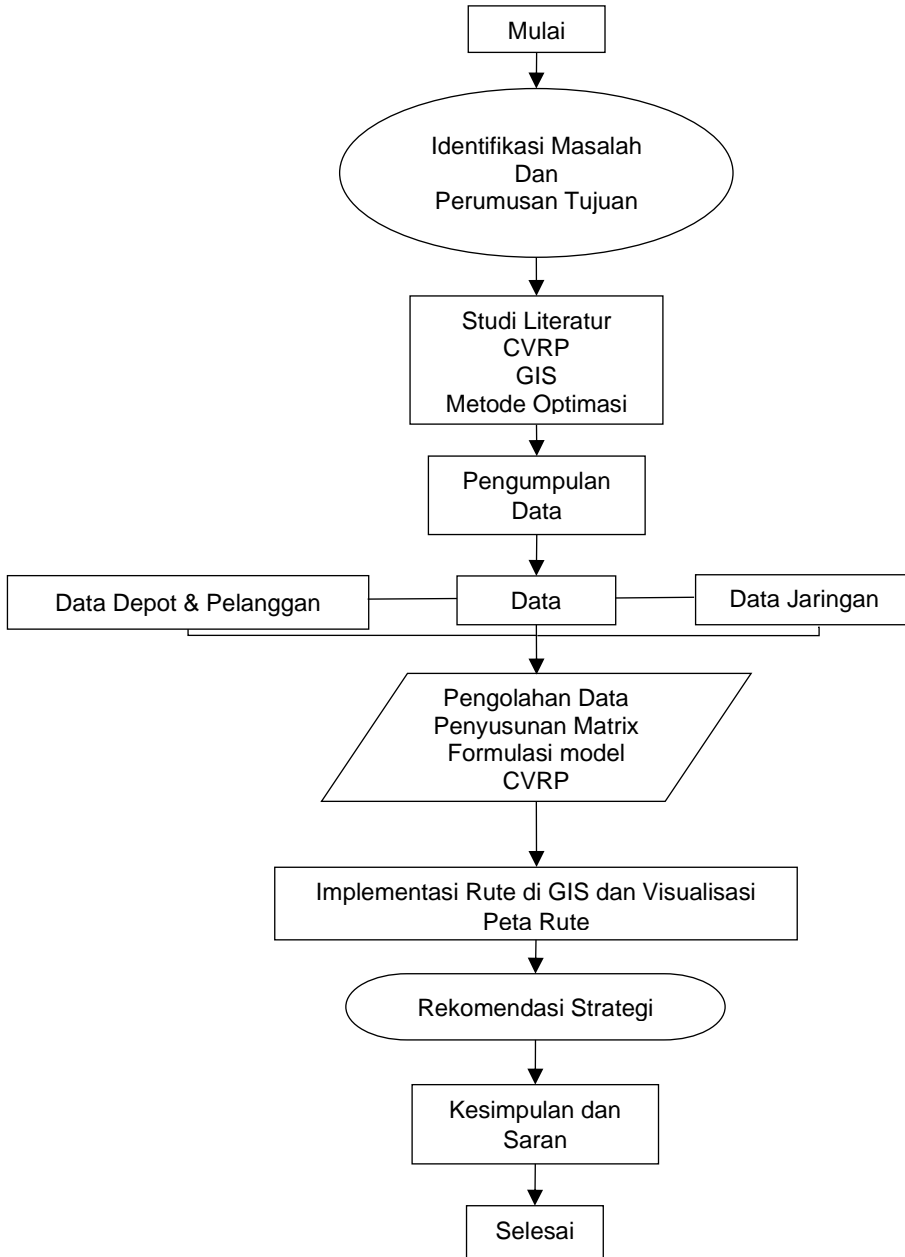
Kerangka berpikir berikut menggambarkan alur logis penelitian dalam menghubungkan permasalahan, variabel, serta pendekatan analisis yang digunakan. Penyajian kerangka ini membantu memperjelas proses penalaran penelitian dari identifikasi masalah hingga terbentuknya solusi atau kesimpulan yang dihasilkan. Berikut alur kerangka berpikir pada gambar1.



**Gambar 1.** Kerangka Berpikir

## 2.5 Diagram Alur Penelitian

Diagram alur penelitian berikut menggambarkan tahapan utama yang dilakukan dalam penelitian ini, mulai dari pengumpulan data, pengolahan, analisis, hingga penarikan kesimpulan. Penyajian alur ini bertujuan memberikan gambaran ringkas mengenai proses penelitian secara menyeluruh. Berikut diagram alur penelitian pada gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram Alur Penelitian