

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan bahan bakar gas yang berasal dari campuran butana (C_4H_{10}) dan propana (C_3H_8) dalam bentuk cair. Pertamina memasarkan LPG sebagai energi alternatif pengganti minyak tanah yang sebelumnya banyak dimanfaatkan di rumah tangga maupun sektor usaha. Jika dibandingkan dengan kayu bakar atau minyak tanah, LPG dinilai lebih praktis, bersih, serta mampu menghasilkan panas lebih cepat. Karena perannya sebagai bahan bakar untuk memasak, LPG menjadi salah satu kebutuhan penting masyarakat. Di Indonesia, konsumsi LPG terus mengalami peningkatan setiap tahun dibandingkan dengan jenis bahan bakar lainnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik penggunaan bahan bakar memasak di Indonesia pada tahun 2015–2016, selain gas LPG yang sudah dominan, kayu masih cukup banyak digunakan. Namun, pada tahun 2021 penggunaan gas LPG meningkat tajam hingga melampaui 80%, sementara kayu menurun drastis dan minyak tanah hampir tidak dipakai lagi. Jenis bahan bakar lain seperti arang/briket, listrik, dan kategori lainnya hanya digunakan dalam persentase sangat kecil. Hal ini menegaskan keberhasilan program konversi energi rumah tangga dari minyak tanah dan kayu menuju gas LPG sebagai sumber energi utama. Tingginya permintaan gas LPG di Indonesia harus diimbangi dengan distribusi yang efektif untuk memenuhi kebutuhan di masyarakat (Setiawan et al., 2025).

Distribusi bertujuan untuk mengalihkan produk dari produsen ke konsumen, memfasilitasi dan menyederhanakan proses penyampaian barang. Selain itu, distribusi juga berperan dalam meningkatkan nilai rantai pasokan dengan mengoptimalkan operasional distribusi, sehingga standar pengiriman yang lebih efisien dapat dicapai. Proses distribusi ke berbagai tujuan dapat menghasilkan jalur atau rute distribusi yang panjang, yang pada gilirannya dapat meningkatkan biaya distribusi saat produk dipasarkan. Dalam konteks ini, suatu sistem distribusi yang efektif melibatkan kemampuan perusahaan untuk mengirimkan produk dengan tepat dan efisien sesuai dengan permintaan yang ada (Ziółkowski et al., 2022).

Distribusi berperan penting dalam memastikan ketersediaan produk di pasar secara merata di setiap wilayah. Seperti halnya pada industri manufaktur, kebanyakan perusahaan memanfaatkan agen dan distributor dalam pendistribusian produk mereka. Cara ini dikenal lebih efektif dan efisien dalam mengurangi biaya distribusi. Persaingan yang semakin ketat membuat produsen hanya dapat menggarap pasar yang telah ada didalamnya dengan perencanaan yang baik. Perencanaan distribusi juga dikaitkan dengan armada penjualan (*sales force*), pengiriman (*delivery*), bagian logistik, administrasi, dan divisi lain dalam perusahaan (Amico et al., 2024).

Proses distribusi selalu berkaitan dengan proses transportasi dalam pengiriman barang atau jasa dari sebuah perusahaan ke konsumennya. Distribusi

dapat diartikan sebagai aktivitas pemasaran yang bertujuan untuk mempermudah dan memperlancar pengiriman produk kepada konsumen dengan cepat dan tepat waktu. Distribusi menjadi faktor utama pada profitabilitas perusahaan karena berkontribusi besar pada biaya rantai pasok dan nilai pelanggan secara langsung. Kecepatan distribusi produk memiliki pengaruh langsung terhadap kelangsungan produksi pada suatu proses bisnis. Pengaruh ini dapat dilihat dari kemampuan produk dalam memenuhi pasokan barang dan dapat bersaing dengan produk lain yang sejenis. Pendistribusian barang atau jasa merupakan hal penting dalam industri jasa atau manufaktur. Distribusi sangat erat kaitannya dengan transportasi yang memungkinkan produk dipindahkan dari lokasi pembuatan (produksi) ke lokasi konsumen atau distributor. Namun, sering kali kendala yang dihadapi adalah jarak dan waktu tempuh yang lumayan jauh berdampak kepada pemborosan biaya bahan bakar yang dikeluarkan (Li et al., 2019).

PT. Rezki Bahari Pajukukang merupakan salah satu perusahaan yang aktif dalam mendistribusikan LPG di wilayah Kalimantan Selatan, khususnya Tanah Bumbu dan sekitarnya. Dengan kantor yang berlokasi di Jl. H. Kulie Kel. Kampung Baru Kec. Simpang Empat Kab. Tanah Bumbu Prov. Kalimantan Selatan, perusahaan ini mendukung kebutuhan energi rumah tangga dan industri melalui penyediaan tabung gas LPG 3 kg. Selain menjual produk, perusahaan juga terlibat langsung dalam kegiatan distribusi ke berbagai wilayah yang ada di Tanah Bumbu guna menjamin pasokan gas yang stabil dan mudah diakses oleh masyarakat. Pendistribusian yang dilakukan menggunakan jenis armada yaitu truk. Kegiatan distribusi berfungsi untuk memindahkan hasil produksi dengan baik, lancar, aman, dan efisien. Jika proses distribusi tidak berlangsung dengan baik, maka pembelian, penjualan, dan pemasaran tidak akan sampai ke tujuan atau konsumen.

Jaringan distribusi yang luas mendukung upaya perusahaan dalam meningkatkan efisiensi proses pengiriman, namun proses pengiriman yang dilakukan agen masih belum efisien. Hal ini disebabkan oleh adanya ketergantungan pada intuisi dan pengalaman sopir dalam menentukan jalur distribusi, tanpa didukung perancangan rute yang sistematis. Akibatnya, sering terjadi jarak tempuh yang lebih panjang dari seharusnya serta peningkatan biaya operasional. Cakupan wilayah pelanggan yang sangat luas juga menambah kompleksitas dalam penyusunan rute terbaik. Hingga kini, perusahaan belum memiliki metode formal dalam perencanaan distribusi. Sopir hanya dibekali daftar pelanggan setiap harinya tanpa arahan jalur, sehingga cenderung memilih rute berdasarkan perkiraan pribadi. Kondisi ini membuat distribusi belum optimal, karena hanya berfokus pada pemenuhan permintaan pelanggan tanpa mempertimbangkan efisiensi jarak maupun waktu tempuh antar titik. Situasi tersebut menunjukkan adanya celah penelitian, yaitu belum adanya pendekatan sistematis berbasis algoritma dalam perencanaan rute distribusi LPG di lingkungan perusahaan dengan karakteristik operasional serupa. Padahal, penggunaan algoritma heuristik yang sederhana namun tepat dapat memberikan peningkatan signifikan pada efisiensi logistik dan berpotensi diterapkan pada berbagai sektor industri dengan masalah distribusi multi-titik.

Untuk mencapai distribusi yang lebih efisien, rute pengiriman perlu disusun dengan perencanaan yang terarah. Sistem distribusi yang terorganisir dapat membantu menekan biaya sekaligus meningkatkan kecepatan respons terhadap kebutuhan pelanggan. Dalam praktik ideal, distribusi LPG seharusnya mampu mengurangi jarak perjalanan serta menurunkan beban operasional. Oleh karena itu, diperlukan pemilihan jalur yang tepat, proses sederhana, serta pengiriman yang cepat, sehingga pesanan dapat diterima tepat waktu dengan biaya yang lebih hemat. Perancangan rute yang optimal juga memastikan produk sampai lebih cepat ke tangan konsumen, yang pada akhirnya dapat memperkuat daya saing perusahaan.

Penelitian ini menghadirkan solusi dengan mengimplementasikan dua metode optimasi rute, yaitu *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor*, untuk menyelesaikan permasalahan yang ada di perusahaan. Dua metode tersebut merupakan permasalahan logistik klasik yang bertujuan mencari jalur terpendek dengan mengunjungi setiap titik sekali dan kembali ke titik awal. *Saving Matrix* adalah salah satu algoritma heuristik yang sering digunakan dalam penentuan rute distribusi/pengiriman dengan tujuan meminimalkan total biaya perjalanan berupa jarak atau waktu tempuh. Prinsip kerjanya adalah mencari kombinasi pelanggan yang memberi penghematan jarak terbesar dibanding jika dilayani sendiri-sendiri, lalu membangun rute dari kombinasi tersebut sampai semua pelanggan terlayani. Sedangkan *Nearest Neighbour* merupakan metode heuristik yang kerap dimanfaatkan dalam penyelesaian berbagai permasalahan, termasuk perancangan jalur distribusi. Algoritma ini banyak diaplikasikan karena sesuai untuk kondisi rute dengan titik-titik pengiriman yang tersebar luas dalam suatu wilayah. Prinsip kerja *Nearest Neighbor* adalah memilih jalur dengan jarak terdekat dari satu pelanggan ke pelanggan berikutnya hingga semua titik terlayani.

Pemilihan rute terbaik akan menghasilkan efisiensi distribusi pada produk. Kedua metode di atas mempunyai keunikan masing-masing dalam menyelesaikan permasalahan rute distribusi, sehingga melalui implementasi dan perbandingan kedua metode ini, penelitian ini bertujuan menemukan rute pengiriman yang paling efisien dalam hal jarak, waktu tempuh dan konsumsi bahan bakar. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu permasalahan yang ada dalam PT. Rezki Bahari Pajukukang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan fokus penelitian, maka rumusan masalah yang akan dikaji adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana menentukan rute distribusi Gas LPG 3 kg yang optimal untuk PT. Rezki Bahari Pajukukang?
- b. Bagaimana hasil perbandingan kinerja antara metode *Saving Matrix* dan Algoritma *Nearest Neighbour* dalam menentukan rute distribusi?
- c. Sejauh mana penerapan metode *Saving Matrix* dan Algoritma *Nearest Neighbour* dapat memengaruhi jarak tempuh, waktu distribusi, dan biaya operasional dibandingkan dengan kondisi distribusi sebelumnya?

1.3 Tujuan Penelitian

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

- a. Menentukan rute distribusi Gas LPG 3 kg yang lebih optimal dengan menggunakan metode *Saving Matrix* dan Algoritma *Nearest Neighbour*.
- b. Membandingkan kinerja kedua metode tersebut dalam penentuan rute distribusi.
- c. Menganalisis perbedaan jarak tempuh, waktu distribusi, dan biaya operasional sebelum dan sesudah penerapan metode *Saving Matrix* dan Algoritma *Nearest Neighbour* pada proses pendistribusian Gas LPG 3 kg di PT Rezki Bahari Pajukukang.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi alternatif dalam pengoptimalan rute distribusi gas LPG agar lebih efektif dan efisien dengan memaksimalkan kapasitas kendaraan, serta menjadi dasar rekomendasi peningkatan efisiensi pendistribusian kepada agen LPG.

Penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi Program Studi Teknik Industri dalam memperluas pemahaman mengenai penerapan metode *Saving Matrix* dan algoritma *Nearest Neighbour* pada distribusi gas LPG, sekaligus menambah literatur mengenai optimasi distribusi dengan pendekatan heuristik.

Penelitian ini bermanfaat untuk memperdalam pemahaman peneliti mengenai sistem distribusi gas LPG serta penerapan metode *Saving Matrix* dan algoritma *Nearest Neighbour* dalam pengoptimalan rute yang efektif dan efisien, sekaligus mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama perkuliahan ke dalam kondisi praktis di bidang distribusi produk.

1.5 Batasan Masalah

Masalah yang akan diteliti perlu dibatasi agar penelitian mengarah pada tujuan yang dihadapkan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Penelitian ini difokuskan pada aktivitas pengantaran gas LPG 3 kg dan metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah dalam penelitian ini adalah metode *Saving Matrix* dan Algoritma *Nearest Neighbour*.
- b. Biaya distribusi yang dianalisis hanya meliputi biaya bahan bakar dan biaya tenaga kerja sebagai biaya langsung (*direct cost*).
- c. Armada yang digunakan dalam penelitian ini adalah mobil truk dengan kapasitas maksimum 560 tabung gas LPG 3 kg yang melakukan pendistribusian pada wilayah Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan.

1.6 Tinjauan Pustaka

1.6.1 Distribusi

Secara umum, distribusi dapat diartikan sebagai kegiatan menyalurkan produk, baik berupa barang maupun jasa, dari produsen ke konsumen. Selain itu, distribusi juga dapat dipahami sebagai aktivitas pemasaran yang bertujuan untuk mempermudah proses penyampaian produk dari produsen ke tangan konsumen. Fungsi utama distribusi adalah menciptakan *utility* serta memindahkan hak kepemilikan atas suatu produk. Dengan demikian, kegiatan distribusi memiliki peran penting dalam menambah nilai suatu barang atau jasa, baik dari segi kegunaan, tempat, maupun waktu. Proses ini juga menjadi bagian dari aktivitas pemasaran yang membentuk arus saluran distribusi atau saluran pemasaran (Basalamah, 2025).

Dalam upaya memperlancar aliran barang maupun jasa dari produsen ke konsumen, pemilihan saluran distribusi (*distribution channel*) yang tepat menjadi faktor penting yang tidak boleh diabaikan. Keputusan perusahaan terkait distribusi akan menentukan sejauh mana produk yang dihasilkan dapat sampai dan dijangkau oleh konsumen. Oleh karena itu, perusahaan perlu merancang strategi agar produk yang didistribusikan benar-benar tersedia di lokasi yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Dengan demikian, pemahaman mengenai pemilihan saluran distribusi yang tepat sangat dibutuhkan dalam menjalankan suatu usaha. Saluran distribusi fisik merujuk pada cara dan metode yang digunakan untuk memindahkan atau menyalurkan suatu produk dari lokasi produksi hingga sampai ke konsumen akhir. Distribusi menjadi faktor penting dalam menentukan keuntungan perusahaan karena secara langsung berdampak pada biaya rantai pasok serta pemenuhan kebutuhan pelanggan. Dengan perencanaan jaringan distribusi yang tepat, perusahaan dapat mencapai berbagai tujuan rantai pasokan, baik untuk menekan biaya maupun untuk merespons permintaan konsumen dengan cepat (Huang et al., 2025).

Distribusi dapat dipahami sebagai rangkaian organisasi yang berperan dalam menyalurkan barang atau jasa hingga siap digunakan atau dikonsumsi oleh konsumen. Menurut Zylstra (2006), distribusi merupakan suatu sistem yang menggambarkan bagaimana sumber daya organisasi disimpan untuk mengantisipasi kebutuhan. Namun, makna distribusi tidak hanya terbatas pada hal tersebut. Banyak perusahaan juga mengelola bentuk distribusi lain seperti modal, ruang fisik, fasilitas pabrik, peralatan, maupun tenaga kerja untuk mendukung pemenuhan kebutuhan produk dan jasa. Menurut Oparilova (2009), distribusi merupakan kegiatan

menyalurkan produk barang maupun jasa dari produsen hingga sampai ke konsumen sasaran. Dalam saluran distribusi untuk pasar produk konsumen, pihak yang berhubungan langsung dengan pembeli akhir adalah pengecer atau *retailer*. Sistem distribusi yang berjalan efektif akan mempermudah arus barang sehingga konsumen dapat dengan mudah memperoleh produk sesuai kebutuhannya. Selain itu, konsumen juga bisa mendapatkan produk pada waktu yang tepat. Adanya perbedaan tujuan dan persepsi seringkali menimbulkan kesenjangan antara produsen dan konsumen terkait waktu, nilai, variasi, maupun kepemilikan produk. Melalui distribusi yang efisien, perusahaan mampu menjembatani kesenjangan tersebut (Kim et al., 2020).

1.6.2 Saluran Distribusi LPG

Menurut Kotler dan Armstrong (2010), saluran distribusi atau *place* merupakan sekumpulan organisasi yang saling bergantung dan berperan dalam menyalurkan produk atau jasa dari produsen hingga sampai ke tangan konsumen akhir. Dengan kata lain, saluran distribusi berfungsi sebagai jalur yang mengalirkan barang dari produsen melalui berbagai perantara sebelum akhirnya digunakan atau dikonsumsi oleh konsumen. Dalam penerapannya, terdapat beberapa indikator saluran distribusi yang dapat digunakan untuk menilai efektivitasnya, antara lain cakupan pasar, yang menunjukkan sejauh mana distribusi dapat menjangkau konsumen, serta saluran pemasaran, yang menggambarkan mekanisme atau jalur yang digunakan dalam menyalurkan produk kepada pengguna akhir (Andrejić et al., 2023).

Menurut Jogiyanto (2018), pengertian distribusi adalah suatu proses penyampaian barang atau jasa dari produsen ke konsumen dan para pemakai, sewaktu dan dimana barang atau jasa tersebut diperlukan. Proses distribusi pada dasarnya menciptakan faedah waktu, tempat dan pengalihan hak milik. Saluran distribusi adalah serangkaian organisasi yang saling tergantung dan terlibat dalam proses untuk menjadikan suatu barang atau jasa siap untuk digunakan. Sistem distribusi tidak langsung adalah distribusi barang atau jasa tanpa melalui perantara sehingga penyaluran langsung dari produsen ke konsumen. Sistem distribusi semi langsung adalah sistem distribusi dari produsen kepada konsumen melalui pedagang perantara yang merupakan bagian dari produsen, contohnya berupa pabrik tekstil menyalurkan kainnya melalui *conventer*. Sistem distribusi tidak langsung adalah sistem distribusi dari produsen kepada konsumen melalui agen, grosir, makelar, komisioner, pedagang kecil yang bertindak sebagai perantara (Hidayati & Panama, 2019).

1.6.3 Optimasi

Optimasi merupakan suatu proses untuk memperoleh solusi terbaik dari sebuah permasalahan dengan mempertimbangkan kondisi atau batasan tertentu yang melekat pada masalah tersebut. Dalam konteks ini, optimasi diartikan sebagai upaya menemukan nilai paling optimal dari suatu parameter dengan mengeksplorasi berbagai kemungkinan, baik untuk meminimalkan maupun memaksimalkan hasil yang diinginkan. Tujuan utama dari optimasi adalah menghasilkan respons terbaik sesuai dengan batasan yang ada. Kompleksitas permasalahan ilmiah dan teknik mendorong perlunya penerapan metode optimasi agar dapat menemukan solusi yang lebih efektif. Mengingat bahwa metode eksak seringkali memerlukan waktu dan perhitungan yang rumit, maka penggunaan algoritma optimasi cerdas menjadi alternatif penting dalam menyelesaikan berbagai permasalahan kompleks (Sadollah et al., 2020).

Optimasi adalah suatu pendekatan normatif yang bertujuan menemukan solusi paling tepat dari suatu permasalahan dengan cara mengarahkan pada pencapaian nilai maksimum atau minimum dari fungsi tujuan. Dalam bidang produksi, optimasi dimanfaatkan untuk mengelola sumber daya secara optimal sehingga proses produksi dapat menghasilkan output dengan jumlah dan kualitas yang sesuai dengan target, sekaligus mendukung pencapaian tujuan perusahaan. Dengan demikian, optimasi produksi mengacu pada penggunaan faktor-faktor produksi yang terbatas, seperti modal, mesin, peralatan, bahan baku, bahan penunjang, dan tenaga kerja, secara efisien agar diperoleh hasil yang optimal (Biró et al., 2024).

Optimasi merupakan suatu proses untuk menemukan solusi terbaik dari berbagai alternatif keputusan dengan mempertimbangkan batasan-batasan tertentu agar tujuan yang diinginkan dapat tercapai secara maksimal. Dalam ranah teknik industri, konsep ini berperan penting dalam upaya meminimalkan biaya, waktu, dan jarak, sekaligus meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Penerapan metode optimasi dalam sistem logistik dan rantai pasok mampu meningkatkan efisiensi distribusi serta menekan biaya operasional. Pendekatan optimasi, baik yang bersifat matematis maupun heuristik, telah banyak dimanfaatkan dalam perencanaan produksi dan pengelolaan sumber daya karena kemampuannya menghasilkan solusi yang efektif dan efisien (Xu & Song, 2022).

Nugroho (2020) mengatakan bahwa teknik optimasi merupakan suatu cara yang dilakukan untuk memberikan hasil yang terbaik yang diinginkan. Sedangkan menurut Sugioko (2013) optimasi adalah suatu disiplin ilmu dalam matematika yang berfokus untuk mendapatkan nilai minimum atau maksimum secara sistematis dari suatu fungsi, peluang maupun pencarian nilai lainnya dalam berbagai kasus. Banyak cara yang dapat dilakukan dalam menyelesaikan masalah untuk memberikan hasil terbaik. Cara untuk memberikan hasil terbaik ini disebut sistem optimasi atau teknik optimasi. Sistem optimasi ini umumnya mengacu kepada teknik program matematika yang biasanya membahas atau mengacu kepada jalannya program penelitian (*research programming*) tentang masalah yang sedang dihadapi. Teknik ini diharapkan dapat memberikan solusi yang terbaik dari hasil keputusan yang telah diambil dari permasalahan yang sedang dihadapi tersebut. Teknik optimasi

digunakan untuk memberikan hasil terbaik dari hal yang terburuk atau hal yang terbaik, tergantung masalah yang dihadapi. Hasil optimasi mungkin hasil tertinggi (misalnya keuntungan) atau hasil terendah (misalnya kerugian). Optimasi memerlukan strategi yang bagus dalam mengambil keputusan agar diperoleh hasil yang optimum. Penyelesaian suatu permasalahan optimasi akan lebih mudah bila masalah ini diubah dalam bentuk persamaan matematika dan kemudian diselesaikan dengan menggunakan teknik pemograman matematika. Sehingga untuk menyelesaikan masalah optimasi pendistribusian barang, penulis menggunakan teknik pemograman matematika (Ruiz-Moreno et al., 2020).

1.6.4 Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) dapat didefinisikan sebagai permasalahan dalam penentuan rute distribusi yang efisien dengan menggunakan sejumlah kendaraan untuk melakukan perjalanan dalam rangka menjemput maupun mengantarkan barang ke berbagai lokasi. Permasalahan ini menuntut penentuan pasangan kendaraan dan rute yang sesuai dengan memperhatikan kapasitas angkut masing-masing kendaraan, dengan tujuan utama meminimalkan biaya transportasi yang dikeluarkan. Secara umum, VRP merupakan salah satu persoalan optimasi dalam sistem distribusi dan transportasi, di mana sejumlah kendaraan dengan kapasitas tertentu dan berangkat dari satu atau lebih depot harus dirancang rutenya agar dapat melayani konsumen yang tersebar secara geografis. Solusi dari VRP mencakup penentuan rute terbaik, minimisasi biaya distribusi, serta pencapaian efisiensi dalam pengelolaan transportasi secara keseluruhan (Cerrone & Sciomachen, 2022).

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan permasalahan dalam bidang optimasi yang berfokus pada penentuan rute paling efisien bagi sejumlah kendaraan dalam mendistribusikan produk dari depot atau pusat distribusi menuju pelanggan. Tujuannya adalah untuk meminimalkan total biaya, jarak tempuh, atau waktu perjalanan, dengan tetap mempertimbangkan berbagai kendala operasional seperti kapasitas kendaraan, waktu pengantaran, dan jumlah permintaan dari pelanggan. Secara umum, VRP menitikberatkan pada pengaturan rute kendaraan agar seluruh pelanggan dapat dilayani dengan penggunaan sumber daya yang seoptimal mungkin. Dalam praktiknya, VRP banyak diterapkan pada sektor transportasi, logistik, distribusi, dan manajemen rantai pasok untuk meningkatkan efisiensi operasional, menekan biaya bahan bakar, serta memastikan ketepatan waktu pengiriman. Dengan menerapkan konsep VRP, perusahaan dapat merancang rute distribusi yang optimal, mengelola armada secara efektif, dan meningkatkan kualitas pelayanan melalui perencanaan waktu serta pemanfaatan sumber daya yang lebih efisien (Mawengkang et al., 2025).

VRP merupakan suatu permasalahan yang berfokus pada pendistribusian barang dari depot (gudang) perusahaan kepada pelanggannya. Pengantaran barang tersebut menyangkut pelayanan yang diberikan perusahaan dalam kurun waktu yang telah ditentukan kepada sejumlah pelanggan dengan menggunakan kendaraan tertentu dimana lokasi depot dapat berada pada satu atau lebih lokasi. Kendaraan

dikemudikan oleh pengemudi melewati jalan yang memungkinkan untuk dilewati. Solusi dari VRP berupa rute-rute yang dapat ditempuh kendaraan untuk mengantarkan seluruh permintaan pelanggan dimana setiap rute ditempuh oleh satu kendaraan yang berawal dan berakhir di depot (Tebaldi et al., 2020).

VRP merupakan permasalahan dalam penentuan sekumpulan rute perjalanan, di mana setiap rute dijalani oleh satu kendaraan yang berangkat dan kembali ke depot. Tujuan utama dari VRP adalah memastikan seluruh permintaan pelanggan dapat terpenuhi dengan tetap memperhatikan berbagai kendala operasional yang ada, serta menekan biaya distribusi serendah mungkin. Dengan demikian, solusi dari VRP berfokus pada perancangan rute optimal yang mampu menyeimbangkan pemenuhan kebutuhan pelanggan sekaligus efisiensi biaya transportasi (Qin et al., 2019).

Permasalahan terjadi ketika ada satu atau lebih *customer* dengan beberapa tempat untuk dikunjungi dalam proses distribusi dengan jumlah dan jenis barang yang berbeda-beda. Proses distribusi itu sendiri menggunakan kendaraan dengan kapasitas yang terbatas. Secara garis besar dasar dari VRP yaitu (Kir et al., 2017):

- a. Setiap rute berawal dan berakhir pada *distribution center*.
- b. Setiap *customer* dikunjungi hanya oleh 1 kendaraan saja.
- c. Total permintaan dari masing-masing rute tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan rute tersebut.
- d. Total waktu yang dihabiskan kendaraan.
- e. Total biaya yang dihasilkan minimum.

Menurut Miller (1999), *Vehicle Routing Problem* (VRP) merupakan permasalahan penentuan rute distribusi yang melibatkan sejumlah kendaraan yang berangkat dari satu atau lebih depot untuk melayani pelanggan yang tersebar di berbagai lokasi dengan permintaan tertentu. Solusi dari VRP diwujudkan melalui perancangan rute pengiriman yang mengatur kendaraan berangkat dari depot, mengunjungi pelanggan sesuai kebutuhannya, dan kemudian kembali ke depot dengan tetap memperhatikan efisiensi perjalanan (Zibaei et al., 2016).

Menurut Vigo & Toth (2002) terdapat empat tujuan umum VRP, yaitu:

- a. Meminimalkan biaya transportasi global, terkait dengan jarak dan biaya tetap yang berhubungan dengan kendaraan.
- b. Meminimalkan jumlah kendaraan (atau pengemudi) yang dibutuhkan untuk melayani semua konsumen.
- c. Menyeimbangkan rute, untuk waktu perjalanan dan muatan kendaraan.
- d. Meminimalkan penalti akibat *service* yang kurang memuaskan dari konsumen.

Menurut Vigo & Toth (2002), ada beberapa karakteristik dalam VRP yang perlu diperhatikan. Yang pertama adalah komponen-komponen yang berkaitan dalam VRP, yaitu:

- a. Pelanggan
- b. Depot
- c. Pengemudi
- d. Rute Kendaraan

Karakteristik berikutnya dari VRP adalah dalam hal kendala yang ada dalam VRP tersebut. Berdasarkan batasan atau kendala yang ada, VRP dibagi kedalam beberapa tipe:

a. *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*

Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) pertama kali diperkenalkan oleh Dantzig dan Ramser dalam konteks permasalahan distribusi truk, dan sejak saat itu menjadi salah satu topik paling penting serta banyak diteliti dalam bidang optimasi kombinatorial. Permasalahan CVRP tergolong ke dalam kategori *NP-hard*, sehingga penyelesaiannya dengan metode eksak membutuhkan waktu komputasi yang sangat lama terutama ketika jumlah pelanggan meningkat. Oleh karena itu, pendekatan heuristik digunakan karena mampu memberikan solusi mendekati optimal dengan waktu perhitungan yang relatif singkat. Secara mendasar, CVRP bertujuan untuk menentukan sekumpulan rute kendaraan yang layak dengan meminimalkan total jarak tempuh maupun jumlah kendaraan yang digunakan. Pada setiap rute, kendaraan harus berangkat dari depot, melayani sejumlah pelanggan sesuai permintaan mereka, lalu kembali lagi ke depot yang sama. Model ini umumnya melibatkan satu depot, armada kendaraan yang bersifat homogen, serta sekelompok pelanggan yang membutuhkan pengiriman barang dari depot (Pichpibul & Kawtummachai, 2012).

CVRP merupakan permasalahan penentuan rute kendaraan dengan batasan kapasitas maksimum yang harus dipenuhi saat melayani sejumlah pelanggan. CVRP banyak diterapkan dalam bidang transportasi, logistik, dan distribusi. Dengan menentukan rute pengiriman yang paling efisien, CVRP dapat meminimalkan total jarak tempuh armada, sehingga menekan biaya transportasi, mempercepat waktu pengiriman, serta mengoptimalkan pemanfaatan kendaraan (Mamoun et al., 2024).

Menurut Vigo dan Toth (2002), *Capacitated Vehicle Routing Problem* merupakan varian dari VRP yang paling banyak dipelajari, yang terutama untuk akademisi. Di dalam CVRP permintaan transportasi terdiri dari distribusi barang dari depot yang dinotasikan sebagai titik 0, yang akan dikirimkan ke n titik lainnya yang biasanya disebut dengan pelanggan, $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Jumlah yang harus dikirimkan ke pelanggan $i \in N$ merupakan permintaan pelanggan, yang jika diskalakan harus sesuai dengan $qi \geq 0$, yaitu berat dari barang yang akan dikirimkan. Kendaraan $K = N = \{1, 2, \dots, |K|\}$ diasumsikan sejenis, yang maksudnya $|K|$ kendaraan yang tersedia di depot, memiliki kapasitas yang sama $Q > 0$, dan beroperasi dengan biaya yang sama. Kendaraan yang melayani pelanggan untuk bagian $S \subseteq N$ dimulai dari depot, bergerak ke setiap pelanggan di S , dan kembali lagi ke depot kendaraan yang bergerak dari i ke j menimbulkan biaya perjalanan c_{ij} . CVRP merupakan model dasar dalam VRP dengan kapasitas angkut kendaraan sebagai kendala yang dihadapi. Semua permintaan pelanggan diketahui di awal dan pengantaran permintaan tersebut, untuk setiap pelanggan, dilakukan pada satu rute yang sama (keseluruhan permintaan suatu pelanggan diletakkan pada rute yang sama). Kendaraan yang digunakan adalah identik dan hanya terdapat satu depot sebagai lokasi awal dan akhir setiap kendaraan (Purnomo, 2017).

b. *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)*

Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) merupakan pengembangan dari permasalahan VRP yang telah dikenal luas. Permasalahan ini menjadi salah satu isu mendasar dalam manajemen distribusi karena menggabungkan aspek perancangan rute kendaraan sekaligus penjadwalan, sehingga dapat merepresentasikan berbagai permasalahan nyata di lapangan. Tujuan utama dari VRPTW adalah merancang sekumpulan rute dengan biaya minimum, di mana setiap kendaraan berangkat dan kembali ke depot untuk melayani sejumlah pelanggan dengan permintaan yang telah diketahui. Dalam penyelesaiannya, terdapat beberapa ketentuan yang harus dipenuhi, yaitu setiap pelanggan hanya boleh dilayani sekali oleh satu kendaraan, kapasitas kendaraan tidak boleh melampaui batas tertentu, serta adanya jendela waktu baik pada depot maupun pelanggan. Jendela waktu ini mengacu pada interval kedatangan paling awal hingga paling akhir yang diperbolehkan bagi kendaraan untuk memulai layanan. Jika kendaraan tiba lebih awal sebelum jendela waktu dibuka, maka kendaraan harus menunggu hingga waktu layanan dapat dilakukan. Selain itu, kendaraan juga diwajibkan kembali ke depot sebelum jendela waktu di depot berakhir. Adapun waktu tempuh antar pelanggan bergantung pada jarak yang memisahkan masing-masing titik layanan (S.W. Chai et al., 2022).

VRPTW merupakan salah satu permasalahan optimasi dalam bidang logistik yang termasuk kategori NP-*hard*, sehingga penyelesaiannya membutuhkan metode dan pendekatan yang cukup kompleks. Permasalahan ini berfokus pada penentuan rute optimal bagi armada kendaraan dalam melayani sejumlah pelanggan yang tersebar pada suatu wilayah geografis dengan pusat distribusi berupa gudang. Setiap pelanggan memiliki permintaan tertentu yang harus dipenuhi, dengan ketentuan bahwa setiap pelanggan hanya dapat dilayani tepat satu kali oleh satu kendaraan. Selain itu, jumlah permintaan pada setiap rute tidak boleh melebihi kapasitas maksimum kendaraan yang telah ditentukan. Tujuan utama dari VRPTW adalah meminimalkan total biaya, jarak tempuh, maupun waktu perjalanan yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pengiriman. Dengan mempertimbangkan batasan kapasitas kendaraan serta jendela waktu yang telah ditentukan, permasalahan ini menjadi salah satu tantangan penting dalam manajemen distribusi, penjadwalan transportasi, dan perencanaan rantai pasok (Maroof et al., 2024).

Selain kendala waktu, kapasitas kendaraan dalam mengangkut barang juga menjadi faktor penting dalam menentukan kombinasi titik lokasi yang dapat dikunjungi oleh masing-masing kendaraan. Kompleksitas permasalahan meningkat karena adanya *conflicting objectives*, seperti meminimalkan total jarak tempuh, membatasi jumlah maksimum lokasi yang dikunjungi tiap kendaraan, dan meminimalkan jumlah total kendaraan yang digunakan. Pelanggan tidak bisa dilayani sembarang waktu. Pelanggan memiliki interval atau jeda waktu tertentu untuk dilayani. Hal ini dikenal dengan istilah *time windows*. Waktu yang diperhitungkan disetiap kendaraan yaitu waktu untuk meninggalkan depot dan menuju lokasi pelanggan dan waktu pelayanan yang diberikan kepada

pelanggan. Waktu pelayanan perusahaan harus berada pada jeda waktu yang ditetapkan pelanggan untuk menerima pelayanan tersebut. Apabila kendaraan datang sebelum batas waktu yang ditentukan, kemungkinan yang terjadi adalah pelanggan menerima pesanan yang diantar. Apabila kendaraan melewati batas waktu yang ditentukan, kemungkinan yang akan terjadi adalah pelanggan tidak menerima pesanan yang diantar tersebut (kendaraan mungkin diperbolehkan kembali lain waktu) dan perusahaan akan dikenakan *penalty*. Hal ini bergantung pada kesepakatan awal antara pelanggan dengan perusahaan (Bahi et al., 2023).

1.6.5 *Saving Matrix*

Saving Matrix merupakan salah satu metode heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah transportasi, khususnya dalam penentuan rute distribusi produk dengan tujuan meminimalkan biaya transportasi. Prinsip dasar metode ini adalah melakukan penggabungan dua konsumen ke dalam satu rute apabila hal tersebut menghasilkan penghematan biaya atau jarak tempuh. Dengan demikian, metode *saving matrix* memungkinkan perusahaan menentukan jalur distribusi yang lebih efisien, mengurangi pemborosan waktu perjalanan, serta memaksimalkan penggunaan armada yang tersedia. *Saving Matrix* merupakan salah satu heuristik paling populer dan efisien untuk CVRP karena mudah diterapkan tanpa memerlukan perangkat lunak khusus, sehingga banyak digunakan pada aplikasi industri nyata karena mampu memberikan solusi yang mendekati optimal dengan komputasi yang rendah (Pichibul & Kawtummachai, 2012).

Metode *Saving Matrix* merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan transportasi dengan tujuan menentukan rute distribusi produk yang paling efisien sehingga biaya transportasi dapat diminimalkan. Pendekatan ini berfungsi untuk menjadwalkan penggunaan kendaraan dengan mempertimbangkan kapasitas maksimum yang dimiliki, melalui proses penggabungan beberapa titik pengiriman yang saling berdekatan. Hasil dari penerapan metode ini adalah penentuan penugasan kendaraan secara optimal sesuai kapasitas muatannya ke wilayah pengiriman berdasarkan nilai penghematan terbesar. Secara keseluruhan, metode *Saving Matrix* membantu dalam penentuan rute distribusi dan jumlah kendaraan yang digunakan agar diperoleh jalur terpendek serta biaya distribusi yang paling efisien (Tunnisaki & Sutarmam, 2023).

Saving Matrix merupakan salah satu pendekatan heuristik yang digunakan untuk meminimalkan total jarak distribusi dalam kondisi ideal, meskipun belum mempertimbangkan faktor waktu maupun berbagai kendala praktis lainnya. Penerapan metode ini bertujuan membantu perusahaan dalam merancang jaringan distribusi yang lebih efisien. Namun, algoritma ini memiliki kelemahan, terutama dalam hal keterbatasan solusi ketika dihadapkan pada kondisi nyata. Untuk mengatasi hal tersebut, biasanya dilakukan modifikasi atau kombinasi dengan prosedur lain agar hasil yang diperoleh lebih mendekati solusi optimal. Kelebihan utama dari metode ini adalah fleksibilitasnya. Metode matriks penghematan dapat dengan mudah dimodifikasi jika muncul kendala tambahan, seperti keterbatasan kapasitas kendaraan, jumlah armada, waktu pengiriman, maupun batasan distribusi

lainnya. Meskipun hasilnya tidak selalu menjamin solusi yang benar-benar optimal, metode ini tetap mampu memberikan solusi yang cepat dan praktis. Dalam penerapannya, variabel yang menjadi pertimbangan meliputi jumlah pelanggan, kapasitas kendaraan, koordinat lokasi (x dan y), serta besar permintaan masing-masing pelanggan. Berdasarkan variabel-variabel tersebut, metode ini menentukan pelanggan mana yang akan dilayani oleh kendaraan tertentu sehingga menghasilkan rute distribusi yang lebih efisien (Musliadin & Apriadi, 2024).

Saving matrix merupakan metode yang digunakan untuk menentukan jarak, rute, waktu, maupun ongkos dalam pelaksanaan pengiriman barang dari perusahaan kepada konsumen. Metode ini bertujuan agar pengiriman barang yang sesuai dengan pesanan konsumen dapat dilakukan dengan cara yang lebih efektif dan efisien sehingga perusahaan dapat menghemat biaya, tenaga kerja, waktu pengiriman, hingga biaya distribusi (Mašek et al., 2024).

Menurut Istantiningrum (2010), langkah-langkah dari metode *saving matrix* adalah sebagai berikut:

1) Menentukan matriks jarak

Data jarak antara perusahaan dengan konsumen dan data jarak antara konsumen dengan konsumen lainnya sangat diperlukan dalam menentukan matriks jarak. Penentuan jarak dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* seperti *google maps* ataupun *google earth*.

2) Menentukan matriks penghematan (*saving matrix*)

Setelah menentukan matriks jarak, maka selanjutnya dilakukan penentuan matriks penghematan dengan mengasumsikan bahwa setiap lokasi akan dilewati oleh satu truk (armada). Artinya akan ada beberapa rute yang berbeda yang nantinya dilewati oleh truk. Sehingga akan ada penghematan apabila terdapat rute yang dianggap searah dengan rute lainnya. Adapun rumus yang dapat digunakan dalam mencari matriks penghematan adalah sebagai berikut.

$$S_{(x,y)} = J_{(w,y)} + J_{(w,y)} - J_{(x,y)} \quad (1)$$

Dimana $S_{(x,y)}$ merupakan penghematan jarak yaitu dari penggabungan antara rute x dengan rute y (km), $J_{(w,y)}$ merupakan jarak dari titik awal ke konsumen selanjutnya (km), dan $J_{(x,y)}$ merupakan jarak dari konsumen a ke konsumen b.

3) Pengurutan nilai *saving* dari terbesar ke terkecil

Karena *saving* terbesar memberi keuntungan paling besar.

4) Penggabungan rute berdasarkan nilai *saving* tertinggi

Gabungkan konsumen 1 dan 2 ke dalam satu rute jika kapasitas kendaraan masih memungkinkan.

5) Perbarui rute dan lanjutkan ke nilai *saving* berikutnya

Proses ini dilakukan berulang sampai tidak ada penggabungan rute yang memungkinkan lagi.

6) Hasil Akhir adalah kumpulan rute distribusi yang lebih efisien dibandingkan solusi awal.

Proses penghitungan matriks jarak dalam metode *saving matrix* menghasilkan matriks baru yang berisi nilai jarak antar titik distribusi yang telah diperhitungkan. Setelah matriks jarak terbentuk, langkah selanjutnya adalah menghitung beban

angkutan untuk setiap rute yang direkomendasikan. Tahap pertama adalah menentukan kapasitas setiap kendaraan yang digunakan dalam pendistribusian barang. Tahap kedua adalah menyusun rute distribusi dengan memanfaatkan nilai penghematan pada matriks jarak. Proses dimulai dengan memilih nilai penghematan tertinggi pada matriks *saving* sebagai dasar pembentukan rute pertama. Setelah nilai penghematan tertinggi diperoleh, dilakukan perhitungan kapasitas muatan yang akan dikirim ke pelanggan dalam rute tersebut, hingga tidak melebihi kapasitas maksimum kendaraan. Apabila kapasitas kendaraan pada rute pertama belum terpenuhi, maka dipilih kembali nilai penghematan tertinggi berikutnya untuk dimasukkan ke dalam rute yang sama, selama tidak melampaui kapasitas angkut. Jika kapasitas kendaraan sudah terpenuhi, maka rute pertama dianggap selesai terbentuk. Tahap selanjutnya adalah membentuk rute kedua, ketiga, dan seterusnya dengan prosedur yang sama, yaitu memilih nilai penghematan tertinggi pada matriks *saving* dan memastikan muatan tidak melebihi kapasitas kendaraan. Proses ini dilakukan hingga seluruh pelanggan telah dimasukkan ke dalam rute yang ada. Dalam metode ini, jarak dari cabang menuju depot diabaikan, karena fokus perhitungan diarahkan pada penghematan jarak antar pelanggan untuk meminimalkan total jarak perjalanan distribusi (Suparjo, 2017).

1.6.6 Algoritma *Nearest Neighbour*

Metode heuristik konstruktif yang sangat cepat dan sering dipakai sebagai *baseline* dalam penelitian optimasi rute. serta paling sederhana dalam menyelesaikan *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah metode tetangga terdekat (*Nearest Neighbour*). Penyusunan rute pada metode ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara berurutan maupun secara paralel. Pada pendekatan berurutan, rute dibentuk mulai dari depot sebagai titik awal, kemudian diperluas dengan menambahkan pelanggan terdekat yang belum dilayani secara *greedy*. Apabila tidak ada lagi pelanggan yang dapat ditambahkan, maka rute baru akan dibuat kembali dari depot. Namun, metode berurutan memiliki kelemahan, yaitu kendaraan terakhir cenderung memiliki tingkat pemanfaatan muatan lebih rendah dibandingkan dengan kendaraan pada rute sebelumnya. Keterbatasan ini dapat diatasi melalui metode pembentukan rute paralel. Dalam pendekatan paralel, jumlah kendaraan ditentukan terlebih dahulu, lalu seluruh rute diperluas secara bersamaan dengan menambahkan pelanggan terdekat yang belum terhubung. Dengan demikian, pada setiap iterasi akan terdapat pelanggan baru yang dimasukkan ke dalam rute. Proses ini terus berlanjut hingga seluruh pelanggan terlayani. Jika terdapat pelanggan yang tidak dapat ditambahkan pada rute tersebut, maka akan dibentuk rute baru dengan mengikuti prinsip pembentukan rute berurutan (Liu et al., 2023).

Menurut Cormen dkk. (2001), algoritma *Nearest Neighbour* merupakan salah satu heuristik konstruktif yang bekerja dengan cara memulai solusi dari simpul asal, kemudian secara bertahap menambahkan simpul terdekat dari simpul terakhir yang telah dimasukkan ke dalam rute. Proses ini akan terus berlanjut hingga seluruh simpul telah dikunjungi, sebagaimana dalam kasus *Travelling Salesman Problem* (TSP), atau hingga simpul tujuan ditemukan dalam kasus *Shortest Path Problem* (SPP). Kelebihan algoritma ini terletak pada kemudahannya dalam implementasi

serta kecepatannya dalam menghasilkan solusi. Namun demikian, sifat algoritma yang bersifat *greedy* atau “rakus” seringkali membuatnya melewatkan rute yang sebenarnya lebih pendek. Hal ini terjadi karena algoritma hanya mempertimbangkan jarak terdekat pada setiap langkah tanpa melihat keseluruhan rute yang terbentuk. Cormen dkk. (2001) juga menekankan bahwa solusi yang diperoleh dapat dinilai masuk akal apabila langkah-langkah terakhir dalam rute memiliki panjang yang sebanding dengan langkah awal. Sebaliknya, jika langkah-langkah terakhir jauh lebih panjang, maka besar kemungkinan terdapat rute lain yang lebih optimal namun tidak terdeteksi oleh algoritma *nearest neighbour* (Lima et al., 2018).

Metode *Nearest Neighbour* merupakan salah satu pendekatan sederhana dalam penentuan rute, di mana pada setiap tahap perhitungannya, pelanggan berikutnya yang dipilih adalah pelanggan yang memiliki jarak terdekat dari lokasi terakhir yang telah dikunjungi. Prinsip dasarnya adalah menambahkan titik tujuan terdekat dari titik terakhir dalam rute yang sedang dibentuk. Pada setiap iterasi, algoritma ini akan mencari dan menambahkan pelanggan terdekat ke dalam urutan perjalanan. Jika penambahan pelanggan baru tidak memungkinkan akibat keterbatasan kapasitas kendaraan atau batasan waktu, maka proses akan dilanjutkan dengan memulai rute baru menggunakan prosedur yang sama (Uddin et al., 2023).

Algoritma *Nearest Neighbour* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan *Travelling Salesman Problem (TSP)*. Metode ini dikenal sebagai algoritma pertama yang diperkenalkan untuk menangani permasalahan TSP, awalnya dikemukakan oleh J. G. Skellam dan kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh P. J. Clark serta F. C. Evans. Prinsip dasar algoritma *nearest neighbour* adalah membandingkan jarak antar titik untuk menemukan titik terdekat sebagai tetangga berikutnya yang akan dikunjungi. Algoritma ini menerapkan pendekatan *greedy*, yaitu memilih keputusan terbaik berdasarkan informasi jarak pada kondisi saat ini tanpa mempertimbangkan keseluruhan kemungkinan rute. Proses penyelesaian TSP dengan metode ini dilakukan melalui beberapa tahap. Pertama, dipilih sebuah titik secara acak sebagai titik awal. Selanjutnya, dicari titik lain yang memiliki jarak terdekat dari titik awal tersebut untuk dihubungkan. Dari titik yang baru dipilih, kembali dicari titik berikutnya yang belum dikunjungi dengan jarak terpendek, dan proses ini terus diulang hingga semua titik telah dilalui. Pada langkah terakhir, titik terakhir yang dikunjungi dihubungkan kembali ke titik asal, sehingga terbentuk rute lengkap (B et al., 2024).

Madona & Irmansyah (2013) menjelaskan algoritma *nearest neighbour*, pemilihan lintasan akan dimulai pada lintasan yang memiliki nilai jarak paling minimum setiap melalui daerah, kemudian akan memilih daerah selanjutnya yang belum dikunjungi dan memiliki nilai minimum pula. Algoritma *nearest neighbour* merupakan algoritma klasifikasi yang paling sederhana dalam mengklasifikasikan sebuah gambar ke dalam sebuah label. Metode ini mudah dipahami dibandingkan metode lain karena mengklasifikasikan berdasarkan jarak terdekat dengan objek lain (tetangga). Data yang memiliki jarak fitur *vector* terdekat akan menjadi satu kelas atau label klasifikasi. Algoritma *nearest neighbour* pada prinsipnya selalu

menambahkan titik yang jaraknya paling dekat dengan titik yang dikunjungi terakhir kali. Langkah awal adalah keberangkatan kendaraan pengangkut berangkat dari gudang, langkah selanjutnya adalah mencari titik dengan jarak paling dekat dari titik awal atau gudang. Berikut ini merupakan langkah-langkah yang harus dilakukan dalam mengerjakan pembentukan rute dengan menggunakan algoritma *nearest neighbour* (Madona et al., 2013):

- a. Memilih titik pusat sebagai titik awal pengiriman (pabrik).
- b. Menentukan titik dengan jarak terkecil dari gedung titik awal (pabrik) yang selanjutnya adalah melakukan penggabungan antar kedua titik tersebut.
- c. Titik terakhir dikunjungi menjadi titik awal dan selanjutnya mencari titik dengan jarak terdekat dari titik awal tersebut.
- d. Lakukan proses pengulangan sampai dengan kapasitas kendaraan sudah tidak mencukupi untuk melakukan pengiriman.
- e. Tarik titik tersebut pada satu garis titik. Titik tersebut merupakan satu rute perjalanan dengan kapasitas kendaraan sebagai kendala dalam melakukan pembentukan rute perjalanan pengiriman produk.
- f. Lakukan proses yang sama pada langkah a sampai langkah e.

1.6.7 Biaya

Dalam bidang akuntansi, istilah biaya memiliki dua makna yang berbeda, yaitu biaya (*cost*) dan beban (*expense*). Mulyadi (2014), menjelaskan bahwa biaya merupakan pengorbanan sumber daya ekonomi yang diukur dalam bentuk uang dan sudah terjadi, sedangkan beban adalah biaya yang sebelumnya memberikan manfaat tetapi saat ini manfaatnya telah habis. Secara umum, biaya dapat digolongkan menjadi dua jenis, yakni biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap adalah biaya yang totalnya tidak berubah meskipun terjadi variasi pada volume aktivitas tertentu. Menurut Mulyadi (2009), biaya tetap bersifat konstan meskipun terdapat fluktuasi kegiatan. Hal serupa juga ditegaskan oleh William K. Carter (2009), yang menyatakan bahwa biaya tetap secara keseluruhan tidak mengalami perubahan walaupun tingkat aktivitas bisnis meningkat maupun menurun. Sebaliknya, biaya variabel bersifat berubah-ubah mengikuti tingkat volume kegiatan. Sulastiningsih dan Zulkifli (1999) mendefinisikan biaya variabel sebagai biaya yang totalnya berubah secara proporsional dengan perubahan volume kegiatan, namun biaya per unit tetap sama. Peran biaya dalam perusahaan sangatlah penting, khususnya terkait dengan analisis profitabilitas. Perhitungan biaya yang akurat tidak hanya berfungsi untuk mengestimasi potensi pendapatan, tetapi juga membantu manajemen dalam memproyeksikan biaya yang akan timbul. Informasi ini dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan strategis, seperti penentuan proporsi biaya tetap dan variabel, pengembangan unit usaha baru, serta penyusunan kebijakan anggaran (Nainggolan et al., 2024).

Biaya dapat diartikan sebagai suatu pengorbanan yang dilakukan untuk memperoleh aset atau harta, sedangkan beban merupakan pengorbanan yang dikeluarkan untuk memperoleh pendapatan. Dalam kegiatan bisnis, seluruh aktivitas

pada dasarnya dapat diukur menggunakan satuan uang, yang secara umum dikenal sebagai biaya (Massie et al., 2018).

Dalam menjalankan sebuah usaha, perusahaan perlu mengeluarkan biaya agar dapat menghasilkan produk maupun jasa yang berkualitas. Biaya memiliki peranan penting karena menjadi dasar dalam menentukan besarnya laba yang dapat diperoleh. Firdaus Dunia dkk. (2018), menjelaskan bahwa biaya Adalah nilai pengeluaran atau pengorbanan untuk memperoleh barang atau jasa yang akan memberikan manfaat di masa depan, yakni melampaui satu periode akuntansi, dan biasanya diakui sebagai bagian dari aset. Sementara itu, Sinurat (2015), mendefinisikan biaya sebagai pengorbanan sumber daya ekonomi yang diukur dalam satuan uang untuk mendapatkan barang atau jasa yang diharapkan memberikan keuntungan, baik pada saat ini maupun di masa mendatang (Tahulending & Rondonuwu, 2022).

Klasifikasi biaya berdasarkan volume produksi menurut terdiri atas 3 yaitu sebagai berikut (Zakaria et al., 2019):

a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)

Biaya tetap merupakan jenis biaya yang totalnya tidak dipengaruhi oleh perubahan aktivitas atau volume produksi selama masih berada dalam kisaran relevan. Contoh dari biaya tetap antara lain biaya asuransi, sewa gedung, gaji karyawan, biaya *driver helper*, dan lainnya.

b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)

Biaya variabel merupakan biaya yang totalnya berubah secara sebanding dengan tingkat aktivitas atau volume produksi dalam batas relevan. Contoh biaya variabel meliputi biaya bahan baku, bahan bakar, dan sebagainya. Biaya variabel pada distribusi produk memiliki rumus sebagai berikut:

$$V_C = \frac{\text{Jarak}}{\text{Rasio BBM}} \times \text{Harga Bahan Bakar}$$

c. Total Biaya (*Total Cost*)

Total Biaya adalah seluruh biaya tetap dan biaya variabel yang digunakan untuk menghasilkan suatu barang jadi dalam satu periode tertentu. Contoh biaya tetap adalah biaya membeli mesin, biaya mendirikan pabrik dan lain lain. Adapun rumus total cost adalah sebagai berikut:

$$T_C = V_C + F_C$$

Keterangan:

T_C = Total Cost

V_C = Variable Cost

F_C = Fixed Cost

1.6.8 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan (Pertama & Iriani, 2025) yang berjudul "*Analysis of Spare Parts Distribution System Using Nearest Neighbour Method and Saving Matrix Method*". PT XYZ adalah perusahaan penyedia suku cadang industri yang berlokasi di Bekasi. Permasalahan utama yang dihadapi adalah tingginya biaya operasional dan keterlambatan pengiriman akibat rute distribusi yang kurang optimal. Pada awalnya menggunakan 10 rute distribusi yang tidak efisien dan tidak stabil. Rute-rute tersebut seringkali berlebihan dalam menjangkau area tertentu

tanpa mengoptimalkan pengiriman ke area yang berdekatan, sehingga mengakibatkan pemborosan jarak dan waktu tempuh. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sistem distribusi PT XYZ dengan menerapkan dua metode, yaitu *Nearest Neighbor* dan *Saving Matrix*. Metode *Nearest Neighbor* berfokus pada pemilihan rute terdekat dari titik awal secara bertahap hingga seluruh pengiriman selesai. Metode *Saving Matrix* membantu meningkatkan efisiensi dengan menggabungkan titik-titik pengiriman yang berdekatan, sehingga jarak yang ditempuh dapat diminimalkan. Setelah penerapan kedua metode tersebut, rute distribusi yang awalnya berjumlah 10 berhasil disederhanakan menjadi 9 rute yang lebih efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode ini mampu mengurangi total jarak tempuh distribusi secara signifikan, dari 218,1 km menjadi 98,8 km. Selain itu, biaya operasional yang sebelumnya mencapai Rp18.750.000 selama periode Juli hingga Desember 2024 berhasil ditekan menjadi Rp11.082.240, sehingga menghasilkan penghematan sebesar 40,89%. Pengurangan jumlah rute dan jarak tempuh ini tidak hanya mengurangi biaya bahan bakar tetapi juga meningkatkan ketepatan waktu pengiriman, sehingga meningkatkan kepuasan pelanggan.

Penelitian terdahulu oleh (Salsabila Islami & Handayani, 2022) melakukan penelitian yang berjudul “Pengoptimalan Rute Distribusi Menggunakan Metode *Saving Matrix* Pada Produk Makanan Beku CV. Sego Njamoe”. Dilatarbelakangi oleh adanya tingkat permintaan yang tidak diimbangi dengan kapasitas angkut kendaraan dan rute yang terpisah-pisah. Hal ini mengakibatkan tingginya biaya transportasi dan rendahnya tingkat utilitas angkutan barang yaitu sebesar 52,12% dari kapasitas angkut maksimum 15 kg. Oleh karena itu perlu dilakukan penentuan distribusi optimal. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode *saving matrix* dalam menyelesaikan permasalahan ini dengan meminimalkan jarak, biaya transportasi, dan meningkatkan utilitas alat angkut. Kemudian dilakukan pengurutan rute tujuan dengan menggunakan tiga metode yaitu *nearest insert*, *farthest insert*, dan *nearest neighbour*. Pada analisis ini berhasil mengoptimalkan rute distribusi yang awalnya 11 rute menjadi 6 rute perjalanan dengan total jarak rute awal sebesar 531,29 km lalu menurun menjadi 303,2 km (42,93%). Adanya perubahan rute mengakibatkan penurunan biaya transportasi sebesar Rp9.595.579 menjadi Rp4.702.320 (50,994%).

Penelitian terdahulu oleh (Supriatna et al., 2022) melakukan penelitian yang berjudul “Optimasi Jalur Distribusi Sayuran Daun Segar Menggunakan Metode *Saving Matrix* (Studi Kasus: Keboen Bapak)” dilatarbelakangi oleh penentuan rute pendistribusian produk Keboen Bapak kepada konsumen masih ditentukan secara subyektif berdasarkan pengalaman *courier*, sehingga dapat menyebabkan proses distribusi yang kurang efisien. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *saving matrix* untuk menyelesaikan masalah VRP (*Vehicle Routing Problem*) sedangkan metode *nearest neighbour* dan *nearest insert* digunakan untuk menentukan urutan konsumen yang akan dikunjungi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rute distribusi optimum produk Keboen Bapak kepada konsumen yang menjadi pelanggan tetap dengan menggunakan tiga metode yaitu *saving matrix*,

nearest insert, dan *nearest neighbour* dalam tiga kasus berbeda. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penyelesaian masalah rute distribusi menggunakan metode *nearest insert* dan *nearest neighbor* menunjukkan hasil yang sama. Pada kasus A, rute paling optimum yang didapatkan adalah gudang-Borma Kiaracandong-Borma Riung Bandung- Borma Cipadung-Borma Cinunk-gudang (rute IA) dengan jarak tempuh sebesar 43,4 km dan gudang-Borma Setiabudi-Borma Dakota-gudang (rute IIA) dengan jarak tempuh sebesar 21,3 km. Pada kasus B didapatkan rute dari gudang-Borma Cikutra-Prama Babakan Sari-Borma Cijerah-Borma Gempol-Borma Kerkof-Prama Banjaran-gudang(rute IB) dengan jarak tempuh sebesar 74,7 km, dan gudang-Borma Cikutra-gudang(rute IIB) dengan jarak tempuh sebesar 4 km. Sedangkan pada kasus C rute optimum adalah gudang-Prama Babakan Sari-Borma Cipadung-Borma Cinunuk-Borma Gempol-Borma Kerkof-gudang (rute IC) dengan jarak tempuh sebesar 68,4 km, dan gudang-Borma Dago-gudang(rute IIC) dengan jarak 6,4 km.

Penelitian terdahulu oleh (Wulandari & Azis, 2022) melakukan penelitian yang berjudul "*The Saving Matrix Method for Improving Distribution Efficiency*". Rute pengiriman untuk Pusat Pemrosesan Surat Bandung 40400 ditentukan berdasarkan estimasi dengan sistem zonasi, yang berpotensi menimbulkan keterlambatan. Hal ini terjadi karena setiap kendaraan hanya dapat mengirim ke satu pusat distribusi dalam sekali perjalanan, sehingga tingkat *load factor* utilisasi kendaraan berada di bawah 20%. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh rute dan jadwal pengiriman yang optimal guna meningkatkan efisiensi distribusi serta meningkatkan *load factor* kapasitas kendaraan. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan algoritma *Saving Matrix* pada seluruh jalur distribusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rute pengiriman yang optimal terbagi menjadi 5 hingga 6 *cluster*. Penerapan rute tersebut dapat menghemat jarak tempuh hingga 144 km per rute per hari, serta mengurangi biaya distribusi sebesar Rp39.146,50 untuk satu kali pengiriman. Selain itu, terjadi peningkatan *load factor* sebesar 18,37% pada *dropping* 1 dan sebesar 16,49% pada *dropping* 2. Dengan rute yang diusulkan jadwal pengiriman yang lebih jelas dapat diperoleh, termasuk waktu keberangkatan dan kedatangan, sehingga menghasilkan penghematan waktu perjalanan hingga 275 menit.

Penelitian terdahulu oleh (Ariyanto & Suseno, 2023) melakukan penelitian yang berjudul "Optimalisasi Penentuan Rute Distribusi Roti Bakar Dengan Metode *Saving Matrix* Dan Algoritma *Nearest Neighbour* Pada Pabrik Roti Bakar Azhari". Pabrik Roti Bakar Azhari merupakan perusahaan industri yang bergerak di bidang produksi roti bakar. Saat ini perusahaan masih menghadapi permasalahan dalam distribusi, seperti pengiriman yang tidak terjadwal dan belum maksimalnya pemanfaatan kapasitas angkut kendaraan, sehingga jarak pengiriman menjadi semakin panjang. Penentuan rute distribusi menjadi hal yang penting untuk meminimalkan biaya distribusi. Sebagai produsen roti bakar, pemilihan rute yang optimal perlu menjadi perhatian Pabrik Roti Bakar Azhari karena berpengaruh langsung terhadap biaya pengiriman produk. Dalam penelitian ini digunakan kombinasi metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor* untuk menentukan rute

distribusi yang optimal. Metode *Saving Matrix* digunakan untuk menentukan pengelompokan rute gabungan dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan, sedangkan algoritma *Nearest Neighbor* digunakan untuk menentukan urutan jarak pengiriman terpendek pada rute yang terbentuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rute distribusi yang dihasilkan lebih baik dari segi jarak tempuh maupun biaya distribusi. Dari rute awal sejauh 139,3 km diperoleh rute baru dengan jarak 109,2 km. Sementara itu, biaya distribusi awal sebesar Rp4.751.233 per bulan dapat ditekan menjadi Rp4.521.058 per bulan. Dengan demikian, penerapan metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor* berhasil memberikan penghematan jarak sebesar 21,61% dan penghematan biaya distribusi sebesar 4,85%.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, tinjauan pustaka dan sistematika penulisan secara keseluruhan.

BAB II METODE PENELITIAN

Bab ini berisi langkah-langkah penelitian, mulai dari pemilihan waktu dan tempat penelitian, sumber data, metode pengumpulan data, prosedur penelitian, *flowchart* penelitian dan kerangka penelitian.

BAB III HASIL PENELITIAN

Bab ini berisi gambaran umum perusahaan beserta hasil pengolahan data.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil penelitian yang didapatkan berdasarkan metode yang digunakan.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran sebagai pertimbangan untuk perbaikan dan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2025. Penelitian ini dilaksanakan di PT Rezki Bahari Pajukukang yang terletak di Jl. H. Kulie Kel. Kampung Baru Kec. Simpang Empat Kab. Tanah Bumbu Prov. Kalimantan Selatan.

2.2. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. 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 gas LPG 3 kg. Adapun data primer yang diperlukan dalam penelitian ini adalah proses distribusi gas LPG 3 kg, 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 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 (koordinat GPS) pangkalan.

2.3. Metode Pengumpulan Data

Metode pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan dua cara sebagai berikut:

- a. Observasi
Melakukan observasi terkait titik rute pengantaran gas LPG di Kab Tanah Bumbu untuk mendapatkan jumlah permintaan setiap pangkalan dan jarak tempuh.
- b. Wawancara
Melakukan kegiatan wawancara dengan pihak yang terlibat langsung dalam kegiatan ini dengan memberikan pertanyaan kepada beberapa karyawan PT Rezki Bahari Pajukukang dan pemilik pangkalan yang dikunjungi. Adapun wawancara ini dilakukan untuk mengetahui alur distribusi gas LPG, kapasitas kendaraan, biaya operasional, dan jumlah permintaan di masing-masing pangkalan.
- c. 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 diaplikasikan dalam penelitian ini.

2.4. Prosedur Penelitian

Penelitian yang dilakukan terbagi menjadi beberapa tahap sehingga nantinya akan memudahkan pada saat menganalisis data. Adapun tahapan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan dengan mengidentifikasi masalah terlebih dahulu dengan melakukan observasi ke perusahaan sehingga nantinya akan mudah untuk merumuskan masalah serta tujuan dari penelitian ini.

b. Pengambilan data

Tahap kedua dimulai dengan mengumpulkan data mengenai rute distribusi, biaya distribusi gas LPG 3 kg, kapasitas armada pengangkut, dan data lain yang relevan untuk mendukung penelitian ini. Proses pengambilan data dilakukan dengan dua metode yaitu observasi dan wawancara ke pihak yang bersangkutan.

c. Menganalisis menggunakan *Saving Matrix*

Selanjutnya, teknik analisis melibatkan pembuatan *saving matrix*. Metode ini merupakan representasi dari potensi penghematan biaya distribusi dengan menggabungkan titik-titik tujuan pengiriman yang memiliki penghematan jarak terbesar.

d. Menganalisis menggunakan Algoritma *Nearest Neighbour*

Tahap ini merupakan representasi dari potensi penghematan biaya distribusi dengan konsep mendahulukan jarak terdekat dari titik awal ataupun titik terakhir yang dikunjungi dengan mengikuti batasan yang telah ditetapkan.

e. Penentuan rute optimal

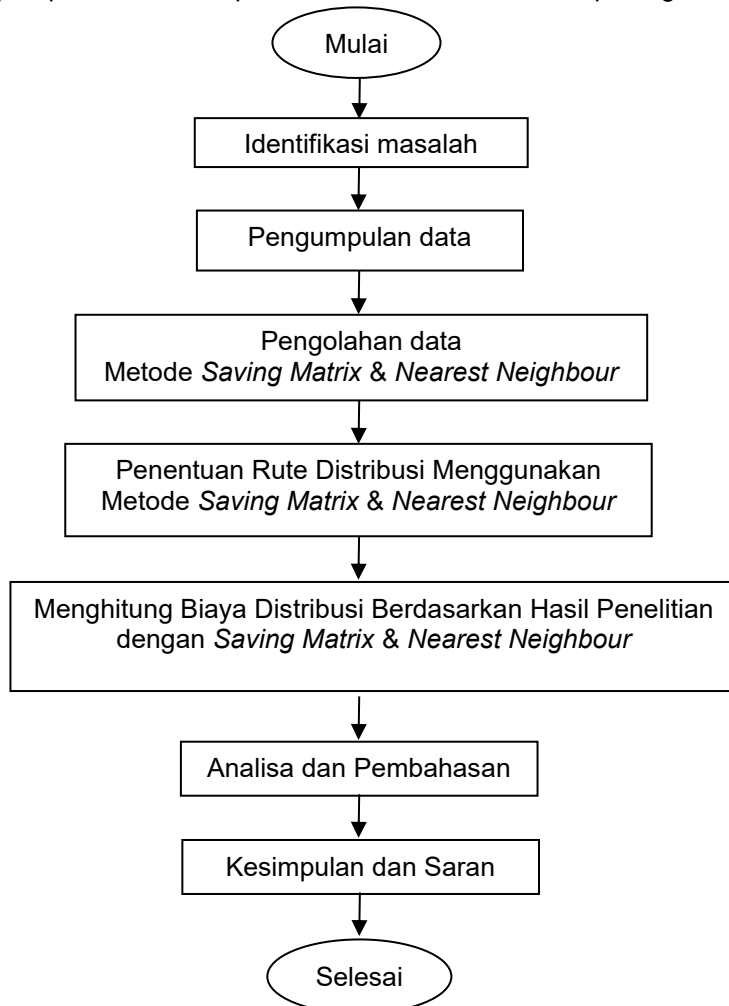
Berdasarkan hasil *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbour*, analisis dilanjutkan dengan menentukan rute distribusi optimal yang meminimalkan biaya distribusi gas LPG 3 kg. Hal ini melibatkan penyesuaian rute distribusi yang ada dengan mempertimbangkan penggabungan titik-titik tujuan yang menghasilkan penghematan biaya terbesar.

f. Evaluasi dan interpretasi

Langkah terakhir adalah mengevaluasi hasil optimasi rute distribusi menggunakan metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbour* dan menginterpretasikan implikasi temuan tersebut terhadap tujuan penelitian yang diambil.

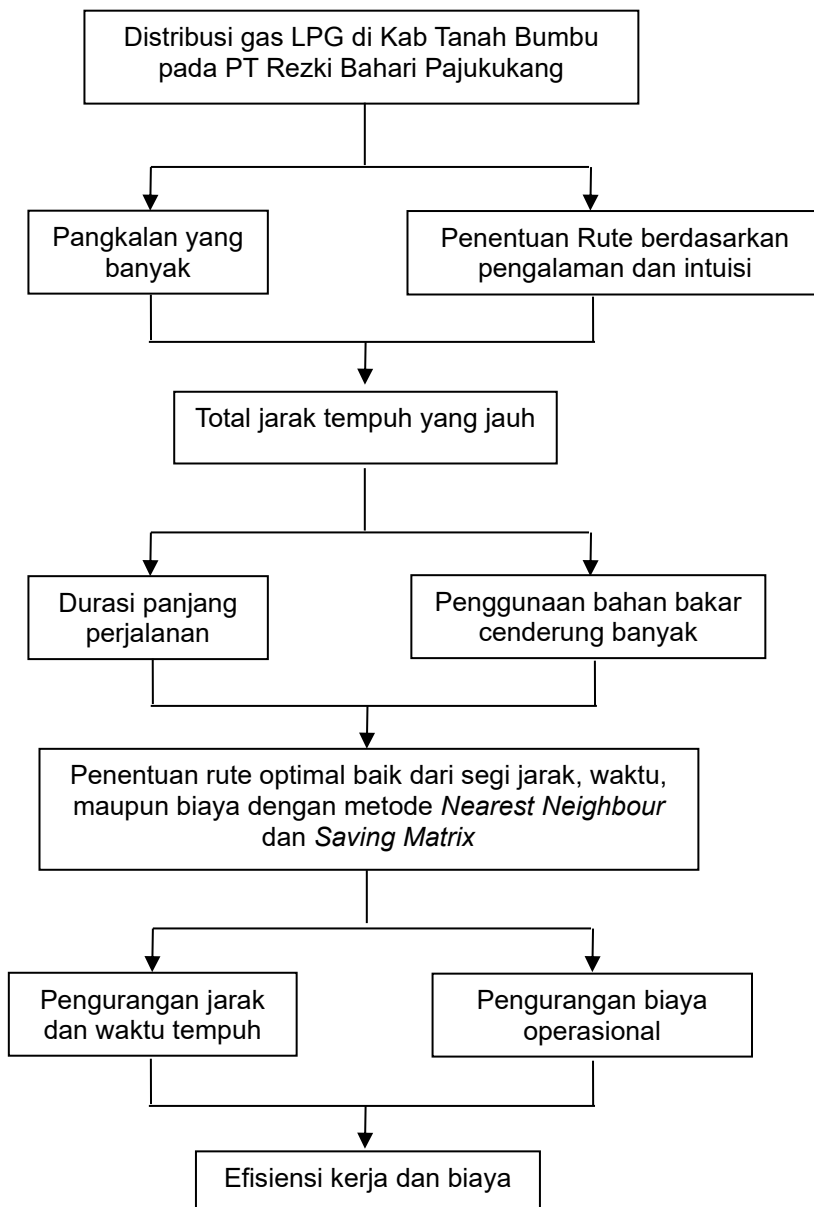
2.5. Flowchart Penelitian

Tahapan penelitian ditampilkan dalam bentuk *flowchart* pada gambar 2.



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

2.6. Kerangka Penelitian



Gambar 3. Kerangka Penelitian

Pada gambar 3 yaitu kerangka penelitian menunjukkan permasalahan yang terdapat pada pendistribusian gas LPG di Kab Tanah Bumbu pada PT Rezki Bahari Pajukukang. Penyebab utama pada penentuan rute awal yang tidak optimal dikarenakan titik lokasi pengiriman (pangkalan) yang banyak dan dalam menentukan rute masih berdasarkan pengalaman dan intuisi sopir. Hal ini menyebabkan jarak tempuh dan durasi perjalanan serta penggunaan bahan bakar yang cukup tinggi.

Sehingga akan dilakukan penentuan rute optimal dan evaluasi terhadap armada truk dengan menggunakan metode *saving matrix* dan algoritma *nearest neighbour*. Dua metode tersebut merupakan permasalahan logistik klasik yang bertujuan mencari jalur terpendek dengan mengunjungi setiap titik sekali dan kembali ke titik awal. *Saving Matrix* adalah salah satu algoritma heuristik yang sering digunakan dalam penentuan rute distribusi/pengiriman dengan tujuan meminimalkan total biaya perjalanan berupa jarak atau waktu tempuh. Prinsip kerjanya adalah mencari kombinasi pelanggan yang memberi penghematan jarak terbesar dibanding jika dilayani sendiri-sendiri, lalu membangun rute dari kombinasi tersebut sampai semua pelanggan terlayani. Sedangkan *Nearest Neighbour* merupakan metode heuristik yang kerap dimanfaatkan dalam penyelesaian berbagai permasalahan, termasuk perancangan jalur distribusi. Algoritma ini banyak diaplikasikan karena sesuai untuk kondisi rute dengan titik-titik pengiriman yang tersebar luas dalam suatu wilayah. Prinsip kerja *Nearest Neighbor* adalah memilih jalur dengan jarak terdekat dari satu pelanggan ke pelanggan berikutnya hingga semua titik terlayani. Kemudian setelah menerapkan metode ini maka didapatkan efisiensi kerja seperti pengurangan waktu dan jarak tempuh serta biaya operasional dapat diminimalkan.