

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Distribusi barang merupakan salah satu aktivitas utama dalam sistem logistik yang berperan penting dalam memastikan produk dapat sampai kepada pelanggan secara tepat waktu dan efisien. Dalam kegiatan distribusi, perusahaan harus menentukan bagaimana kendaraan digunakan untuk melayani sejumlah pelanggan yang tersebar pada berbagai lokasi dengan tetap memperhatikan keterbatasan sumber daya yang dimiliki. Efisiensi proses distribusi sangat berpengaruh terhadap biaya operasional perusahaan karena biaya transportasi sering kali menjadi salah satu komponen terbesar dalam keseluruhan biaya logistik [1, 2].

Dalam praktiknya, perencanaan distribusi menghadapi berbagai tantangan seperti banyaknya lokasi pelanggan, keterbatasan kapasitas kendaraan, variasi permintaan pelanggan, serta keterbatasan waktu operasional kendaraan. Pada banyak perusahaan, proses penentuan rute distribusi masih dilakukan berdasarkan pengalaman pengemudi atau kebiasaan operasional yang telah berlangsung dalam jangka waktu tertentu. Pendekatan tersebut sering kali menghasilkan rute yang kurang efisien karena tidak mempertimbangkan seluruh kemungkinan kombinasi rute yang tersedia. Akibatnya, jarak tempuh kendaraan menjadi lebih panjang, waktu distribusi meningkat, dan biaya operasional perusahaan menjadi lebih besar [3, 4].

Penelitian ini dilakukan pada sebuah perusahaan yang bergerak di bidang distribusi produk *electronic home appliance* kepada pelanggan di wilayah operasional tertentu menggunakan armada kendaraan dengan karakteristik yang beragam. Dalam kegiatan operasionalnya, perusahaan harus merencanakan distribusi harian berdasarkan data pesanan pelanggan dengan tetap memperhatikan kapasitas kendaraan, karakteristik muatan, ketersediaan armada, serta waktu operasional kendaraan. Kompleksitas tersebut menyebabkan proses perencanaan distribusi menjadi salah satu aktivitas yang berpengaruh terhadap efisiensi operasional perusahaan. Oleh karena itu, perusahaan tersebut dipilih sebagai objek penelitian untuk mengkaji penerapan optimasi rute distribusi dan sistem pendukung keputusan tanpa mengungkap identitas maupun informasi operasional yang bersifat rahasia.

Permasalahan penentuan rute kendaraan dalam sistem distribusi dikenal sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP). VRP merupakan salah satu permasalahan optimasi kombinatorial yang bertujuan menentukan rute optimal bagi sejumlah kendaraan yang berangkat dari depot untuk melayani pelanggan dengan biaya distribusi minimum [1]. Seiring perkembangan kebutuhan industri, VRP berkembang menjadi berbagai variasi yang mempertimbangkan kondisi operasional nyata. Salah satu variasi yang paling banyak digunakan adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), yaitu model VRP yang mempertimbangkan keterbatasan kapasitas kendaraan sehingga total permintaan yang dilayani pada suatu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan yang digunakan [5, 6].

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan VRP dan CVRP, mulai dari metode eksak hingga pendekatan heuristik dan metaheuristik. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam implementasi praktis adalah pemanfaatan *Google OR-Tools* sebagai *optimization framework* yang menyediakan berbagai strategi pencarian solusi awal (*first solution strategy*) dan metode perbaikan solusi (*local search metaheuristic*). Pada penelitian ini, proses optimasi dilakukan menggunakan konfigurasi *Parallel Cheapest Insertion* (PCI) sebagai strategi pembentukan solusi awal dan *Guided Local Search* (GLS) sebagai metode perbaikan solusi untuk memperoleh rute distribusi yang lebih efisien [7]. Pendekatan tersebut memungkinkan model mempertimbangkan berbagai batasan operasional secara bersamaan sehingga solusi yang dihasilkan lebih relevan untuk diterapkan pada kondisi distribusi nyata.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian dan implementasi optimasi rute masih menggunakan pendekatan jarak spasial sederhana seperti *Euclidean Distance* atau data jarak yang telah ditentukan sebelumnya. Pendekatan tersebut belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi perjalanan sebenarnya karena tidak mempertimbangkan struktur jaringan jalan yang digunakan kendaraan saat melakukan distribusi. Dalam praktik distribusi nyata, kendaraan bergerak mengikuti jaringan jalan yang tersedia sehingga jarak tempuh aktual dapat berbeda secara signifikan dibandingkan jarak geometris antar lokasi [8]. Oleh karena itu, penggunaan data jarak berbasis jaringan jalan (*road network distance*) menjadi penting untuk meningkatkan realisme model optimasi yang dibangun.

Perkembangan layanan peta digital memungkinkan proses perhitungan jarak dan waktu tempuh dilakukan secara lebih akurat melalui integrasi *Application Programming Interface* (API). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemanfaatan *Google Maps API* dalam permasalahan VRP mampu menghasilkan

estimasi jarak dan waktu perjalanan yang lebih realistis dibandingkan pendekatan konvensional [9, 10]. Selain itu, integrasi *Google Maps API* dengan model optimasi rute juga terbukti mampu meningkatkan kualitas perencanaan distribusi dengan memanfaatkan data perjalanan yang lebih mendekati kondisi aktual di lapangan [11, 12].

Selain penggunaan data jarak berbasis jaringan jalan, penelitian ini juga memanfaatkan data distribusi yang berasal dari operasional perusahaan, meliputi data lokasi pelanggan, depot, dan data pesanan distribusi. Penggunaan data perusahaan diharapkan dapat meningkatkan relevansi model yang dibangun terhadap kondisi operasional nyata dibandingkan penelitian yang hanya menggunakan dataset simulasi atau dataset benchmark. Dengan demikian, hasil optimasi yang diperoleh dapat memberikan gambaran yang lebih representatif terhadap kebutuhan distribusi perusahaan.

Selain menghasilkan rute optimal, kebutuhan industri saat ini juga mengarah pada penggunaan sistem yang mampu membantu pengambilan keputusan operasional secara lebih efektif. Konsep *Decision Support System* (DSS) banyak diterapkan pada bidang logistik untuk membantu perencanaan distribusi, pemilihan rute, serta evaluasi kinerja operasional. Penggunaan DSS pada permasalahan routing terbukti dapat meningkatkan efisiensi distribusi dan membantu pengambilan keputusan yang lebih objektif dibandingkan pendekatan manual [13, 14]. Oleh karena itu, integrasi model optimasi dengan sistem berbasis web menjadi salah satu pendekatan yang relevan untuk mendukung proses perencanaan distribusi pada perusahaan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengimplementasikan model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) menggunakan konfigurasi *Parallel Cheapest Insertion* (PCI) sebagai *first solution strategy* dan *Guided Local Search* (GLS) sebagai *local search metaheuristic* yang diimplementasikan melalui *Google OR-Tools*. Model optimasi memanfaatkan *distance matrix* dan *time matrix* berbasis jaringan jalan yang dibangun menggunakan *Google Routes API*. Penelitian ini menggunakan data distribusi perusahaan yang meliputi lokasi pelanggan, depot, dan data pesanan sebagai dasar pembentukan permasalahan distribusi.

Model yang dibangun mempertimbangkan berbagai batasan operasional seperti kapasitas volume kendaraan, kapasitas berat muatan, waktu kerja kendaraan, serta kompatibilitas antara produk, pelanggan, dan kendaraan distribusi. Selain itu, penelitian ini juga mengembangkan sistem pendukung keputusan berbasis web yang mampu menampilkan hasil optimasi rute, analisis utilisasi kendaraan, serta

informasi mengenai pelanggan yang tidak dapat dilayani (*customer dropping*). Pada penelitian ini, istilah *customer dropping* mengacu pada mekanisme dalam proses optimasi yang menyebabkan pelanggan tidak dimasukkan ke dalam solusi distribusi karena tidak ditemukan kombinasi rute yang memenuhi seluruh batasan operasional yang diterapkan. Istilah tersebut tidak merujuk pada aktivitas penurunan barang kepada pelanggan (*delivery drop*) yang umum digunakan dalam kegiatan distribusi.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan solusi distribusi yang lebih efisien, realistis, dan dapat mendukung proses pengambilan keputusan operasional pada perusahaan. Selain mengembangkan model optimasi dan sistem pendukung keputusan, penelitian ini juga melakukan evaluasi terhadap hasil optimasi melalui perbandingan dengan praktik operasional perusahaan menggunakan parameter biaya operasional, jarak distribusi, waktu distribusi, tingkat pemanfaatan kendaraan, dan tingkat pelayanan pelanggan. Evaluasi tersebut dilakukan untuk mengetahui sejauh mana model yang dikembangkan mampu memberikan alternatif perencanaan distribusi yang berpotensi lebih efisien dibandingkan estimasi praktik distribusi perusahaan berdasarkan skenario penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memodelkan permasalahan distribusi barang ke dalam bentuk *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan mempertimbangkan berbagai batasan operasional yang dimiliki kendaraan distribusi?
2. Bagaimana mengintegrasikan *Google Routes API* untuk membangun *distance matrix* dan *time matrix* berbasis jaringan jalan (*road network*) yang digunakan dalam proses optimasi rute distribusi?
3. Bagaimana mengimplementasikan model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) menggunakan konfigurasi *Parallel Cheapest Insertion* (PCI) dan *Guided Local Search* (GLS) pada *Google OR-Tools* untuk menghasilkan rute distribusi dengan biaya operasional yang lebih efisien?
4. Bagaimana mengembangkan sistem pendukung keputusan berbasis web yang dapat membantu proses perencanaan distribusi serta menyajikan hasil

optimasi rute secara informatif?

5. Bagaimana mengevaluasi hasil optimasi distribusi melalui perbandingan dengan praktik operasional perusahaan berdasarkan biaya operasional, jarak distribusi, waktu distribusi, utilisasi kendaraan, dan tingkat pelayanan pelanggan?

1.3 Batasan Permasalahan

Berdasarkan ruang lingkup penelitian yang telah ditentukan, maka batasan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini difokuskan pada *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan variasi *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang diimplementasikan menggunakan konfigurasi *Parallel Cheapest Insertion* (PCI) dan *Guided Local Search* (GLS) pada *Google OR-Tools* [1, 7].
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:
 - Data lokasi depot dan pelanggan yang berasal dari perusahaan,
 - Data pesanan distribusi yang berasal dari perusahaan,
 - Data kendaraan,
 - Data produk.
3. Data dimensi produk dan dimensi kendaraan yang digunakan dalam penelitian ini masih menggunakan data asumsi yang disesuaikan dengan karakteristik dan batasan operasional perusahaan.
4. Penelitian ini menggunakan satu depot sebagai titik awal dan titik akhir seluruh kendaraan distribusi sesuai dengan wilayah operasional yang menjadi objek penelitian.
5. Jarak dan waktu tempuh antar lokasi diperoleh menggunakan *Google Routes API* dan direpresentasikan dalam bentuk *distance matrix* serta *time matrix*. Data tersebut bersifat statis dan tidak memperhitungkan perubahan kondisi lalu lintas secara *real-time* [11, 9].

6. Permintaan pelanggan diasumsikan telah diketahui sebelum proses optimasi dilakukan dan tidak mengalami perubahan selama proses perencanaan distribusi berlangsung.
7. Penelitian ini menggunakan asumsi *single-period distribution*, yaitu seluruh pesanan pada satu *order date* diperlakukan sebagai satu siklus perencanaan distribusi. Asumsi ini digunakan agar setiap skenario pengujian memiliki kondisi permintaan yang sama sehingga hasil optimasi dapat dibandingkan secara konsisten dengan praktik operasional perusahaan pada *order date* yang bersesuaian. Penelitian ini tidak mempertimbangkan distribusi multi-periode yang menyelesaikan pesanan secara bertahap selama beberapa hari.
8. Model yang dibangun mempertimbangkan batasan operasional berupa:
 - Kapasitas volume kendaraan,
 - Kapasitas berat kendaraan,
 - Waktu kerja kendaraan,
 - Kompatibilitas produk terhadap kendaraan,
 - Kompatibilitas pelanggan terhadap kendaraan.
9. Penelitian ini tidak mempertimbangkan:
 - *Time Window* pelanggan,
 - Perubahan permintaan secara dinamis (*Dynamic Vehicle Routing Problem*),
 - Kondisi lalu lintas secara *real-time*,
 - Optimasi pemuatan tiga dimensi (*3D Bin Packing*),
 - Biaya tetap kendaraan (*Fixed Vehicle Cost*),
 - Optimasi multi-objektif.
10. Fungsi objektif yang digunakan adalah meminimalkan biaya operasional distribusi yang terdiri atas biaya perjalanan kendaraan dan biaya pengangkutan berdasarkan volume muatan.
11. Sistem yang dikembangkan merupakan sistem pendukung keputusan (*Decision Support System*) berbasis web yang digunakan untuk membantu proses perencanaan distribusi dan tidak mencakup pengembangan sistem informasi logistik secara menyeluruh.

12. Hasil optimasi dievaluasi berdasarkan:

- Biaya operasional distribusi,
- Jarak tempuh kendaraan,
- Utilisasi kendaraan,
- Jumlah pelanggan yang tidak dapat dilayani (*customer dropping*), yaitu pelanggan yang tetap memiliki permintaan distribusi tetapi tidak dimasukkan ke dalam solusi optimasi karena tidak ditemukan kombinasi rute yang memenuhi seluruh batasan operasional yang diterapkan.
- Kelayakan solusi terhadap batasan yang diterapkan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memodelkan permasalahan distribusi barang ke dalam bentuk *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan mempertimbangkan berbagai batasan operasional yang dimiliki kendaraan distribusi.
2. Mengintegrasikan *Google Routes API* untuk membangun *distance matrix* dan *time matrix* berbasis jaringan jalan (*road network*) yang digunakan dalam proses optimasi rute distribusi.
3. Mengimplementasikan model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) menggunakan konfigurasi *Parallel Cheapest Insertion* (PCI) sebagai *first solution strategy* dan *Guided Local Search* (GLS) sebagai *local search metaheuristic* pada *Google OR-Tools* untuk menghasilkan rute distribusi dengan biaya operasional yang lebih efisien.
4. Mengembangkan sistem pendukung keputusan (*Decision Support System*) berbasis web yang dapat membantu proses perencanaan distribusi serta menyajikan hasil optimasi rute secara informatif.
5. Mengevaluasi hasil optimasi distribusi melalui perbandingan dengan praktik operasional perusahaan berdasarkan biaya operasional, jarak distribusi, waktu distribusi, utilisasi kendaraan, dan tingkat pelayanan pelanggan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis

- Memberikan kontribusi dalam penerapan konsep *Vehicle Routing Problem* (VRP), khususnya *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), pada studi kasus distribusi yang menggunakan data operasional perusahaan.
- Menambah referensi penelitian mengenai integrasi *Google Routes API* dengan model optimasi rute distribusi untuk menghasilkan *distance matrix* dan *time matrix* berbasis jaringan jalan.
- Memberikan gambaran implementasi model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) menggunakan konfigurasi *Parallel Cheapest Insertion* (PCI) dan *Guided Local Search* (GLS) pada *Google OR-Tools* untuk menyelesaikan permasalahan distribusi dengan berbagai batasan operasional.
- Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan optimasi rute distribusi, sistem pendukung keputusan, serta pemanfaatan data geografis pada bidang logistik dan transportasi.

2. Manfaat Praktis

- Membantu perusahaan dalam melakukan perencanaan distribusi secara lebih sistematis melalui proses optimasi rute berbasis data.
- Memberikan alternatif perencanaan distribusi yang dapat dibandingkan dengan praktik operasional perusahaan sehingga membantu perusahaan mengevaluasi efisiensi proses distribusi yang sedang berjalan.
- Menghasilkan rute distribusi yang lebih realistis karena menggunakan data jarak dan waktu tempuh berbasis jaringan jalan dibandingkan pendekatan jarak geometris sederhana.
- Membantu perusahaan dalam mengidentifikasi pemanfaatan kendaraan melalui informasi utilisasi kendaraan yang dihasilkan oleh sistem.
- Memberikan informasi mengenai pelanggan yang tidak dapat dilayani (*customer dropping*), yaitu pelanggan yang tetap memiliki permintaan

distribusi tetapi tidak dimasukkan ke dalam solusi distribusi karena tidak ditemukan kombinasi rute yang memenuhi seluruh batasan operasional, beserta faktor penyebabnya sehingga dapat digunakan sebagai bahan evaluasi operasional.

- Membantu proses pengambilan keputusan distribusi melalui sistem pendukung keputusan (*Decision Support System*) berbasis web yang mampu menyajikan hasil optimasi secara informatif.
- Memberikan estimasi biaya operasional distribusi serta alternatif rencana distribusi yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam proses pengambilan keputusan operasional perusahaan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran mengenai struktur dan isi dari setiap bab yang terdapat dalam skripsi. Adapun sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- **Bab 1 PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi.

- **Bab 2 LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi teori-teori yang mendukung penelitian, meliputi konsep logistik dan distribusi, *Vehicle Routing Problem* (VRP), *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), *Decision Support System* (DSS), *Google OR-Tools*, strategi *Parallel Cheapest Insertion* (PCI), *Guided Local Search* (GLS), *Google Routes API*, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan optimasi rute distribusi.

- **Bab 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan, mulai dari pengumpulan data, pengolahan data, pembangunan *distance matrix* dan *time matrix* menggunakan *Google Routes API*, pemodelan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), implementasi menggunakan *Google OR-Tools*, pengembangan sistem berbasis web, hingga metode pengujian dan evaluasi yang digunakan.

- **Bab 4 HASIL DAN DISKUSI**

Bab ini berisi hasil implementasi sistem, perbandingan hasil optimasi dengan praktik operasional perusahaan, analisis hasil optimasi distribusi, eksperimen dan analisis sensitivitas, serta pembahasan mengenai implementasi model yang dikembangkan.

- **Bab 5 SIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi simpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

