

Abstrak

Rantai pasokan modern dalam industri konstruksi sangat bergantung pada efisiensi transportasi dan distribusi material. PD. XYZ, sebuah perusahaan material bahan bangunan skala kecil hingga menengah yang berlokasi di Cirebon, Jawa Barat, menghadapi tantangan signifikan terkait pemborosan bahan bakar yang diakibatkan oleh rute pengiriman yang belum optimal. Observasi yang dilakukan selama periode Januari hingga Februari 2025 secara jelas menunjukkan bahwa biaya bahan bakar rata-rata perusahaan melampaui anggaran yang ditetapkan sebesar 9%. Kondisi "*over budget*" ini mengindikasikan adanya kebutuhan untuk perbaikan sistem distribusi yang lebih efisien dan terukur.

Diagram *Fishbone* yang dianalisis dalam penelitian ini mengidentifikasi beberapa faktor utama yang berkontribusi terhadap inefisiensi ini, termasuk penentuan rute oleh pengemudi yang masih berdasarkan pengalaman dan intuisi semata, mengakibatkan rute pengiriman menjadi tidak efisien. Selain itu, masalah kerusakan barang di jalan yang mengharuskan proses retur juga menambah biaya operasional, dan ketiadaan kebijakan atau metode standar dalam penentuan rute pengiriman semakin memperparah kondisi pemborosan. Meskipun PD. XYZ menerapkan strategi subsidi silang dari penjualan ritel untuk menutupi kelebihan biaya operasional ini, pendekatan tersebut tidak berkelanjutan dalam jangka panjang dan berpotensi mengurangi keuntungan maksimal perusahaan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menerapkan strategi terbaik guna mengoptimalkan rute pengiriman barang di PD. XYZ, dengan fokus pada minimalisasi biaya bahan bakar. Permasalahan kompleks yang dihadapi perusahaan dimodelkan sebagai *Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleet, Split Delivery, Multi Trip, and Multi Product* (VRPHFSDMTMP). Model ini secara akurat merefleksikan realitas operasional PD. XYZ yang melibatkan penggunaan armada kendaraan dengan spesifikasi berbeda (*Heterogeneous Fleet*), kemampuan untuk membagi pengiriman satu pesanan ke beberapa kendaraan (*Split Delivery*), pelaksanaan beberapa perjalanan pengiriman dalam satu periode (*Multi Trip*), serta pengiriman berbagai jenis produk

dalam satu perjalanan (*Multi Product*). Karakteristik ini membuat masalah perutean menjadi sangat kompleks dan membutuhkan pendekatan solusi yang tepat.

Untuk mengatasi permasalahan VRPHFSDMTMP ini, penelitian ini mengusulkan penggunaan metode yang mengintegrasikan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) dengan Algoritma *Greedy*. Pendekatan dipilih karena kemampuannya untuk menggabungkan kekuatan masing-masing metode: MILP unggul dalam menghasilkan solusi optimal secara global berdasarkan formulasi matematis yang ketat, sementara Algoritma *Greedy* menawarkan efisiensi komputasi yang tinggi, sangat dibutuhkan untuk kebutuhan operasional PD. XYZ yang seringkali memerlukan penentuan rute cepat. Dalam implementasinya, perangkat lunak LINGO digunakan untuk menerapkan formulasi MILP yang mempertimbangkan berbagai faktor krusial seperti kapasitas kendaraan, kuantitas produk, dan permintaan pelanggan. Solusi awal yang dihasilkan oleh MILP cenderung berupa rute "*single node*" (D-i-D), kemudian disempurnakan oleh Algoritma *Greedy* melalui proses "*merging*" untuk mengkonsolidasikan beberapa kunjungan "*single node*" menjadi rute "*multi node*" (D-i-j-D) yang lebih efisien.

Hasil penelitian ini secara definitif menunjukkan bahwa penerapan pendekatan MILP dan Algoritma *Greedy* berhasil mengurangi biaya bahan bakar dan total jarak tempuh kendaraan secara signifikan. Sebelum optimasi, rata-rata kelebihan biaya bahan bakar mingguan mencapai Rp109.000. Setelah implementasi metode yang diusulkan, rata-rata kelebihan biaya bahan bakar tersebut berhasil ditekan menjadi Rp83.840 per minggu, menandai penghematan sebesar 16,16% dibandingkan dengan biaya aktual. Selain itu, rute yang dihasilkan tidak hanya lebih terstruktur dan efisien, tetapi juga meningkatkan pemanfaatan armada, khususnya dalam skenario pengiriman terpisah dan *multi-trip* yang sering terjadi di PD. XYZ.

Analisis sensitivitas lebih lanjut menunjukkan bahwa kapasitas kendaraan memiliki dampak langsung pada total jarak tempuh, konsumsi bahan bakar, dan biaya operasional. Kapasitas kendaraan yang lebih besar terbukti mampu mengurangi jumlah perjalanan, yang pada gilirannya menurunkan total jarak dan konsumsi BBM, menegaskan pentingnya alokasi armada yang optimal. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi yang substansial dalam pengembangan solusi praktis untuk aktivitas pengiriman yang melibatkan kondisi

armada dan permintaan yang beragam. Metode yang diusulkan terbukti efektif dalam menekan biaya operasional dan dapat diadaptasi oleh perusahaan lain yang memiliki aktivitas pengiriman serupa, dengan rekomendasi melakukan pendataan rutin dan digitalisasi pencatatan pesanan secara komprehensif sebagai input vital bagi model optimasi.

Kata Kunci: *VRP, Heterogenous Fleet, Multi Trip, Split Delivery, Minimasi Biaya*