

Distribusi logistik gula konsumsi di wilayah Jawa dan Bali menghadapi tantangan inefisiensi yang signifikan, terutama akibat tingginya angka perjalanan kosong (*empty miles*) dan rendahnya tingkat pemanfaatan muatan armada. Fokus utama studi ini adalah mencari strategi terbaik untuk mengintegrasikan rute *linehaul* dan rute *backhaul* guna mereduksi pemborosan operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan rute *backhaul* dan membandingkan kinerja dua metode optimasi dalam meminimalkan jarak tempuh total dan *empty miles* serta meningkatkan produktivitas armada.

Dalam penelitian ini dilakukan pengembangan dua model optimasi menggunakan algoritma heuristik. Model 1 menggunakan pendekatan konstruktif yang menggabungkan *Nearest Neighbour Algorithm* (NNA) untuk rute *linehaul* dan Metode Mayer untuk rute *backhaul*. Sementara itu, Model 2 menerapkan pendekatan Heuristik Berbasis Penugasan (*Assignment-Based Heuristic*) yang mengintegrasikan teori penugasan dengan mekanisme perbaikan rute (2-Opt dan *Relocate*). Seluruh perhitungan jarak dalam simulasi ini didasarkan pada jaringan jalan aktual yang dimodelkan menggunakan plugin *Valhalla* pada perangkat lunak QGIS.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa kedua model optimasi mampu memberikan peningkatan kinerja operasional dibandingkan kondisi eksisting, namun dengan tingkat efektivitas yang berbeda. Model 1 (Heuristik Konstruktif) berhasil meningkatkan utilitas armada menjadi 60,79% dan mengurangi jumlah ritase sebesar 18%. Akan tetapi, dengan adanya mekanisme iterasi perbaikan rute secara internal, Model 2 (Heuristik Berbasis Penugasan) terbukti jauh lebih komprehensif dalam menangani inefisiensi. Model ini mampu memangkas jarak tempuh kosong (*empty miles*) secara drastis sebesar 29% dan menurunkan total jarak distribusi sebesar 14,2%, jauh melampaui capaian Model 1. Dari sisi produktivitas, Model 2 juga mencatatkan kinerja tertinggi dengan utilitas muatan mencapai 63,91% serta reduksi kebutuhan ritase hingga 22%. Berdasarkan efisiensi kinerja di seluruh parameter pengujian, Model 2 disimpulkan sebagai metode yang paling efektif untuk diterapkan pada jaringan distribusi *Vehicle Routing Problem with Backhaul* (VRPB) dengan penurunan jarak tempuh sebesar 2766.20 km dan penurunan *empty miles* sebesar 3112.95 km. Model 2 juga memperbaiki produktivitas armada dengan peningkatan utilitas muatan sebesar 14,1%.

**Kata kunci:** *Vehicle Routing Problem with Backhaul* (VRPB), *Empty Miles*, Optimasi Heuristik, Algoritma Penugasan, Utilitas Armada.

## *ABSTRACT*

The logistics distribution of consumer sugar in the Java and Bali regions faces significant inefficiency challenges, primarily driven by high rates of empty miles and low fleet payload utilization. The main focus of this study is to identify the optimal strategy for integrating linehaul and backhaul routes to reduce operational waste. This research aims to analyze the effectiveness of implementing backhaul routes and compare the performance of two optimization methods in minimizing total travel distance and empty miles, as well as increasing fleet productivity.

In this research, two optimization models were developed using heuristic algorithms. Model 1 employs a constructive approach combining the Nearest Neighbour Algorithm (NNA) for linehaul routes and Mayer's Method for backhaul routes. Meanwhile, Model 2 applies an Assignment-Based Heuristic approach, integrating assignment theory with route improvement mechanisms (2-Opt and Relocate). All distance calculations in this simulation are based on the actual road network modeled using the Valhalla plugin in QGIS software.

Simulation results indicate that both optimization models are capable of improving operational performance compared to existing conditions, albeit with varying levels of effectiveness. Model 1 (Constructive Heuristic) succeeded in increasing fleet utilization to 60.79% and reducing trip frequency by 18%. However, with its internal route improvement iteration mechanism, Model 2 (Assignment-Based Heuristic) proved significantly more comprehensive in addressing inefficiencies. This model was able to drastically cut empty miles by 29% and reduce total distribution distance by 14.2%, far surpassing the achievements of Model 1. In terms of productivity, Model 2 also recorded the highest performance with payload utilization reaching 63.91% and a reduction in trip requirements of up to 22%. Based on performance efficiency across all testing parameters, Model 2 is concluded to be the most effective method for implementation in Vehicle Routing Problem with Backhaul (VRPB), achieving a total distance reduction of 2,766.20 km and an empty miles reduction of 3,112.95 km. Furthermore, Model 2 improved fleet productivity with a 14.1% increase in load utilization.

**Keywords:** Vehicle Routing Problem with Backhaul (VRPB), Empty Miles, Heuristic Optimization, Assignment Algorithm, Fleet Utilization.