

INTISARI

Pada tahun 2024, *market size* konsumen elektronik secara global bernilai USD 815,16 milyar dan diproyeksikan meningkat dengan CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) sebesar 7,85% (*Fortune Business Insights*, 2024). Pertumbuhan ini mengakibatkan siklus hidup barang elektronik semakin singkat dan menghasilkan lebih banyak limbah elektronik. Forti et al (2020) menyatakan sebanyak 82,6% limbah elektronik tidak dikelola dengan baik sehingga berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan. Berdasarkan Konvensi Basel, limbah elektronik tergolong sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena memiliki karakteristik yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Dalam menghadapi kompleksitas pengelolaan limbah elektronik, diperlukan sistem *reverse logistics* limbah elektronik yang optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *reverse logistics* melalui pendekatan *two-stage location routing problem* yaitu pemilihan lokasi *Primary Collection Center* (PCC) menggunakan multi-objective dan penentuan rute pengiriman menggunakan *single-objective*. Metode yang digunakan dalam penentuan PCC adalah *Mixed Integer Linear Programming* dan metode yang digunakan dalam penentuan rute adalah *Clarke and Wright Saving Method*, *Local Search*, dan *Tabu Search*. Optimasi dilakukan dengan mempertimbangkan biaya dan tingkat partisipasi konsumen dalam bentuk peluang yang dapat merefleksikan perilaku konsumen terkait dengan ketertarikan konsumen untuk ikut turut berpartisipasi. Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder serta perangkat lunak seperti *Google Maps*, *QGIS*, dan *Google Colab* untuk proses analisis.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *benefit cost ratio* tertinggi antara tingkat partisipasi dan harga sewa PCC terjadi pada *threshold* jarak 4,93 km dengan tingkat partisipasi sebesar 55,08%, yang mencerminkan *willingness* atau kemauan konsumen untuk berpartisipasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat partisipasi konsumen dalam penelitian ini adalah jarak tempuh. Dengan demikian perencanaan *reverse logistics* ini dapat mengurangi biaya kerusakan lingkungan sebesar 53,19%.

Kata Kunci: *Reverse Logistics Framework*, Limbah elektronik, Multi-Objektif, *Behavioral*

ABSTRACT

In 2024, the global consumer electronics market size is projected to reach USD 815,16 billion, at a compound annual growth rate (CAGR) of 7,85% (Fortune Business Insight, 2024). This growth has led to shorter product life cycles, resulting in an increase in e-waste. Forti et al. (2020) state that 82,6% of e-waste is not properly managed, which can lead to various environmental issues. According to the Basel Convention, e-waste is classified as Hazardous and Toxic Waste (B3) due to its characteristics that are harmful to the environment and human health. To overcome the complexity of e-waste management, a reverse logistics framework for e-waste is needed, considering environmental, social (consumer behavior), and economic aspects.

This study aims to develop an e-waste management framework using a two-stage location-routing approach. This approach involves selecting Primary Collection Center (PCC) locations using multi-objective optimization and determining delivery routes using single-objective optimization. The method used to determine the PCC locations is Mixed Integer Linear Programming, and the route determination methods include the Clarke and Wright Saving Method, Local Search, and Tabu Search. Optimization is performed by considering costs and consumer participation levels, which reflect consumer behavior related to their willingness to participate. This study used primary and secondary data, along with software tools such as Google Maps, QGIS, and Google Colab for analysis.

The results of this study show that the highest Benefit-Cost Ratio (BCR) between consumer participation and the rental price of the PCC occurs at a distance threshold of 4.93 km, with a participation rate of 55.08%, reflecting the willingness of consumers to participate. One of the factors influencing consumer participation in this study is the travel distance. Therefore, this reverse logistics planning can reduce environmental damage costs by 53.19%.

Keywords: Reverse Logistics Framework, Electronic Waste, Multi-Objective, Behavioral