

INTISARI

Pengelolaan sampah di Kota Yogyakarta menghadapi tantangan besar pasca penutupan permanen TPA Piyungan pada Mei 2024. Sebagai solusi, pemerintah merencanakan pembangunan fasilitas *Waste-to-Energy* atau Pengolahan Sampah menjadi Energi Listrik (PSEL) Yogyakarta Raya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model optimasi jaringan rantai pasok sampah Kota Yogyakarta dalam masa operasional PSEL dengan menggunakan pendekatan *Two-Echelon Inventory Routing Problem* (2E-IRP). Eselon pertama memodelkan aliran sampah dari 15 depo menuju 4 Unit Pengolahan Sampah (UPS), sedangkan eselon kedua memodelkan aliran residu dari UPS ke PSEL. Model dirumuskan dalam bentuk *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) dan diselesaikan menggunakan metode *column generation* eksak dalam kerangka *rolling horizon*.

Hasil evaluasi kecukupan pasokan dari tahun 2028 hingga 2057 menunjukkan bahwa PSEL dapat beroperasi dengan profit yang positif hingga tahun 2041 dengan bantuan pasokan cadangan TPA Piyungan. Dari perhitungan nilai kalor sampah menunjukkan bahwa sistem dua eselon menghasilkan nilai kalor 10,060.99 MJ/ton, lebih tinggi dari standar minimum 7,500 MJ/ton, sehingga dapat menghasilkan insentif nilai kalor sebesar Rp20,000 per MJ/ton. Dalam kondisi PSEL beroperasi, hasil optimasi menunjukkan bahwa Skenario 1 (Depo → UPS → PSEL) adalah strategi terbaik dengan total pendapatan tertinggi, meski masih mencatat kerugian operasional sebesar Rp476,080,253 per minggu akibat kekurangan pasokan sebesar 1,652 ton yang memicu penalti. *Bottleneck* utama sistem ditemukan pada kapasitas *throughput* UPS yang terbatas (145 ton/hari) dan adanya hari libur operasional. Penelitian ini merekomendasikan ekspansi kapasitas UPS hingga minimal 300 ton/hari dan perlunya kontribusi pasokan dari Kabupaten Gunungkidul dan Kulon Progo setidaknya dari tahun 2042 untuk menghindari kerugian yang besar di masa depan akibat penalti kekurangan tonase.

Kata Kunci: Pengelolaan Sampah, PSEL, *Two-Echelon Inventory Routing Problem*, Kota Yogyakarta

ABSTRACT

Waste management in Yogyakarta City has faced significant challenges following the permanent closure of the Piyungan Landfill in May 2024. In response, the government initiated the Waste-to-Energy (WtE) facility project in Yogyakarta Raya. This study aims to develop an optimization model for the municipal solid waste supply chain network in Yogyakarta City during the WtE operation phase using a Two-Echelon Inventory Routing Problem (2E-IRP) approach. The first echelon models waste flow from 15 depots to 4 Intermediate Processing Facilities (UPS), while the second echelon models the flow of residues from UPS to the WtE facility. The model is formulated as Mixed Integer Linear Programming (MILP) and solved using a column generation exact and rolling horizon.

The supply adequacy evaluation from 2028-2057 shows that the WtE facility can operate on a profit until 2041 with the help of the waste from TPA Piyungan. The calculation of Lower Heating Value (LHV) shows a result of 10,060.99 MJ/ton when the waste is collected through the two-echelon network, exceeding the minimum standard of 7,500 MJ/ton, thus qualifying for a heating value incentive of Rp20,000 per MJ/ton. Optimization results indicate that during the operation phase of the WtE facility, Scenario 1 (Depot → UPS → WtE) is the superior operational strategy with the highest total revenue, despite an operational loss of Rp476,080,253 per week due to a 1,652 ton supply shortage that triggers penalties. The primary system bottleneck is identified as the limited UPS throughput capacity (145 tons/day) and operational holidays. This study recommends expanding UPS capacity to at least 300 tons/day and incorporating supply contributions from Gunungkidul and Kulon Progo Regencies, at least starting in 2042 to mitigate future tonnage shortage penalties.

Keywords: Waste Management, Waste-to-Energy, Two-Echelon Inventory Routing Problem, Yogyakarta City