UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMASI MULTI-OBJEKTIF PADA JARINGAN TRANSPORTASI MULTIMODA BERBASIS TRIPLE BOTTOM LINE, FAKTOR KETIDAKPASTIAN, DAN SUBSIDI DI INDONESIA
Yusril Adinata Muda, Prof. Ir. Bertha Maya Sopha, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Transportasi logistik memiliki peranan yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi nasional. Sebagai salah satu penggerak rantai pasok, infrastruktur transportasi logistik berpengaruh terhadap berputarnya roda perekonomian dari hulu ke hilir. Pesatnya pertumbuhan industri mendorong pencapaian *Net Zero Emission* di hampir seluruh sektor termasuk transportasi. Namun faktanya, transportasi di Indonesia saat ini, termasuk logistik, masih sangat bergantung pada sektor transportasi darat yakni jalan raya hingga mencapai rasio 90% secara keseluruhan. Hal ini menunjukkan ketimpangan infrastruktur transportasi lain yang lebih ramah lingkungan serta menunjukkan adanya potensi pengoptimalan sektor transportasi logistik melalui implementasi sistem multimoda yang banyak dilakukan oleh negara-negara lain.

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan jaringan transportasi logistik dengan sistem multimoda di Indonesia berdasarkan studi kasus hipotetik mengenai distribusi modul PV di Indonesia yang sejalan dengan pembangunan infrastruktur keberlanjutan. Pemodelan didukung dengan analisis pengaruh penerapan multimoda terhadap tiga fungsi objektif berdasarkan kerangka *Triple Bottom Line*, pengaruh adanya faktor ketidakpastian dalam jaringan, serta pengaruh penerapan subsidi pada moda transportasi yang dianggap lebih ramah lingkungan. Optimasi dilakukan berbasis pada algoritma evolusioner NSGA-II dengan mengadopsi *fuzzy logic* ke dalam sistem kontrol parameter untuk meningkatkan kemampuan adaptasi dari algoritma.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem multimoda dalam kasus distribusi logistik di Indonesia terbukti secara kualitatif memberikan efisiensi yang signifikan terhadap biaya, waktu, dan emisi sebesar 7,63%, 11,15%, serta 27,64% secara berurutan. Adanya faktor ketidakpastian waktu yang sering terjadi dalam kasus-kasus distribusi juga memberikan efek terhadap jaringan distribusi multimoda yang dapat ditawarkan oleh algoritma. Faktor ketidakpastian mempersempit ruang pengambilan keputusan dan menggeser nilai minimum dari seluruh fungsi objektif. Lebih lanjut, analisis penerapan subsidi pada rentang skala 4% hingga 24% untuk moda kereta dan kapal kargo menunjukkan pengaruh yang minimum pada jaringan apabila tidak disertai dengan dukungan infrastruktur yang lebih memadai untuk jaringan kereta api untuk memberikan ruang solusi alternatif yang lebih luas. Analisis sensitivitas terhadap data dan parameter dilakukan untuk menunjukkan pengaruh pergeseran nilai yang ditentukan secara dummy pada penelitian ini terhadap jaringan transportasi multimoda yang dianalisis.

Kata kunci: Jaringan transportasi logistik, Multimoda, Optimasi multi-objektif, *Triple bottom line*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
OPTIMASI MULTI-OBJEKTIF PADA JARINGAN TRANSPORTASI MULTIMODA BERBASIS TRIPLE BOTTOM LINE, FAKTOR KETIDAKPASTIAN, DAN SUBSIDI DI INDONESIA
Yusril Adinata Muda, Prof. Ir. Bertha Maya Sopha, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Logistics transportation plays a significant role in national economic growth. As a key driver of the supply chain, logistics transportation infrastructure influences the flow of economy from upstream to downstream. Rapid industrial growth is driving the pursuit of Net Zero Emissions (NZE) across nearly all sectors, including transportation. However, the reality is that transportation in Indonesia today, including logistics, remains heaviliy reliant on land-based transportation, specifically roadways, accounting for 90% of the total ratio. This highlights the imbalance in other, more environmentally friendly, transportation infrastructure and indicates the potential for optimizing the logistics transportation sector through the implementation of multimodal system which has widely adopted by many countries.

This study aims to build a model of logistics transportation network adopting multimodal system in Indonesia based on a hypothetical case study regarding the distribution of PV modules in Indonesia, aligned with the sustainable infrastructure development vision. The modelling is supported by an analysis of the impact of multimodal implementation on three objective functions based on Triple Bottom Line framework, the impact of uncertainty factor within the network, and the impact of subsidies on transportation modes that are considered more environmentally friendly. The optimization was carried out using the NSGA-II, incorporating fuzzy logic into the parameter control system to enhance the algorithm's adaptibility.

The study results show that the application of a multimodal system in logistics distribution cases in Indonesia has been proven qualitatively to provide significant efficiency in terms of cost, time, and emissions of 7.36%, 11.15%, and 27.67%, respectively. The presence of time uncertainty, which frequently occurs in distribution cases, also affects the multimodal distribution network proposed by the algorithm. This uncertainty narrows the decision-making space and shifts the minimum value of the objective function. Furthermore, an analysis of applying subsidies within a range of 4% to 24% for rail and cargo ship modes indicates minimal impact on the optimized network unless accompanies by more adequate infrastructure support of the rail network to provide broader range of alternative solutions. Sensitivity analysis of data and parameters used was conducted to demonstrate the impact of shifts in dummy-determined values in this study on the analyzed multimodal transportation network.

Keywords: Logistics transportation network, Multimodal, Multi-objective optimization, Triple bottom line