

INTISARI

Sektor transportasi merupakan salah satu penyumbang emisi terbesar secara nasional, sehingga percepatan transisi menuju energi bersih menjadi urgensi strategis. Pengembangan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) telah didorong melalui berbagai kebijakan, namun keterbatasan infrastruktur pengisian daya masih menjadi tantangan utama. Ketersediaan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) belum sebanding dengan pertumbuhan jumlah KBLBB, sementara tingginya biaya investasi menuntut pembangunan infrastruktur yang efisien dan memiliki tingkat utilitas yang maksimal.

Penelitian ini mengembangkan model multi objektif *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) untuk membantu penentuan lokasi, jumlah, dan tipe SPKLU, serta jumlah pengisi daya dengan tujuan meminimasi biaya pembangunan dan memaksimalkan rata-rata kenyamanan pengisian daya pengguna KBLBB. Karena model awal mengandung bentuk non linear dan rasio fraksional, dilakukan transformasi menggunakan *Charnes–Cooper Transformation* (CCT) untuk menangani fungsi objektif berbentuk fraksional, serta pendekatan *McCormick Envelope* untuk melinearkan relasi bilinear antara variabel kontinu dan biner sehingga model dapat diformulasikan dalam bentuk linear. Penyelesaian model dilakukan menggunakan metode *epsilon-constraint* dan dioptimalkan dengan Gurobi Optimizer.

Model yang dikembangkan menghasilkan himpunan solusi Pareto yang merepresentasikan berbagai alternatif kombinasi lokasi, jumlah, dan tipe SPKLU serta jumlah pengisi daya, sehingga memberikan fleksibilitas bagi *decision maker* (DM) dalam menentukan solusi yang paling sesuai dengan prioritas kebijakan. Hasil analisis menunjukkan terdapat *trade-off* antara kedua objektif, yaitu peningkatan rata-rata kenyamanan dapat dicapai dengan meningkatkan biaya pembangunan, begitu juga sebaliknya. Perubahan tingkat penetrasi KBLBB dapat meningkatkan jumlah *demand* yang harus dilayani, dan berdampak pada peningkatan biaya pembangunan yang dibutuhkan untuk mempertahankan tingkat rata-rata kenyamanan pengguna KBLBB dalam menggunakan SPKLU.

Kata kunci: Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU); Optimasi Multi Objektif; *Mixed Integer Linear Programming* (MILP); *Epsilon Constraint*; Kenyamanan Pengisian Daya; Biaya Pembangunan SPKLU.

ABSTRACT

The transportation sector is one of the largest contributors to national greenhouse gas emissions, making the transition toward clean energy a strategic priority. The development of Battery Electric Vehicles (BEVs) has been promoted through various policies; however, the limited availability of charging infrastructure remains a major challenge. The number of Public Electric Vehicle Charging Stations (EVCS) has not kept pace with the growth of BEVs, while high investment costs require infrastructure deployment strategies that ensure efficiency and optimal utilization.

This study develops a multi-objective Mixed Integer Linear Programming (MILP) model to determine the optimal locations, number, and types of charging stations, as well as the number of chargers, with the objectives of minimizing infrastructure investment costs and maximizing the average user charging convenience. Since the original formulation contains nonlinear and fractional components, the model is transformed using the Charnes–Cooper Transformation (CCT) to address the fractional objective function and the McCormick Envelope approach to linearize bilinear relationships between continuous and binary variables, enabling a linear formulation. The model is solved using the epsilon-constraint method and optimized with the Gurobi Optimizer.

The proposed model generates a set of Pareto-optimal solutions representing alternative configurations of charging infrastructure with different trade-offs between cost and average charging convenience, providing flexibility for decision makers (DM) to select solutions aligned with policy priorities. The results indicate a clear trade-off between the two objectives, where improvements in average user charging convenience require higher investment costs, and vice versa. Furthermore, increasing BEV penetration leads to higher demand levels, which subsequently increases the investment required to maintain service quality and average user charging convenience.

Keywords: Public Charging Station; Multi-objective Optimization; Mixed Integer Linear Programming; Epsilon Constraint; Charging Convenience; Investment Cost.