

Hidrogen merupakan salah satu sumber energi alternatif yang bersih dan berkelanjutan yang dikembangkan sebagai respons terhadap meningkatnya kekhawatiran terhadap emisi gas rumah kaca dan keterbatasan bahan bakar fosil. Melalui *Indonesia Hydrogen Roadmap*, pemerintah telah menetapkan target pengembangan infrastruktur hidrogen, termasuk pemanfaatannya dalam sektor transportasi. Dalam konteks tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemilihan lokasi dan pemasok Stasiun Pengisian Hidrogen (SPH) untuk mendukung infrastruktur kendaraan hidrogen di DKI Jakarta. Penelitian ini mengembangkan *framework* terintegrasi yang menggabungkan metode K-Means *Clustering* berbasis tiga fitur utama, yaitu demografis, geografis, dan ekonomi untuk mengelompokkan 216 Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) menjadi beberapa klaster prioritas. Lokasi-lokasi yang masuk dalam klaster prioritas selanjutnya dioptimalkan menggunakan model *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP) untuk menentukan lokasi SPH dan pemasoknya dengan mempertimbangkan kapasitas, biaya, dan efisiensi distribusi. Optimasi dilakukan untuk tiga periode perencanaan: 2026-2030, 2031-2035, dan 2036-2040. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan SPH meningkat secara signifikan seiring pertumbuhan permintaan, mulai dari 5 unit (2026-2030), 28 unit (2031-2035), dan 159 unit (2036-2040). Meskipun demikian, rata-rata biaya per unit tetap stabil pada kisaran Rp12,165 miliar, menunjukkan bahwa mengintegrasikan SPH ke dalam infrastruktur SPBU yang sudah ada dapat mengatasi keterbatasan lahan serta investasi tambahan yang besar. Kemudian, hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa parameter yang paling berpengaruh terhadap model MILP adalah kapasitas SPH, permintaan harian hidrogen, dan biaya modal pembangunan SPH. Temuan ini memberikan dasar penting bagi perencanaan pembangunan SPH yang efisien, berbasis data, dan adaptif terhadap dinamika permintaan, serta dapat menjadi acuan bagi pengembangan sistem hidrogen berkelanjutan di kawasan perkotaan lainnya.

Kata kunci: Stasiun Pengisian Hidrogen, *Hydrogen Supply Chain*, K-Means *Clustering*, Keterbatasan Lahan, *Mixed-Integer Linear Programming*.

Hydrogen is one of the clean and sustainable alternative energy sources developed in response to growing concerns over greenhouse gas emissions and the depletion of fossil fuels. Through the *Indonesia Hydrogen Roadmap*, the government has set targets for the development of hydrogen infrastructure, including its application in the transportation sector. In this context, this study aims to optimize the selection of locations and suppliers for Hydrogen Refueling Stations (HRS) to support hydrogen vehicle infrastructure in DKI Jakarta. This research develops an integrated framework that combines K-Means Clustering based on three key features are demographic, geographic, and economic to categorize 216 gas stations into several priority clusters. Locations within the priority clusters are then optimized using a Mixed-Integer Linear Programming (MILP) model to determine the optimal HRS locations and their suppliers, taking into account capacity, cost, and distribution efficiency. Optimization is carried out for three planning periods: 2026-2030, 2031-2035, and 2036-2040. The results show that HRS demand increases significantly with rising hydrogen demand: 5 units (2026-2030), 28 units (2031-2035), and 159 units (2036-2040). Nevertheless, the average cost per unit remains stable at around IDR 12.165 billion, indicating that integrating HRS into existing gas stations infrastructure can address land constraints and reduce the need for large additional investments. Sensitivity analysis reveals that the most influential parameters in the MILP model are HRS capacity, daily hydrogen demand, and capital cost for HRS construction. These findings provide a strong foundation for planning efficient, data-driven, and demand-responsive HRS development, and may serve as a reference for advancing sustainable hydrogen systems in other urban areas.

Keywords: Hydrogen Refueling Station, Hydrogen Supply Chain, K-Means Clustering, Land Limitations, Mixed-Integer Linear Programming.