

## INTISARI

Dewan Energi Nasional menargetkan adopsi 1,7 juta truk *Fuel Cell Vehicle* (FCV) hingga tahun 2060 sebagai langkah dekarbonisasi sektor transportasi. Dengan begitu, kesiapan rantai pasok domestik dalam memproduksi komponen inti FCV yaitu *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) *stack* menjadi fundamental. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan membandingkan kelayakan dua model rantai pasok strategis untuk produksi PEMFC di Indonesia yaitu Skenario I (Linear) yang berbasis manufaktur konvensional dan Skenario II (Sirkular) yang mengintegrasikan fasilitas daur ulang. Dengan menggunakan pendekatan *Material Flow Analysis* (MFA), *Cost Benefit Analysis* (CBA), dan *Material Circularity Index* (MCI), penelitian ini mengevaluasi kelayakan finansial, ketergantungan sumber daya, dan tingkat sirkularitas dari kedua skenario tersebut dalam konteks proyeksi adopsi PEMFC di Indonesia.

Hasil studi menunjukkan bahwa manufaktur PEMFC di Indonesia akan menciptakan ketergantungan impor pada platinum, dengan *Import Dependency Ratio* (IDR) 99% pada Skenario Linear dan 52% pada Skenario Sirkular. Selanjutnya, dari aspek keberlanjutan material, MCI pada Skenario Sirkular berpotensi mencapai rata-rata 68%, menunjukkan bahwa model sirkular mampu menggantikan dominasi kebutuhan material primer dengan daur ulang *scrap material*. Selain itu, diidentifikasi dengan analisis sensitivitas bahwa skala adopsi truk *Fuel Cell* menjadi faktor penentu bagi keberhasilan ekosistem manufaktur PEMFC di Indonesia. Dari penelitian ini, didapatkan kesimpulan bahwa kegiatan rantai pasok PEMFC di Indonesia belum dapat sepenuhnya dipenuhi dari pasokan domestik, terutama pada material platinum, menjadi *uncertain factor* pada rantai pasok. Selain itu, implementasi rantai pasok sirkular telah disimulasikan mampu mengurangi ketergantungan impor platinum, meningkatkan sirkularitas material, serta memberikan dampak ekonomi lebih tinggi dibandingkan rantai pasok linear dengan potensi NPV mencapai 2.5 miliar USD dan IRR 15%.

Kata kunci: PEMFC, *Material Flow Analysis*, *Cost Benefit Analysis*, *Material Circularity Index*

## ABSTRACT

Indonesia's National Energy Council targets the adoption of 1.7 million Fuel Cell Vehicle (FCV) trucks by 2060 as a measure for decarbonizing the transportation sector. Consequently, the readiness of the domestic supply chain to manufacture the core FCV component, the Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) stack becomes fundamental. This research aims to analyze and compare the feasibility of two strategic supply chain models for PEMFC production in Indonesia: Scenario I (Linear), based on conventional manufacturing, and Scenario II (Circular), which integrates recycling facilities. Utilizing Material Flow Analysis (MFA), Cost-Benefit Analysis (CBA), and the Material Circularity Index (MCI), this study evaluates the financial viability, resource dependency, and circularity level of both scenarios within the context of Indonesia's projected PEMFC adoption.

The study reveals that PEMFC adoption in Indonesia will create a critical import dependency on platinum, averaging 99% in the Linear Scenario and 52% in the Circular Scenario. The high circularity level in the Circular Scenario, with an average MCI of 68%, indicates that this model can substitute the dominance of primary material demand with secondary materials, thereby enhancing the sustainability of the material supply. Furthermore, sensitivity analysis identifies that the demand adoption scale of FCV trucks is the most critical determinant for the successful implementation of PEMFC manufacturing in Indonesia. Therefore, this study concludes that the PEMFC supply chain in Indonesia cannot be fully met solely by domestic supply, particularly for platinum. In summary, the implementation of a circular supply chain is simulated to reduce import dependency for platinum, increase material circularity, reduce material scraps, and provide a higher economic impact compared to the linear supply chain with a Net Present Value (NPV) of \$2.5 billion USD in 2060.

Keywords: PEMFC, Material Flow Analysis, Cost-Benefit Analysis, Material Circularity Index, Import Dependency Ratio