

INTISARI

Keterbatasan akses listrik di wilayah terpencil masih menjadi tantangan signifikan dalam pemerataan energi di Indonesia, termasuk di Kabupaten Wonogiri. Di sisi lain, meningkatnya timbunan sampah plastik yang sulit terurai menimbulkan permasalahan lingkungan yang serius. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi sistem mikrogrid berbasis energi terbarukan yang mengintegrasikan pembangkit listrik tenaga surya (PV) dengan generator berbahan bakar minyak pirolisis yang berasal dari limbah plastik (PP, LDPE, dan HDPE). Sistem yang diusulkan diharapkan mampu menyediakan pasokan listrik yang berkelanjutan sekaligus memanfaatkan limbah plastik sebagai sumber energi alternatif. Metode penelitian meliputi proses pirolisis limbah plastik untuk menghasilkan bahan bakar setara bensin yang diuji karakteristiknya berdasarkan parameter *Research Octane Number* (RON), kandungan timbal (Pb), dan densitas sesuai standar ASTM. Selanjutnya dirancang sistem mikrogrid hybrid PV-genset dengan tiga skenario komposisi energi, yaitu 75% PV-25% genset pirolisis, 50% PV-50% genset pirolisis, dan 25% PV-75% genset pirolisis. Optimasi teknis dilakukan menggunakan perangkat lunak HOMER Pro dengan tiga profil beban (normal, moderat, dan optimis). Analisis kelayakan ekonomi dan emisi karbon dilakukan menggunakan Microsoft Excel dan QGIS dengan indikator *Net Present Cost* (NPC), *Levelized Cost of Energy* (LCOE), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PBP), dan *Annualized Cost*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa Skenario 1 (75% PV-25% genset pirolisis) merupakan konfigurasi paling optimal dengan nilai NPC terendah sebesar US\$73,359.81 dan LCOE sekitar US\$0,92/kWh, dengan IRR sebesar -1,2% dan Payback Period -2 tahun. Meskipun perluasan jaringan PLN memiliki biaya investasi yang lebih rendah (NPC US\$15,733,202.43), sistem mikrogrid hybrid memberikan keuntungan dalam pemanfaatan energi terbarukan, pengurangan emisi karbon, serta konversi limbah plastik menjadi energi alternatif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi PV dengan genset berbahan bakar minyak pirolisis berpotensi menjadi solusi penyediaan listrik yang berkelanjutan di daerah terpencil.

Kata kunci: Mikrogrid Hybrid, HOMER Pro, QGIS, Pirolisis, Emisi CO₂.

ABSTRACT

Limited access to electricity in remote areas remains a significant challenge in achieving equitable energy distribution in Indonesia, including in Wonogiri Regency. At the same time, the increasing accumulation of plastic waste that is difficult to decompose poses serious environmental concerns. This study aims to design and evaluate a renewable energy-based microgrid system integrating solar photovoltaic (PV) generation with a generator fueled by pyrolysis oil derived from plastic waste (PP, LDPE, and HDPE). The proposed system seeks to provide a sustainable electricity supply while simultaneously utilizing plastic waste as an alternative energy resource. The research methodology includes the pyrolysis process to produce gasoline-equivalent fuel, whose characteristics are tested based on Research Octane Number (RON), lead content (Pb), and density in accordance with ASTM standards. A hybrid PV-generator microgrid is then designed with three energy composition scenarios: 75% PV-25% pyrolysis generator, 50% PV-50% pyrolysis generator, and 25% PV-75% pyrolysis generator. Technical optimization is performed using HOMER Pro under three load profiles (normal, moderate, and optimistic). Economic feasibility and carbon emission analyses are conducted using Microsoft Excel and QGIS based on Net Present Cost (NPC), Levelized Cost of Energy (LCOE), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Payback Period (PBP), and Annualized Cost. Simulation results indicate that Scenario 1 (75% PV-25% pyrolysis generator) provides the optimal configuration with the lowest NPC of US\$73,359.81 and LCOE of approximately US\$0.92/kWh, with an IRR of -1.2% and a payback period of -2 years. Although grid expansion by PLN shows a lower investment cost (NPC US\$15,733,202.43), the hybrid microgrid offers advantages in renewable energy utilization, carbon emission reduction, and plastic waste conversion into alternative energy. These findings demonstrate the potential of PV-pyrolysis generator integration as a sustainable electricity solution for remote areas.

Keywords: Hybrid Microgrid, HOMER Pro, QGIS, Pyrolysis, CO₂ Emissions.