

Ketimpangan akses energi listrik masih menjadi tantangan besar di wilayah-wilayah terpencil Indonesia, termasuk di Kabupaten Raja Ampat, Provinsi Papua Barat Daya. Desa Kapadiri, salah satu desa di Distrik Supnin, hingga saat ini belum terhubung dengan jaringan listrik nasional dan masyarakat masih bergantung pada genset berbahan bakar fosil yang mahal dan tidak ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian kelayakan teknis dan ekonomis atas pembangunan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* sebagai solusi alternatif penyediaan energi yang berkelanjutan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis tekno-ekonomi. Data potensi energi surya diperoleh melalui *Global Solar Atlas*, sedangkan estimasi beban listrik didasarkan pada survei lapangan, standar konsumsi energi rumah tangga di desa, serta proyeksi pertumbuhan kebutuhan energi di masa depan. Analisis teknis meliputi perhitungan kapasitas panel surya, baterai, dan inverter, sedangkan aspek ekonomi dinilai melalui indikator *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Benefit-Cost Ratio (BCR)*, *Payback Period (PP)*, dan *Levelized Cost of Energy (LCOE)*.

Hasil studi menunjukkan bahwa Desa Kapadiri memiliki potensi radiasi matahari rata-rata sebesar 4,647 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Dengan mengusulkan sistem PLTS *off-grid* sebesar 25 kWp, dapat dipenuhi kebutuhan energi sekitar 78 kepala keluarga. Sistem dirancang dengan konfigurasi panel *monocrystalline*, baterai lithium-ion, dan inverter efisiensi tinggi. Dari sisi ekonomi, proyek ini menunjukkan kelayakan dengan NPV bernilai positif, IRR sebesar 11,6%, BCR sebesar 1,42, dan waktu pengembalian investasi (*payback period*) dalam rentang 7 hingga 8 tahun. Meskipun LCOE proyek sedikit lebih tinggi dibanding pembangkit konvensional di wilayah urban, nilai tersebut masih kompetitif mengingat manfaat sosial dan pengurangan emisi yang signifikan.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa PLTS *off-grid* merupakan solusi yang tepat dan berkelanjutan untuk desa terpencil seperti Kapadiri. Selain mendukung pencapaian target elektrifikasi nasional dan *Net Zero Emission 2060*, sistem ini juga dapat mendorong pengembangan ekonomi lokal dan pariwisata berbasis ekowisata. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi referensi praktis bagi pemerintah, PLN, dan pihak swasta dalam merancang proyek-proyek elektrifikasi desa lainnya yang berbasis potensi lokal.

Kata kunci: PLTS off-grid, kajian tekno-ekonomi, elektrifikasi desa, energi terbarukan, Raja Ampat, Papua

## **ABSTRACT**

*Energy access inequality remains a major development challenge in remote regions of Indonesia, including Raja Ampat Regency in Southwest Papua Province. Kapadiri Village, located in Supnin District, has yet to be connected to the national electricity grid, and the local population still relies on costly, inefficient diesel generators. This study aims to assess the technical and economic feasibility of deploying an off-grid Solar Photovoltaic (PV) system as a sustainable energy alternative for the village.*

*The research employs a quantitative techno-economic approach. Solar energy potential is assessed using Global Solar Atlas data, while household and productive load estimations are based on field surveys, local consumption benchmarks, and projected demand growth. The technical analysis covers the calculation of solar panel, battery, and inverter capacities, while the economic analysis includes key financial indicators such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Benefit-Cost Ratio (BCR), Payback Period (PP), and Levelized Cost of Energy (LCOE).*

*Results show that Kapadiri receives an average solar irradiation of 4.647 kWh/m<sup>2</sup>/day. A proposed 25 kWp off-grid PV system can meet the energy needs of approximately 78 households. The system design includes high-efficiency monocrystalline PV modules, lithium-ion battery storage, and inverters with advanced voltage control. From an economic perspective, the project demonstrates viability with a positive NPV, IRR of 11.6%, BCR of 1.42, and a payback period of approximately 7–8 years. Although the calculated LCOE is relatively higher than that of grid-connected systems in urban areas, it remains competitive given the substantial social benefits and emission reductions.*

*The study concludes that off-grid solar PV systems represent a viable and sustainable solution for electrifying remote areas like Kapadiri. Beyond supporting Indonesia’s national electrification goals and 2060 Net Zero Emission commitment, such systems can foster inclusive local economic development and community-based ecotourism. The outcomes of this study offer a replicable model for similar villages across Indonesia and can inform future policymaking and investment strategies in renewable rural electrification.*

*Keywords: off-grid solar PV, techno-economic analysis, rural electrification, renewable energy, Raja Ampat, Papua*