

ABSTRAK

Sebuah galangan kapal di pulau terpencil di Papua Barat saat ini mengandalkan dua *diesel generator* (DG) dengan total kapasitas 1.100 kW untuk memenuhi kebutuhan energi 1431.2 kWh/hari dengan beban puncak 108,9 kW. Akibat kapasitas DG terlalu besar dari kebutuhan, DG beroperasi dengan efisiensi rendah dengan *levelized cost of energy* (LCOE) yang tinggi sebesar 9.064 IDR/kWh dan menghasilkan emisi CO₂ *equivalent* 496 ton/tahun. Dengan penurunan biaya sistem solar fotovoltaik (PV) dan potensi tenaga surya yang tinggi di galangan kapal, ada peluang untuk mengeksplorasi kelayakan teknis-ekonomi dan lingkungan dari sistem PV-baterai-diesel hibrida. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kapasitas dan topologi optimal dari sistem PV-baterai-diesel yang meminimalkan LCOE serta mempertimbangkan emisi CO₂ dan batasan *capital expenditure* (CAPEX) maksimum sebesar RP 16,4 miliar. Empat topologi berbeda dievaluasi. Topologi 1 menghitung kapasitas DG untuk efisiensi yang lebih tinggi. Topologi 2 menggabungkan DG dengan PV untuk mengurangi LCOE dan emisi CO₂. Topologi 3 menentukan kapasitas PV dan baterai untuk memaksimalkan pengurangan emisi. Terakhir, topologi 4 menggabungkan PV, baterai, dan DG untuk mengatasi batasan dari topologi sebelumnya. Berdasarkan analisis, topologi PV-baterai-DG mencapai LCOE terendah sebesar Rp3.185 /kWh, diikuti oleh PV-baterai, PV-DG, dan DG saja. Dari emisi CO₂, topologi PV-baterai emisi terendah, diikuti oleh PV-baterai-DG, PV-DG, dan DG saja. Hanya topologi DG, PV-DG, dan PV-baterai-DG yang memenuhi batasan maksimum CAPEX. Topologi dengan penetrasi PV yang lebih tinggi, PV-baterai dan PV-baterai-DG, menunjukkan sensitivitas yang lebih tinggi terhadap perubahan tingkat inflasi, masing-masing sekitar -4.5% dan -3.45%. Di sisi lain, topologi dengan penetrasi PV yang lebih rendah, DG saja dan PV-DG, menunjukkan sensitivitas yang lebih tinggi terhadap peningkatan harga BBM solar, masing-masing sekitar +19.3% dan +17.2%.

Keywords: PV, baterai, diesel, sistem hibrida, LCOE, emisi CO₂

ABSTRACT

A dockyard in an isolated island in West Papua currently relies on two diesel generators (DGs) with a total capacity of 1,100 kW to meet its energy demand. However, these DGs operate at low efficiency with a high levelized cost of energy (LCOE) of 9,064 IDR/kWh and a CO₂ emission equivalent of 496 tonnes/year. With the declining cost of solar photovoltaic (PV) systems and the dockyard's high solar power potential, there is an opportunity to explore the techno-economic and environmental feasibility of PV-battery-diesel hybrid systems. This study aims to identify the optimal sizing and topology of PV-battery-diesel that minimizes LCOE while considering CO₂ emissions and a maximum capital expenditure (CAPEX) constraint of 16.4 billion IDR. Four different topologies are evaluated. Topology 1 calculates the capacity of DGs for higher efficiency. Topology 2 combines DGs with PV to reduce LCOE and CO₂ emissions. Topology 3 determines the capacity of PV and batteries to maximize emission reduction. Lastly, topology 4 combines PV, batteries, and DGs to address the limitations of previous topologies. Based on the analysis, the PV-battery-DG topology achieves the lowest LCOE of 3,185 IDR/kWh, followed by PV-battery, PV-DG, and DGs only. In terms of CO₂ emissions, PV-battery topology has zero emissions, followed by PV-battery-DG, PV-DG, and DGs only. Only the DG, PV-DG, and PV-battery-DG topologies meet the maximum CAPEX constraint. Topologies with higher PV penetration, PV-Battery and PV-Battery-DG, exhibit a higher sensitivity in LCOE to changes in inflation rates, at approximately -4.5% and -3.45%, respectively. On the other hand, topologies with lower PV penetration, DG only and PV-DG, display a greater sensitivity in LCOE to variations in the price of BBM solar, at approximately +19.3% and +17.2%, respectively.

Keywords: *PV, battery, diesel, hybrid system, LCOE, CO₂ emission*