



## ABSTRAK

Pelabuhan di seluruh dunia menghadapi tantangan energi yang signifikan akibat ketergantungan generator diesel, dengan meningkatnya permintaan listrik dari operasional yang memerlukan solusi catu daya berkelanjutan untuk mencapai target nol emisi. Penelitian ini mengkaji sistem *hybrid* PLTS dan listrik jaringan nasional di Pelabuhan Tanjung Emas, dengan kapasitas 6.250 kWp untuk mengatasi emisi karbon dari kapal bertenaga bahan bakar fosil melalui sistem *cold ironing*. Studi ini melakukan simulasi aliran daya dan analisis emisi pada kondisi operasional normal dan skenario intermiten PLTS. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan tegangan, tetap sesuai standar SPLN No.1 Tahun 1995 yaitu 0,90 hingga 1,05 per unit pada kedua kondisi. Sistem PLTS terisolasi berhasil menyuplai terminal listrik di dermaga dan bangunan kantor meski pada kondisi iradiasi minimum. Sumber PLTS berkontribusi 43,8% terhadap sistem pasokan jaringan *hybrid* untuk operasi *cold ironing*. Sistem catu daya *hybrid* menunjukkan manfaat lingkungan dan ekonomi yang signifikan, mencapai pengurangan emisi 61,33% dibandingkan sistem berbasis diesel dan penghematan biaya 86,55% dari pembangkit diesel. Sistem *hybrid* ini secara efektif mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sekaligus mempertahankan keandalan operasional dan stabilitas jaringan dalam mendukung transisi energi pelabuhan. Implementasi ini mendukung target pengurangan karbon Indonesia yang tercantum dalam *Nationally Determined Contribution* (NDC) sembari mengatasi tingginya permintaan perdagangan maritim. Temuan ini memberikan fondasi teknis yang kuat untuk memajukan Pelabuhan Tanjung Emas menuju pelabuhan pintar internasional, mendemonstrasikan kelayakan integrasi energi terbarukan dalam sistem mikrogrid pelabuhan untuk meningkatkan keberlanjutan lingkungan dan ketahanan operasional.

**Kata kunci**—*Cold Ironing*, Pengurangan Emisi, Aliran Daya, Mikrogrid, Transisi Energi.



## ABSTRACT

Ports worldwide face critical energy challenges due to their dependency on diesel generators, with increasing electricity demand from operations requiring sustainable power supply solutions to achieve net-zero emission targets. This research examines a hybrid PV and national grid electricity system at Tanjung Emas Port, featuring a rooftop PV installation with 6,250 kWp capacity to address carbon emissions from fossil fuel-powered ships through cold ironing systems. The study conducts power flow simulation and emission analysis under normal operational conditions and PV intermittency scenarios. Results demonstrate that voltage levels remain within SPLN 1:1995 standards (0.90 to 1.05 per unit) under both conditions. The islanded PV system successfully supplies outlet boxes at terminals and office buildings despite minimum irradiance conditions. PV sources contribute 43.8% to the hybrid grid supply system for cold ironing operations. The solar-powered shore power system demonstrates significant environmental and economic benefits, achieving a 61.33% reduction in emissions compared to diesel-based systems and 86.55% cost savings over diesel generation. This hybrid system effectively reduces CO<sub>2</sub> emissions while maintaining operational reliability and grid stability, thereby supporting the port's energy transition. The implementation supports Indonesia's carbon reduction targets outlined in the Nationally Determined Contribution (NDC) while addressing the high demand for maritime trade. These findings provide a robust technical foundation for advancing Tanjung Emas Port toward becoming an international smart port, demonstrating the feasibility of renewable energy integration in port microgrid systems to enhance environmental sustainability and operational resilience.

**Keywords**—Cold Ironing, Emission Reduction, Power Flow, Microgrid, Energy Transition.