

ABSTRAK

Dito Yudisthira Nugroho; Desain dan Analisis Sistem *Hybrid* PV-TEG Memanfaatkan Panas Permukaan untuk Meningkatkan Efisiensi dan Produksi Energi Panel Surya.

Kebutuhan energi yang meningkat mendorong pemanfaatan energi terbarukan, salah satunya energi surya. Namun, panel surya konvensional hanya mengonversi 10–15% energi matahari menjadi listrik, sementara sisanya terbuang sebagai panas. Akumulasi panas ini tidak dimanfaatkan, tetapi juga meningkatkan suhu permukaan panel, yang berdampak pada penurunan efisiensi kerja sel fotovoltaik. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi panel surya melalui penerapan sistem *hybrid photovoltaic-thermoelectric generator* (PV-TEG) dengan metode *direct coupling*. Dalam sistem ini, digunakan 42 modul *Thermoelectric Generator* (TEG) yang dipasang secara langsung di bagian bawah panel surya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa konfigurasi TEG yang dihubungkan secara seri menghasilkan tegangan total pada puncaknya hingga 21,04 V dengan rata-rata tegangan per modul hingga 500 mV dengan daya yang dihasilkan sebesar 2 W dan produksi energi tambahan yang dihasilkan dari *Thermoelectric Generator* sebesar 0,81 Wh per hari melalui sistem *harvesting*. Sistem *hybrid* PV-TEG juga mampu menurunkan suhu permukaan panel surya hingga 5°C. Penurunan suhu ini berdampak positif terhadap efisiensi panel surya, di mana terjadi peningkatan efisiensi dari 12,09% dengan daya sebesar 67,51 W pada sistem panel surya konvensional menjadi 12,95% ketika TEG digunakan sebagai pendingin pasif dengan daya meningkat menjadi 72,37 W. Pada sistem *hybrid* PV-TEG, TEG berfungsi ganda sebagai pendingin dan penghasil listrik tambahan, menghasilkan daya tertinggi sebesar 73,99 W dengan efisiensi 13,25%. Dengan demikian, penerapan metode *direct coupling* pada sistem *hybrid* PV-TEG terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi dan produksi energi, serta memaksimalkan pemanfaatan energi panas limbah secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Panel Surya, *Thermoelectric Generator*, *Hybrid* PV-TEG, *Direct Coupling*, *Energy Harvesting*, Efisiensi Energi

ABSTRACT

Dito Yudisthira Nugroho; Design and Analysis of a Hybrid PV-TEG System Utilizing Surface Heat to Improve Solar Panel Efficiency and Energy Production.

The increasing demand for energy has driven the utilization of renewable energy sources, one of which is solar energy. However, conventional solar panels are only capable of converting approximately 10–15% of solar radiation into electricity, while the remaining energy is dissipated as heat. This accumulated heat is not only wasted but also increases the surface temperature of the panel, which negatively impacts the efficiency of photovoltaic cells. This study aims to enhance the efficiency of solar panels through the implementation of a hybrid photovoltaic–thermoelectric generator (PV-TEG) system using the direct coupling method. In this system, 42 thermoelectric generator (TEG) modules were directly attached to the underside of the solar panel.

The experimental results demonstrated that the thermoelectric generator (TEG) configuration connected in series produced a peak total voltage of 21.04 V, with an average voltage per module of approximately 500 mV, generating a total power output of 2 W. The additional electrical energy harvested from the TEG system reached 0.81 Wh per day. The hybrid PV-TEG system was also able to reduce the surface temperature of the solar panel by up to $\pm 5^{\circ}\text{C}$. This temperature reduction had a positive impact on the panel's efficiency, which increased from 12.09% with a power output of 67.51 W in the conventional solar panel system to 12.95% when TEGs were employed as passive coolers, raising the output to 72.37 W. Furthermore, in the hybrid PV-TEG system, the TEGs served a dual function as both coolers and additional power generators, achieving a maximum output of 73.99 W with an efficiency of 13.25%. Therefore, the application of the direct coupling method in the hybrid PV-TEG system proved effective in enhancing efficiency and energy production while sustainably utilizing waste heat.

Keywords: Solar Panel, Thermoelectric Generator, Hybrid PV-TEG, Direct Coupling, Energy Harvesting, Efficiency Improvement.

