

ABSTRAK

Efisiensi konversi daya pada sistem panel surya sering kali terhambat oleh fluktuasi iradiasi matahari dan kondisi lingkungan yang tidak menentu. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) menggunakan *Buck converter* dengan algoritma *Fuzzy Disturbance* untuk mengoptimalkan pemanenan daya. Algoritma ini dirancang sebagai solusi atas kelemahan metode *Perturb and Observe* (P&O) yang cenderung mengalami osilasi pada kondisi stabil dan lambat dalam merespon perubahan iradiasi yang ekstrem. Sistem kendali diimplementasikan pada mikrokontroler ESP32 dengan arsitektur *FreeRTOS* untuk mendukung proses komputasi *real-time*. Pengujian dilakukan pada tiga skenario: kondisi iradiasi stabil, dinamis, dan *partial shading*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma *Fuzzy Disturbance* memberikan performa superior dibandingkan metode P&O. Pada kondisi stabil, sistem menghasilkan energi sebesar 16,69 Wh. Pada kondisi *partial shading*, sistem menunjukkan kemampuan *recovery* yang cepat dengan waktu tercepat 32 detik dan daya rata-rata 29,15 W. Selain itu, pada pengujian kondisi iradiasi dinamis, algoritma usulan mampu memanen daya rata-rata 18,14 W dengan total energi 17,27 Wh yang menunjukkan peningkatan efisiensi sebesar 7,7% dibandingkan metode P&O. Dengan demikian, integrasi algoritma *Fuzzy Disturbance* terbukti efektif dalam meningkatkan stabilitas dan efisiensi transfer energi panel surya.

Kata Kunci: *Buck converter*, *Fuzzy Disturbance*, MPPT, Panel Surya, *Partial Shading*, *Perturb and Observe*.



ABSTRACT

Solar power conversion efficiency is often hindered by solar irradiance fluctuations and uncertain environmental conditions. This research aims to design and implement a Maximum Power Point Tracking (MPPT) system using a Buck converter with the Fuzzy Disturbance algorithm to optimize power harvesting. This algorithm is designed as a solution to the limitations of the conventional Perturb and Observe (P&O) method, which tends to oscillate under stable conditions and responds slowly to extreme irradiance changes. The control system is implemented on an ESP32 microcontroller with FreeRTOS architecture to support real-time computational processes. Testing was conducted under three scenarios: stable, dynamic, and partial shading conditions. The results demonstrate that the Fuzzy Disturbance algorithm provides superior performance compared to the P&O method. Under stable conditions, the system produced 16,69 Wh of energy. Under partial shading conditions, the system showed fast recovery capability with a fastest time of 32 seconds and an average power of 29,15 W. Furthermore, under dynamic irradiance testing, the proposed algorithm harvested an average power of 18,14 W with a total energy of 17,27 Wh representing a 7,7% efficiency increase compared to the P&O method. Thus, the integration of the Fuzzy Disturbance algorithm is proven effective in enhancing the stability and energy transfer efficiency of solar panels.

Keywords: Buck converter, Fuzzy Disturbance, MPPT, Partial Shading, Perturb and Observe, Solar Panel.

