

RINGKASAN

RANCANG BANGUN MPPT *SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER* DENGAN METODE *FUZZY LOGIC* BERBASIS ESP 32 PADA *PHOTOVOLTAIC* 1KW

Arsyada Rizqi Nur Hidayat

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem MPPT berbasis fuzzy logic menggunakan ESP32 dalam *Synchronous Buck Converter*, guna meningkatkan efisiensi konversi daya dari photovoltaic (PV) ke baterai. Metode fuzzy logic diterapkan untuk menyesuaikan titik daya maksimum secara adaptif, memungkinkan sistem merespons perubahan intensitas iradiasi matahari secara otomatis. Metode yang digunakan meliputi pengukuran tegangan dan arus menggunakan sensor, pemrosesan data dengan ESP32, serta penerapan *fuzzy inference system (FIS)* dalam penentuan duty cycle PWM pada *Buck Converter*. Sistem fuzzy lebih fleksibel dibandingkan metode konvensional, karena mampu mengatur daya keluaran berdasarkan perubahan kondisi lingkungan.

Hasil penelitian menunjukkan Sensor tegangan sebelum kalibrasi memiliki RMSE sebesar 1,30 dengan standar deviasi 0,49, menghasilkan akurasi 89,8%. Setelah kalibrasi, RMSE menurun menjadi 0,103 dengan standar deviasi 0,326, meningkatkan akurasi hingga 99,61%. Sensor arus sebelum kalibrasi memiliki RMSE sebesar 2,867 dengan standar deviasi 0,456, dengan akurasi awal sebesar 16%. Setelah kalibrasi, RMSE turun menjadi 0,014 dengan standar deviasi 0,008, meningkatkan akurasi menjadi 99,07%. Pengujian konverter buck menunjukkan efisiensi optimal dalam rentang *duty cycle* 20%–80%, dengan efisiensi tertinggi pada *duty cycle* 60%. Implementasi MPPT menunjukkan pengisian baterai 6S 18650 dari SoC 40% (22,88V, 4,113A) hingga penuh pada SoC 100% (26,48V, 0A), dengan daya maksimum 94,08W yang menurun seiring bertambahnya SoC. Penerapan *fuzzy logic* memungkinkan sistem MPPT menyesuaikan *duty cycle* secara adaptif terhadap perubahan tegangan dan arus, mempertahankan *Maximum Power Point (MPP)* dengan kendali PWM yang optimal. Iradiansi optimal untuk pengisian baterai berada dalam kisaran 800–1000 W/m², terjadi antara pukul 08.00 hingga 13.00, saat daya keluaran panel surya mencapai tingkat maksimal.

Kata kunci: *MPPT, fuzzy logic, ESP32, Buck Converter, photovoltaic, efisiensi energi*

SUMMARY

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MPPT SYNCHRONOUS BUCK CONVERTER USING FUZZY LOGIC BASED ON ESP32 FOR 1KW PHOTOVOLTAIC SYSTEM

Arsyada Rizqi Nur Hidayat

This research aims to develop and implement an MPPT system based on fuzzy logic using ESP32 in a Synchronous Buck Converter, optimizing energy conversion efficiency from photovoltaic (PV) to battery. The fuzzy logic method allows adaptive maximum power point tracking, enabling the system to automatically respond to varying solar irradiance levels. The methodology includes voltage and current measurement using sensors, data processing with ESP32, and the application of the fuzzy inference system (FIS) to determine the optimal PWM duty cycle for the Buck Converter. Compared to conventional methods, fuzzy logic enables real-time dynamic power adjustment, ensuring better adaptability to environmental changes.

The research results indicate a significant improvement in sensor accuracy after calibration. Before calibration, the voltage sensor had an RMSE of 1.30 with a standard deviation of 0.49, yielding an accuracy of 89.8%. After calibration, the RMSE decreased to 0.103 with a standard deviation of 0.326, improving accuracy to 99.61%. The current sensor initially had an RMSE of 2.867 with a standard deviation of 0.456, with an initial accuracy of 16%. After calibration, the RMSE dropped significantly to 0.014 with a standard deviation of 0.008, increasing accuracy to 99.07%. Buck converter testing demonstrated optimal efficiency within a duty cycle range of 20%–80%, achieving a peak efficiency at a 60% duty cycle. The MPPT implementation showed battery charging for a 6S 18650 from a SoC of 40% (22.88V, 4.113A) to full capacity at a SoC of 100% (26.48V, 0A), with a maximum power of 94.08W that decreased as SoC increased. The application of fuzzy logic allows the MPPT system to adaptively adjust the duty cycle in response to changes in voltage and current, maintaining the Maximum Power Point (MPP) with optimal PWM control. The optimal irradiance for battery charging ranges between 800–1000 W/m², occurring between 08:00 and 13:00 when the solar panel output reaches its peak.

Keywords: MPPT, fuzzy logic, ESP32, Buck Converter, photovoltaic, energy efficiency