

ABSTRAK

Phantom load merupakan konsumsi daya listrik tersembunyi yang terjadi ketika perangkat elektronik berada dalam kondisi tidak digunakan secara aktif, namun masih terhubung ke sumber listrik. Kondisi ini sulit disadari oleh pengguna dan berpotensi menimbulkan pemborosan energi listrik dalam jangka panjang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun perangkat identifikasi *phantom load* berbasis mikrokontroler ESP32-S3 dengan memanfaatkan analisis harmonik arus dan pendekatan *Edge Artificial Intelligence*. Sistem dikembangkan menggunakan konsep *Non-Intrusive Load Monitoring* (NILM) dengan satu sensor arus non-invasif SCT-013-000 yang dipasang pada satu titik pengukuran. Sinyal arus yang diperoleh diproses menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mengekstraksi komponen harmonik arus sebagai fitur masukan sistem, yang selanjutnya diklasifikasikan menggunakan model *Artificial Neural Network* (ANN) yang diimplementasikan langsung pada perangkat tertanam untuk melakukan klasifikasi secara *real-time*. Pengujian sistem dilakukan pada beberapa perangkat elektronik rumah tangga dengan skenario pengujian *single device* dan *multi-device*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi kondisi perangkat dan mendeteksi indikasi *phantom load*, terutama pada perangkat dengan karakteristik konsumsi daya yang fluktuatif, meskipun masih terdapat keterbatasan dalam membedakan beberapa kondisi perangkat dengan pola konsumsi daya yang saling berdekatan. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan analisis harmonik arus berbasis *Edge AI* dengan satu sensor arus non-invasif berpotensi digunakan sebagai solusi sederhana dan berbiaya rendah untuk pemantauan *phantom load* pada skala rumah tangga.

Kata kunci: *phantom load*, harmonik arus, ESP32-S3, *Artificial Neural Network*, *Edge AI*



ABSTRACT

Phantom load refers to hidden electrical power consumption that occurs when electronic devices are not actively used but remain connected to the power supply. This condition is often unnoticed by users and can lead to long-term energy waste. This study aims to design and develop a phantom load identification device based on the ESP32-S3 microcontroller by utilizing current harmonic analysis and an Edge Artificial Intelligence approach. The system is developed using the Non-Intrusive Load Monitoring (NILM) concept with a single non-invasive current sensor SCT-013-000 installed at a single measurement point. The measured current signal is processed using Fast Fourier Transform (FFT) to extract current harmonic components as system input features, which are then classified using an Artificial Neural Network (ANN) model implemented directly on the embedded system for real-time inference. System testing was conducted on several household electronic devices using single-device and multi-device scenarios. The results indicate that the system is capable of identifying device conditions and detecting phantom load indications, particularly for devices with fluctuating power consumption characteristics, although some limitations remain in distinguishing device states with closely related power patterns. Overall, this research demonstrates that a current harmonic analysis approach based on Edge AI using a single non-invasive current sensor has the potential to serve as a simple and low-cost solution for household phantom load monitoring.

Keywords: phantom load, current harmonics, ESP32-S3, Artificial Neural Network, Edge AI

