

INTISARI

IMPLEMENTASI TINYML PADA RANCANG BANGUN PENDETEKSI ANOMALI PENGGUNAAN LISTRIK RUMAH BERBASIS KOMPUTASI *EDGE*

Hafidz Merdio Widjayanta

22/506059/SV/22051

Ketergantungan pada energi listrik berbanding lurus dengan meningkatnya kasus pencurian dan anomali instalasi listrik yang merugikan penyedia layanan maupun pelanggan, baik secara finansial maupun keselamatan. Sistem pemantauan berbasis *cloud computing* yang selama ini digunakan sering terkendala oleh latensi jaringan yang tinggi dan beban komputasi *server* yang besar. Penelitian ini mengusulkan sistem deteksi anomali kelistrikan rumah tangga berbasis *edge computing* menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-004T dengan inferensi model yang dijalankan secara langsung pada ESP32. Model *Deep Neural Network* (DNN) dikompresi dan dikuantisasi ke dalam format *.tflite* menggunakan TensorFlow Lite untuk dieksekusi secara lokal. Hasil pengujian menunjukkan proses kompresi hanya menurunkan akurasi sebesar 0,68%, dengan TinyML pada ESP32 mencapai akurasi 89,66% dibandingkan 90,34% pada *server*. Pendekatan *edge computing* mampu mereduksi total latensi hingga 99,6%, dengan waktu inferensi rata-rata 0,09 ms dibandingkan 22,57 ms pada skenario berbasis *server*. Pengujian QoS menunjukkan *packet loss* 0% dengan *throughput* 3,35 kB/s. Dari sisi sumber daya, model TinyML hanya mengonsumsi 11,24% CPU pada kondisi *high load*, jauh lebih efisien dibandingkan model ML konvensional sebesar 41,29%. Penelitian ini membuktikan bahwa implementasi TinyML pada ESP32 merupakan solusi yang efektif dan andal untuk deteksi anomali penggunaan listrik rumah tangga secara *real-time* tanpa bergantung pada koneksi internet.

Kata kunci : *Internet of Things* (IoT), *Edge Computing*, TinyML, ESP32, Anomali Listrik, *Quality of Service* (QoS).

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF TINYML IN THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF A HOUSEHOLD ELECTRICITY ANOMALY DETECTOR BASED ON EDGE COMPUTING

Hafidz Merdio Widjayanta

22/506059/SV/22051

The growing dependence on electrical energy has led to an increase in electricity theft and abnormal installation cases, causing financial losses and safety risks for both service providers and customers. Conventional cloud computing-based monitoring systems are often limited by high network latency and heavy server computational load. This study proposes a household electricity anomaly detection system based on edge computing using an ESP32 microcontroller and PZEM-004T sensor, with the inference model running directly on the ESP32. A Deep Neural Network (DNN) model was compressed and quantized into the .tflite format using TensorFlow Lite for local execution. Test results show that the compression process only reduced accuracy by 0.68%, with TinyML on ESP32 achieving 89.66% accuracy compared to 90.34% on the server. The edge computing approach reduced total latency by up to 99.6%, with an average inference time of only 0.09 ms compared to 22.57 ms in the server-based scenario. QoS testing showed 0% packet loss with a throughput of 3.35 kB/s. In terms of server resource usage, the TinyML model only consumed 11.24% CPU under high load conditions, significantly more efficient than the conventional ML model at 41.29%. This study proves that TinyML implementation on ESP32 is an effective and reliable solution for real-time household electricity anomaly detection without relying on internet connectivity.

Keyword: Internet of Things (IoT), Edge Computing, TinyML, ESP32, Electrical Anomaly, Quality of Service (QoS)