

Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Listrik Berbasis *Edge Computing* dengan Fitur Deteksi Anomali Menggunakan Isolation Forest

Oleh:

Cinta Amal Rasuly

21/474339/SV/18902

INTISARI

Upaya untuk mencapai efisiensi energi dihadapkan pada beberapa kendala teknis yang signifikan dalam sistem *monitoring* modern. Kendala utama meliputi keterbatasan sistem yang terdigitalisasi yang menyulitkan analisis pola konsumsi oleh pengguna, serta latensi tinggi pada arsitektur *Internet of Things* berbasis *cloud* yang membuat analisis *real-time* menjadi tidak efektif. Selain itu, keterbatasan sistem juga ditunjukkan oleh belum adanya fitur analisis yang mampu mendeteksi anomali tegangan secara otomatis dan *real-time*. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sebuah sistem pemantauan energi yang mengimplementasikan arsitektur *edge computing*. Sistem ini dikembangkan untuk mampu menyajikan data secara *real-time* melalui antarmuka visual yang terdigitalisasi serta dilengkapi dengan fungsi pencatatan data historis.

Sistem ini menggunakan arsitektur *edge computing*, di mana *Node* akuisisi data yang terdiri dari mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-004T mengirim data kelistrikan via MQTT ke *edge server*. Platform Node-RED digunakan untuk manajemen alur data, visualisasi dasbor, dan integrasi PostgreSQL untuk penyimpanan data historis. Deteksi anomali pola tegangan dilakukan secara *real-time* menggunakan model Isolation Forest.

Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu bekerja sesuai rancangan. Akurasi sensor menunjukkan galat rata-rata 0.25% untuk tegangan dan 0.59% untuk arus. Implementasi arsitektur *edge computing* terbukti efektif menekan latensi sistem, dengan waktu rata-rata dari akuisisi data hingga penyimpanan di basis data tercatat hanya 42.7 ms. Model Isolation Forest berhasil mengidentifikasi anomali yang diinjeksikan dan memicu notifikasi email yang memvalidasi fungsionalitas sistem secara menyeluruh.

Kata kunci: Sistem *Monitoring* Listrik, *Edge Computing*, Deteksi Anomali, Isolation Forest, *Internet of Things*

Edge Computing-Based Electrical Monitoring with Voltage Pattern Anomaly Detection Using Isolation Forest

by:

Cinta Amal Rasuly

21/474339/SV/18902

ABSTRACT

The effectiveness of modern energy efficiency initiatives is often constrained by significant technical challenges in monitoring systems. Primary obstacles include the limited availability of digitized systems, which complicates the analysis of consumption patterns by users, alongside the high latency inherent in cloud-based Internet of Things architectures that renders real-time analysis ineffective. This limitation is further compounded by the absence of analytical features capable of automatically detecting voltage anomalies in real-time. To address these challenges, this research details the design and implementation of an energy monitoring system based on an edge computing architecture. The developed system is engineered to present data in real-time through a digitized visual interface, complete with a historical data logging function.

The system's architecture places data processing closer to the source. An ESP32 microcontroller paired with a PZEM-004T sensor forms the data acquisition node, transmitting electrical metrics via MQTT to a local edge server. On this server, Node-RED manages the data flow, powers a user dashboard, and archives the data into a PostgreSQL database. Anomaly detection is handled concurrently using an Isolation Forest model to analyze incoming voltage data.

Performance evaluations showed the system operated as intended. Sensor accuracy was high, with average errors of just 0.25% for voltage and 0.59% for current. The edge computing approach effectively minimized latency, achieving an average processing time of only 42.7 ms from sensor reading to database entry. The system's effectiveness was fully validated when the Isolation Forest model successfully identified deliberately introduced anomalies and promptly dispatched email notifications as designed.

Key words: *Electrical Monitoring System, Edge Computing, Anomaly Detection, Isolation Forest, Internet Of Things*