



RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ENERGI LISTRIK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

Azliana Siregar¹ Alexander Sudibio Parapat² Perdi Tumangger³Eka Dodi
Suryanto⁴Dian Putra Saragih⁵

¹Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan,

¹azliana.siregar@gmail.com, ²parapatalexander28@gmail.com ,

³tumanggerperdi02@gmail.com ,

⁴ekadodisuryanto@unimed.ac.id, ⁵dianpsaragi@unimed.ac.id

Abstrak Penggunaan tenaga elektrik yang semakin meningkat memerlukan sistem pemantauan yang lebih cekat daripada sekadar bil bulanan. Kajian ini membincangkan reka bentuk sistem pemantauan tenaga elektrik berasaskan *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem ini mengintegrasikan sensor PZEM-004T untuk parameter elektrik, ACS712 untuk arus tambahan, MQ-2 untuk pengesanan gas, dan NTC/LM35 untuk suhu pemasangan. Data dipaparkan secara masa nyata melalui LCD 16x2 dan papan pemuka IoT. Hasil kajian menunjukkan sistem ini mampu membantu pengguna memahami corak penggunaan tenaga dan meningkatkan keselamatan elektrik melalui pemantauan suhu dan gas secara berterusan.

Kata Kunci: *Monitoring Energi, Internet of Things (IoT), ESP32, PZEM-004T, Keamanan Listrik.*

Abstract *The increasing use of electronic devices has caused a surge in electrical energy consumption, yet real-time monitoring remains highly limited. This research aims to design an Internet of Things (IoT)-based electrical energy monitoring system using the ESP32 microcontroller. The system integrates the PZEM-004T sensor for primary electrical parameters, the ACS712 sensor as a current comparator, the MQ-2 gas sensor, and NTC/LM35 temperature sensors for installation security. The sensor data is transmitted via a WiFi network and displayed on a local LCD as well as an IoT dashboard. The design results demonstrate that the system can provide accurate energy consumption information and enhance electrical system safety through early detection of temperature anomalies and gas leaks.*

Keywords: *Energy Monitoring, Internet of Things (IoT), ESP32, PZEM-004T, Electrical Safety.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Di era transformasi digital saat ini, energi listrik telah menjadi urat nadi utama dalam menunjang produktivitas masyarakat, mulai dari sektor rumah tangga hingga industri skala besar. Namun, ketergantungan yang tinggi terhadap energi listrik sering kali tidak dibarengi dengan manajemen penggunaan yang efisien. Sejauh ini, sebagian besar konsumen hanya mengetahui besarnya konsumsi energi melalui tagihan bulanan atau sisa pulsa pada meteran Prabayar, tanpa mampu memantau penggunaan secara mendetail dan *real-time*. Fenomena "buta informasi" ini sering kali memicu pemborosan energi yang tidak disadari.

Selain masalah efisiensi, aspek keselamatan pada instalasi listrik juga menjadi tantangan yang kritis. Gangguan seperti panas berlebih (*overheat*) pada panel listrik atau kebocoran gas di area sekitar instalasi sering kali luput dari perhatian hingga terjadi kerusakan fatal atau kebakaran. Ketidakmampuan sistem konvensional dalam memberikan peringatan dini (*early warning*) menjadi celah risiko yang harus segera diatasi.

Kehadiran teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan paradigma baru dalam sistem monitoring. Dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai otak sistem, pengawasan energi kini tidak lagi terbatas oleh jarak dan waktu. Melalui integrasi sensor PZEM-004T yang akurat serta sensor lingkungan seperti MQ-2 dan sensor suhu, sistem yang dirancang ini mampu mengubah data mentah menjadi informasi visual yang mudah dipahami oleh pengguna melalui ponsel pintar atau komputer.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah solusi cerdas yang tidak hanya berfungsi sebagai alat ukur, tetapi juga sebagai asisten pintar dalam menjaga efisiensi dan keamanan kelistrikan. Dengan sistem monitoring berbasis IoT ini, diharapkan pengguna dapat mengambil keputusan yang tepat untuk menghemat energi sekaligus memberikan rasa aman melalui pengawasan kondisi lingkungan instalasi secara berkesinambungan.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem monitoring energi listrik yang dapat menyajikan data secara *real-time* berbasis *Internet of Things* (IoT)?
2. Bagaimana mengintegrasikan sensor PZEM-004T dan ACS712 agar menghasilkan pembacaan parameter listrik (tegangan, arus, daya) yang akurat?
3. Bagaimana mengoptimalkan fungsi sensor suhu dan gas sebagai sistem peringatan dini (*early warning*) untuk meningkatkan keamanan pada instalasi listrik?

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian rancang bangun ini adalah:

1. Menghasilkan sebuah prototipe sistem monitoring energi listrik yang mampu mengirimkan data penggunaan daya melalui jaringan WiFi ke platform IoT.
2. Menganalisis tingkat akurasi pembacaan energi listrik dengan membandingkan hasil sensor PZEM-004T dan sensor arus tambahan.
3. Membangun fitur keamanan tambahan yang mampu mendeteksi potensi bahaya berupa panas berlebih atau kebocoran gas di sekitar panel listrik.

Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan mendalam, maka diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler: Menggunakan ESP32 sebagai unit pemroses utama dan pengirim data melalui modul WiFi terintegrasi.
2. Parameter Ukur: Monitoring terbatas pada parameter tegangan (V), arus (A), daya (W), frekuensi (Hz), suhu lingkungan instalasi, dan deteksi gas/asap.
3. Beban Listrik: Sistem diuji pada lingkup instalasi listrik satu fasa (AC 220V) yang umum digunakan pada skala rumah tangga atau laboratorium.
4. Sensor: Sensor utama yang digunakan adalah PZEM-004T (energi), MQ-2 (gas), dan NTC/LM35 (suhu).
5. Output Data: Tampilan data visual disajikan melalui LCD 16x2 untuk monitoring lokal dan dashboard web/aplikasi untuk monitoring jarak jauh.

Tinjauan Pustaka

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah paradigma di mana berbagai perangkat fisik disematkan dengan elektronik, perangkat lunak, sensor, dan konektivitas jaringan yang memungkinkan objek-objek tersebut mengumpulkan serta bertukar data. Dalam sistem kelistrikan, IoT berperan sebagai jembatan yang menghubungkan infrastruktur fisik dengan sistem informasi digital. Protokol komunikasi ini memungkinkan pengiriman data secara berkala ke platform *cloud*, sehingga pengguna dapat melakukan pengawasan aset dari jarak jauh secara *real-time* (Suryono & Hartono, 2020).

Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah sistem pada chip (*System on Chip* - SoC) berkinerja tinggi yang memiliki modul WiFi dan Bluetooth terintegrasi. Chip ini menggunakan mikroprosesor 32-bit yang sangat efisien dalam pemrosesan data sensor yang kompleks. Dalam rancang bangun ini, ESP32 berfungsi sebagai unit pemroses pusat (CPU) yang mengolah input dari sensor energi dan sensor lingkungan, kemudian mengeksekusi perintah pada *output* seperti LCD dan sistem peringatan dini sebelum meneruskan data ke server (Amin dkk., 2023).

Sensor PZEM-004T

PZEM-004T adalah modul elektronik multifungsi yang dirancang khusus untuk mengukur parameter listrik pada arus bolak-balik (AC). Modul ini mampu mengukur tegangan (V), arus (A), daya aktif (W), frekuensi (Hz), faktor daya (*power factor*), dan akumulasi energi (kWh) secara simultan. Komunikasi data dilakukan melalui antarmuka TTL UART yang stabil, menjadikannya pilihan utama untuk monitoring beban listrik dengan tingkat presisi yang tinggi dan rentang pengukuran yang luas (Peacefair, 2021).

Sistem Peringatan Dini (Sensor MQ-2, Suhu, dan Buzzer) Keamanan instalasi listrik sangat bergantung pada deteksi dini terhadap anomali lingkungan. Integrasi sensor dan aktuator berikut menjadi lapisan perlindungan utama:

- **Sensor MQ-2 & Suhu:** Sensor MQ-2 berfungsi mendeteksi konsentrasi gas mudah terbakar dan asap hasil pembakaran, sementara sensor suhu memantau panas berlebih pada panel. Keduanya bekerja sebagai input pemicu jika kondisi lingkungan melewati ambang batas aman (Zhang dkk., 2019).
- **Buzzer sebagai Alarm Audio:** *Buzzer* adalah komponen elektronika yang mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara. Dalam sistem ini, *buzzer* berfungsi sebagai indikator peringatan setempat (*local alarm*). Ketika sensor MQ-2 mendeteksi asap atau sensor suhu mendeteksi panas ekstrem, ESP32 akan mengaktifkan *buzzer* secara otomatis untuk memberikan peringatan suara kepada orang di sekitar lokasi agar segera melakukan tindakan pencegahan sebelum terjadi kebakaran fatal.

Antarmuka Monitoring dan Platform Cloud

Aksesibilitas data disajikan melalui dua jalur utama. Penggunaan LCD 16x2 memberikan kemudahan bagi pengguna di lokasi untuk melihat parameter secara langsung tanpa bergantung pada koneksi internet. Sementara itu, pemanfaatan platform *dashboard* IoT memungkinkan visualisasi data dalam bentuk grafik yang informatif, sehingga pengguna tetap dapat memantau kondisi beban dan status keamanan instalasi dari mana saja melalui perangkat pintar.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen laboratorium dengan metode rekayasa sistem (*system engineering approach*) yang bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji sistem monitoring energi listrik berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT). Pendekatan eksperimental dipilih karena memungkinkan pengujian langsung terhadap kinerja sistem dalam membaca parameter elektrik melalui sensor PZEM-004T, memproses data kondisi lingkungan melalui sensor suhu dan gas, serta mengaktifkan aktuator berupa *buzzer* sebagai sistem peringatan dini berdasarkan logika yang telah diprogram. Metode ini dinilai sangat efektif untuk menguji integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dalam menciptakan sistem kendali serta pengawasan otomatis berbasis sensor yang akurat dan responsif.

Proses rekayasa sistem ini diawali dengan pengintegrasian komponen elektronik ke dalam satu kesatuan sirkuit, di mana ESP32 bertindak sebagai pusat kendali untuk mengolah informasi dari sensor energi dan sensor keamanan. Selanjutnya, pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa data yang terbaca dapat dikirimkan secara stabil ke platform *cloud* dan ditampilkan secara visual melalui *dashboard* interaktif. Dengan metode ini, keandalan sistem dalam memantau penggunaan daya serta kemampuannya dalam mendeteksi anomali pada instalasi listrik dapat divalidasi secara terukur melalui serangkaian simulasi kondisi beban dan gangguan lingkungan.

Perangkat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikrokontroler ESP32

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ENERGI LISTRIK
BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)**



Gambar 1. 1 ESP32 Devkit

Berfungsi sebagai otak atau unit pemroses pusat (*controller*) yang mengendalikan seluruh sistem, membaca data dari sensor, serta menghubungkan perangkat ke jaringan internet (WiFi) untuk keperluan IoT.

1. Sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur parameter kelistrikan utama seperti tegangan, arus, daya, dan energi listrik.



Gambar 1.2 Sensor Energi Listrik PZEM-004T

2. **Buzzer** Perangkat *output* audio yang berfungsi sebagai alarm atau peringatan dini yang akan berbunyi secara otomatis jika sensor mendeteksi anomali (asap atau suhu tinggi).



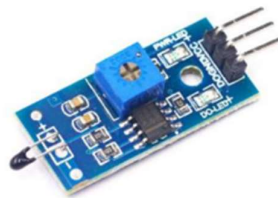
Gambar 1.3 Buzzer

3. Sensor gas merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya atau mudah terbakar di udara.



Gambar 1.4 Sensor Gas MQ-2

4. Sensor ini digunakan untuk memonitor suhu pada instalasi listrik atau panel listrik.



Gambar 1.5 Sensor Suhu NTC Thermistor / LM3

5. LCD 16x2 digunakan sebagai media tampilan lokal untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor secara langsung.



Gambar 1.6 LCD 16x2

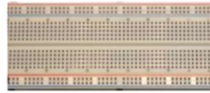
6. Power supply digunakan sebagai sumber tegangan untuk menghidupkan sistem, terutama untuk ESP32 dan komponen pendukung lainnya.



Gambar 1.7 Power Supply / Adaptor

7. Breadboard atau PCB digunakan sebagai media untuk merakit rangkaian elektronik agar lebih rapi dan stabil.

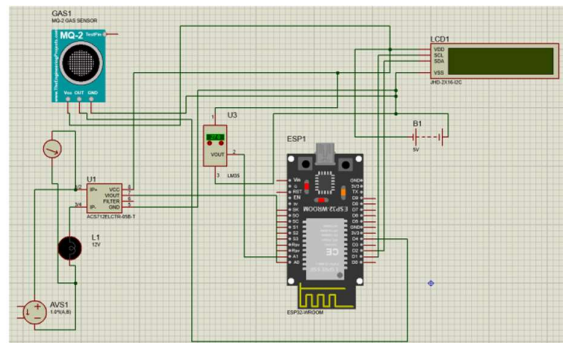
RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ENERGI LISTRIK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)



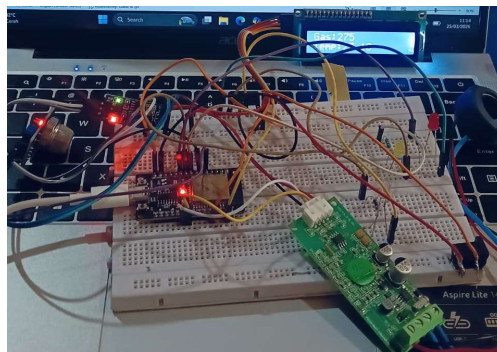
Gambar 1.8 Breadboard / PCB

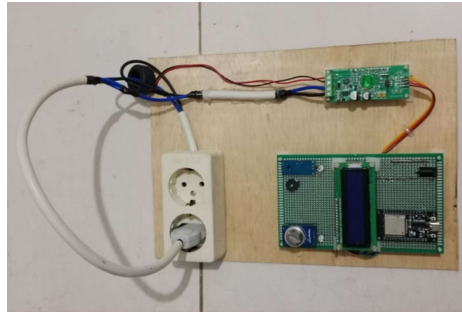
Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen laboratorium dengan metode rekayasa sistem (*system engineering approach*) untuk merancang dan menguji sistem monitoring energi listrik berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT). Pendekatan ini dipilih untuk menguji langsung kinerja sensor PZEM-004T dalam membaca parameter elektrik, serta efektivitas sensor suhu dan gas dalam memicu *buzzer* sebagai sistem peringatan dini.

Rangkaian sistem dirancang dengan menghubungkan sensor PZEM-004T melalui antarmuka UART, serta sensor MQ-2 dan suhu melalui pin ADC pada ESP32. Untuk *output* visual, digunakan LCD 16x2 dengan protokol I2C, sementara *buzzer* dikonfigurasi sebagai alarm digital. Seluruh komponen dirakit menggunakan *breadboard* pada tahap prototipe untuk memudahkan validasi fungsional dan integrasi perangkat lunak sebelum diimplementasikan pada panel permanen.



Gambar 1.9 Skematik Rangkaian





Gambar 1.10 Rangkaian Asli

Sistem monitoring energi listrik berbasis Internet of Things (IoT) bekerja dengan mengumpulkan data dari beberapa sensor yang terpasang pada instalasi listrik. Mikrokontroler berperan sebagai pusat pengolahan data dengan menerima input dari sensor energi listrik, sensor gas, sensor suhu, dan buzzer sebagai indikator peringatan.

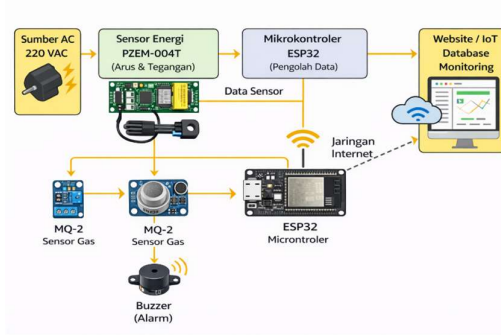
Sensor utama yang digunakan adalah PZEM-004T untuk mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan konsumsi energi listrik. Data hasil pengukuran dibaca secara real-time dan dikirim ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut.

Selain itu, sistem dilengkapi sensor gas untuk mendeteksi adanya asap atau gas mudah terbakar di sekitar instalasi listrik. Sensor suhu seperti NTC Thermistor atau LM35 digunakan untuk memantau suhu panel atau instalasi listrik sehingga potensi panas berlebih dapat diketahui lebih awal.

Buzzer digunakan sebagai alarm peringatan apabila terdeteksi kondisi tidak normal, seperti suhu yang terlalu tinggi atau adanya gas berbahaya. Dengan adanya buzzer, pengguna dapat segera mengetahui adanya gangguan tanpa harus selalu melihat aplikasi monitoring.

Seluruh data sensor yang telah diproses kemudian dikirim melalui koneksi WiFi ke platform IoT dan ditampilkan pada dashboard web atau aplikasi mobile dalam bentuk data numerik dan grafik. Dengan sistem ini, pengguna dapat memantau penggunaan energi listrik dan kondisi keamanan instalasi secara real-time dari jarak jauh.

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ENERGI LISTRIK
BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)**



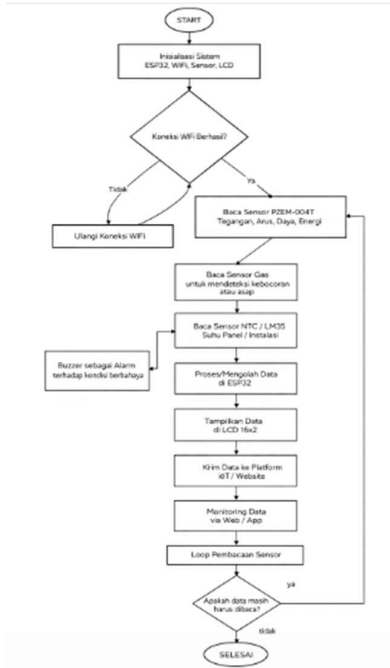
Gambar 1.11 Diagram Blok Sistem Monitoring Energi Listrik Berbasis Internet of Things (IoT)

Diagram blok sistem monitoring energi listrik berbasis Internet of Things (IoT) menggambarkan hubungan antar komponen utama dalam proses monitoring energi listrik dan keamanan lingkungan. Sistem diawali dari sumber listrik AC 220 VAC yang diukur menggunakan sensor energi PZEM-004T untuk mengetahui tegangan, arus, daya, dan energi listrik.

Selain itu, sistem dilengkapi sensor gas untuk mendeteksi kebocoran gas atau asap, serta sensor suhu seperti NTC Thermistor atau LM35 untuk memantau suhu instalasi listrik. Buzzer digunakan sebagai alarm ketika terdeteksi kondisi berbahaya, seperti suhu berlebih atau adanya gas berbahaya.

Seluruh data sensor diproses oleh ESP32, kemudian ditampilkan secara lokal melalui LCD dan dikirim melalui internet ke website atau platform IoT. Data ditampilkan dalam bentuk grafik, angka, dan tabel sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem secara real-time dari jarak jauh.

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ENERGI LISTRIK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)



Gambar 1.12 Flowchart system

Flowchart menunjukkan bahwa sistem dimulai dengan inialisasi sensor, LCD, WiFi, dan ESP32. Setelah WiFi terhubung, sistem membaca data dari PZEM-004T, sensor gas, dan sensor suhu.

Data kemudian diproses, ditampilkan pada LCD, dan dikirim ke platform IoT. Jika terdeteksi kondisi berbahaya, buzzer akan aktif sebagai alarm.

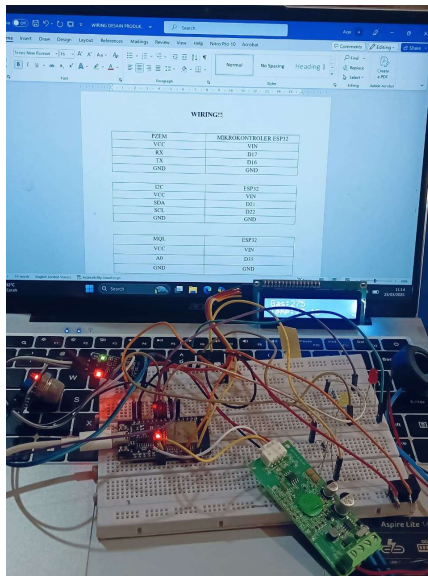
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, sistem monitoring energi listrik berbasis Internet of Things (IoT) dapat bekerja dengan baik sesuai dengan rancangan. PZEM-004T mampu membaca nilai tegangan, arus, daya, dan energi listrik secara real-time. Data hasil pembacaan kemudian diproses oleh ESP32 dan ditampilkan pada LCD 16x2 serta dikirim ke platform IoT melalui jaringan WiFi.

Sensor gas dapat mendeteksi adanya asap atau gas di sekitar instalasi listrik, sedangkan sensor suhu seperti NTC Thermistor atau LM35 mampu memantau suhu panel listrik. Ketika terdeteksi kondisi yang melebihi batas normal, buzzer akan aktif sebagai alarm peringatan sehingga pengguna dapat segera mengetahui adanya gangguan.

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ENERGI LISTRIK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

Hasil monitoring pada website atau dashboard IoT menunjukkan bahwa data dapat ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik secara real-time. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat memantau penggunaan energi listrik, suhu, dan kondisi keamanan instalasi dari jarak jauh sehingga lebih mudah dalam melakukan pengawasan dan pencegahan gangguan pada sistem kelistrikan.



Gambar 1.13 Hasil proyek

KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem monitoring energi listrik berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang mampu melakukan pemantauan tegangan, arus, daya, energi listrik, suhu, dan kondisi gas secara real-time. Sensor PZEM-004T digunakan untuk membaca parameter kelistrikan, sedangkan sensor gas dan sensor suhu digunakan untuk meningkatkan keamanan instalasi listrik.

Seluruh data diproses oleh ESP32, kemudian ditampilkan pada LCD dan dikirim ke platform IoT sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem dari jarak jauh. Selain itu, buzzer juga dapat bekerja sebagai alarm ketika terdeteksi kondisi berbahaya seperti suhu berlebih atau adanya gas berbahaya.

Saran

Pengembangan sistem selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan fitur notifikasi otomatis melalui aplikasi atau pesan singkat ketika terjadi gangguan pada sistem. Selain itu, penggunaan sensor dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi juga dapat meningkatkan kualitas monitoring.

Sistem juga dapat dikembangkan dengan menambahkan penyimpanan data historis sehingga pengguna dapat melihat riwayat penggunaan energi listrik dan kondisi instalasi dalam jangka waktu tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Prasetyo, E., & Hidayat, R. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Energi Listrik Berbasis IoT. *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro (JMTE)*, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Vol. 5, No. 2.
- Zhang, W., Wang, S., & Huang, H. (2019). Design of smart grid monitoring system based on wireless sensor network and cloud computing. *IEEE Access*, 7, 145625-145634. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2943732
- POLNEP, "Politeknik Dalam Angka," POLNEP, Pontianak, 2016.
- Aryudha Yuntardi, D., Ismianto, H., Studi, P. D., Listrik Bandara, T., and Penerbangan Surabaya Jl Jemur Andayani No, P. I. (n.d.). **PROTOTYPE KONTROL DAN MONITORING REFERIGRANT PADA OUTDOOR AC (AIR CONDITIONING) SPLIT BERBASIS ARDUINO VIA BLYNK**
- Suryono, A., & Hartono, B. (2020). Penerapan Internet of Things (IoT) pada Sistem Monitoring Energi Listrik. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi*, Vol. 4, No. 2.
- G. N. Popa, A. Iagăr, and C. M. Diniş, "Considerations on Current and Voltage Unbalance of Nonlinear Loads in Residential and Educational Sectors," *Energies*, vol. 14, no. 1, 2021, doi: 10.3390/en14010102.
- Peacefair. (2021). Datasheet PZEM-004T Energy Monitor Module. Diakses dari dokumentasi resmi produsen