



Rancang Bangun Sistem IoT Monitoring Pemakaian Daya Listrik dan Air Mesin Cuci Laundry Komersial

Suitbertus Anang Wijayanto*, Setiyo Adi Nugroho, Priyadi

Fakultas Komputer dan Bisnis, Program Studi Sistem Komputer, Universitas STEKOM, Semarang, Indonesia

Email: ^{1,*}anangwijayanto2006@gmail.com, ²nugroho@stekom.ac.id, ³priyadi@stekom.ac.id

Email Penulis Korespondensi: anangwijayanto2006@gmail.com

Abstrak—Pemantauan pemakaian listrik dan air pada mesin cuci di usaha laundry menjadi tantangan tersendiri bagi pemilik laundry. Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu sistem pemantauan pemakaian daya listrik dan air pada mesin cuci berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor PZEM-004T, dan sensor debit air YF-S201. Data yang diambil sensor disimpan pada server basis data MySQL menggunakan protokol MQTT dan ditampilkan di laman pemantauan aplikasi web yang dibuat menggunakan CodeIgniter dan aplikasi android Virtuino IoT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor listrik mampu membaca besaran listrik dengan galat pembacaan 0,5–1% dibandingkan dengan KWH meter digital. Demikian juga dengan sensor debit air mampu membaca volume air dengan galat sekitar 0,2%. Dashboard pemantauan berbasis aplikasi web dapat menampilkan data dan grafik pemakaian listrik dan air, sehingga dapat dilakukan analisis oleh pemilik usaha laundry untuk pengambilan keputusan dalam pengembangan laundry di masa yang akan datang. Penyimpanan data sensor dari ESP32 di server MySQL dapat dilakukan secara real-time dengan waktu jeda 1 detik. Dengan demikian, penerapan IoT ini berhasil menyediakan sistem pemantauan operasional mesin cuci secara real-time dan akurat.

Kata Kunci: IoT; ESP32; Listrik; Air; MQTT

Abstract—Monitoring electricity and water consumption of washing machines in laundry businesses poses a distinct challenge for laundry owners. This research aims to develop an IoT-based monitoring system for electrical power and water consumption on washing machines using an ESP32, a PZEM-004T sensor, and a YF-S201 water flow sensor. The data captured by the sensors was stored in a MySQL database server via the MQTT protocol and displayed on a monitoring web page built with CodeIgniter, as well as on a Virtuino IoT Android application. The results showed that the electrical sensor was capable of measuring electrical quantities with a reading error rate of 0.5–1% compared to a digital kWh meter. Similarly, the water flow sensor was able to measure water volume with an error rate of approximately 0.2%. The web-based monitoring dashboard can display data and graphs of electricity and water usage, enabling laundry owners to perform analyses for decision-making in future business development. Sensor data storage from the ESP32 to the MySQL server was successfully executed in real-time with a 1-second time delay. Thus, this IoT implementation successfully provides a real-time and accurate operational monitoring system for washing machines.

Keywords: IoT; ESP32; Electricity; Water; MQTT

1. PENDAHULUAN

Pesatnya laju pertumbuhan penduduk di area urban yang diikuti dengan tingginya intensitas aktivitas masyarakat mulai dari tuntutan profesional, mobilitas yang tinggi, hingga urusan sosial telah memicu pergeseran gaya hidup yang signifikan. Aktivitas yang tinggi ini melahirkan kecenderungan masyarakat kota untuk lebih mengandalkan solusi instan dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, salah satunya kebutuhan akan sektor jasa pencucian pakaian atau laundry (Tarigan et al., 2025).

Berdasarkan data dari buku Kabupaten Semarang Dalam Angka Tahun 2025 yang diterbitkan oleh BPS Kabupaten Semarang, tercatat ada tren kenaikan jumlah penduduk sejumlah 1.080.648 jiwa pada 2023, populasi meningkat menjadi 1.089.767 di tahun 2024, dan terus bertambah hingga mencapai 1.098.572 jiwa pada tahun 2025. Peningkatan inipun terjadi di wilayah kecamatan Ungaran Barat, pada tahun 2023 sejumlah 82.390 jiwa, meningkat menjadi 82.815 jiwa pada tahun 2024 dan menjadi 83.212 jiwa pada tahun 2025 (Badan Pusat Statistik Kabupaten Semarang, 2026).

Lonjakan populasi secara linear memperluas pasar potensial bagi industri jasa, termasuk layanan laundry. Berdasarkan hasil pemetaan awal yang dilakukan peneliti pada awal 2025, tercatat sedikitnya 134 usaha laundry di wilayah Ungaran, baik skala modern maupun rumah tangga. Pertumbuhan pesat ini tidak hanya berdampak positif terhadap pengurangan pengangguran, tetapi juga membawa konsekuensi negatif berupa peningkatan konsumsi listrik dan limbah air. Seiring dengan peningkatan penggunaan jasa laundry oleh masyarakat tentunya akan meningkatkan penggunaan listrik, gas dan air sebagai biaya variabel yang harus dikeluarkan oleh pengusaha laundry selain plastik, deterjen, pewangi (Khairani et al., 2024).

Lestari Laundry merupakan penyedia jasa laundry di Kabupaten Semarang yang beroperasi sejak 2017 dan kini memiliki tiga cabang. Sebagai komponen utama operasional, penggunaan mesin cuci yang intensif memicu konsumsi listrik dan air dalam jumlah besar. Pihak manajemen saat ini menghadapi kendala keterbatasan waktu dan tenaga untuk mengawasi operasional mesin cuci di seluruh cabang secara langsung. Tanpa adanya sistem pemantauan yang terintegrasi, risiko pemborosan sumber daya dan membengkaknya biaya operasional menjadi sangat tinggi, sekaligus menyulitkan pemilik dalam melakukan perencanaan pengembangan bisnis di masa depan.

Implementasi teknologi IoT menawarkan solusi yang potensial untuk masalah ini. IoT merupakan suatu koneksi yang menghubungkan mesin dengan mesin, memungkinkan interaksi dan kinerja otomatis sesuai kebutuhan yang

bertujuan untuk menyederhanakan komunikasi antara manusia dan mesin serta mengurangi pekerjaan yang bersifat repetitif (Kurnia et al., 2024).

Pemanfaatan IoT pada mesin cuci dapat diterapkan dengan sensor yang mampu mengumpulkan data secara *real-time* mengenai penggunaan listrik dan air. Data ini kemudian dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola penggunaan, mengoptimalkan operasi mesin cuci pada Lestari Laundry. Penggunaan protokol MQTT menjadi penting diimplementasikan pada sistem ini. MQTT memiliki kelebihan dengan rendahnya latency pengiriman data sekitar 50 ms walaupun MQTT tergantung layanan broker (Bagas Bhaskoro et al., 2022).

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan teknologi IoT untuk sistem pemantauan. Amirah (2023) merancang sistem monitoring konsumsi listrik rumah tangga berbasis IoT menggunakan Arduino UNO, ESP8266, dan aplikasi Blynk untuk pemantauan secara real-time. Sementara itu, Hasanuddin et al. (2025) mengembangkan sistem pemantauan beban listrik untuk industri skala kecil menggunakan Arduino Uno dan sensor ACS712 dengan akurasi di atas 95% (galat 3–5%), namun hasilnya baru ditampilkan sebatas pada LCD 16x2.

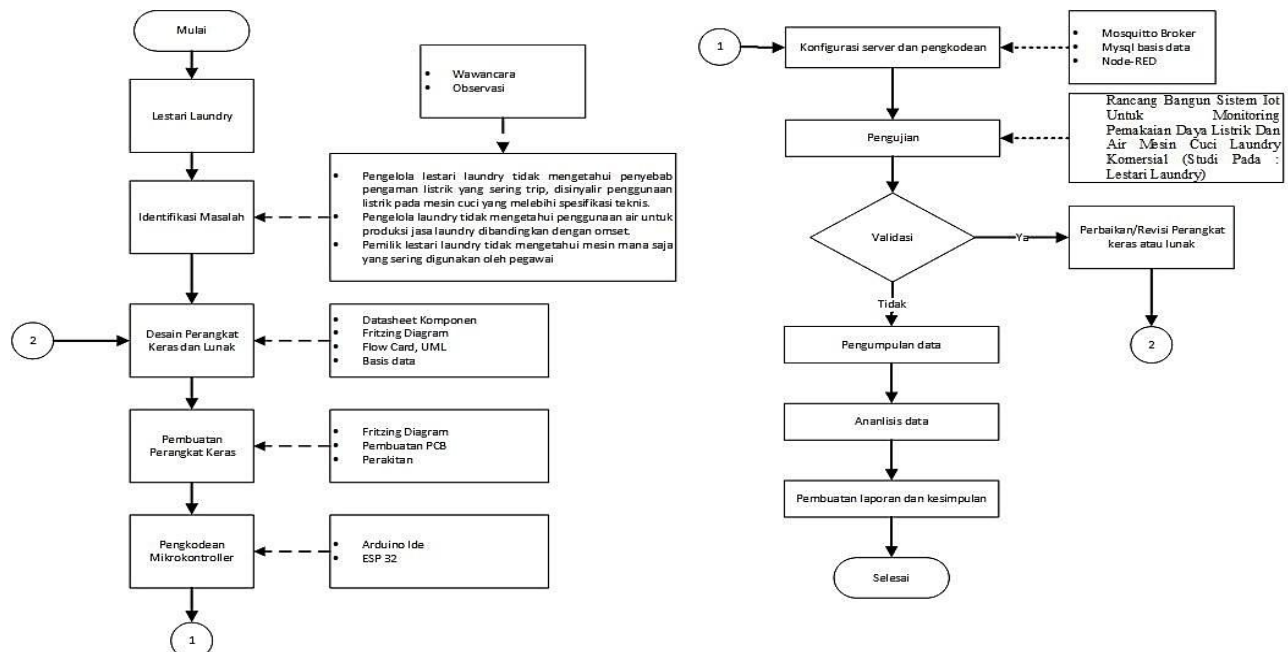
Pada parameter pemantauan air, Gita et al. (2023) mengimplementasikan sensor *water flow* berbasis NodeMCU dan aplikasi Android via App Inventor untuk mengukur debit air HIPPAM dengan tingkat galat sebesar 1,3%. Selanjutnya, penelitian yang mengombinasikan kedua parameter dilakukan oleh Denaldan Tabarui et al. (2023) menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, dan sensor debit air. Meskipun mengukur listrik dan air sekaligus, sistem tersebut belum mengintegrasikan teknologi IoT dan basis data, sehingga hasil pembacaan hanya dapat dilihat pada LCD 16x2.

Berdasarkan keterbatasan pada penelitian-penelitian terdahulu serta hambatan nyata yang dihadapi oleh pemilik Lestari Laundry, maka penelitian ini mengembangkan sistem monitoring daya listrik dan air yang diimplementasikan khusus pada mesin cuci komersial. Sistem ini mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor AC PZEM-004T, dan sensor debit air YF-S201. Untuk mengatasi keterbatasan penyimpanan dan visualisasi pada penelitian sebelumnya, data sensor pada sistem ini dikirim via protokol MQTT, disimpan dalam basis data MySQL secara *real-time*, serta divisualisasikan melalui aplikasi Virtuino IoT dan *dashboard* berbasis web menggunakan CodeIgniter 4 sebagai sarana analisis bagi pemilik usaha.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kerangka Dasar Penelitian

Kerangka berpikir dalam penelitian disusun sebagai acuan sistematis dalam pengembangan perangkat lunak dan perangkat keras *monitoring* daya listrik dan air yang dapat dilihat pada Gambar 1.



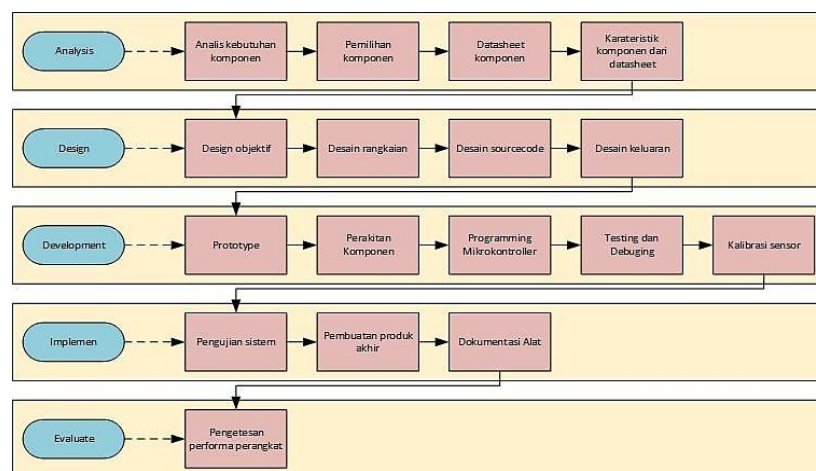
Gambar 1. Kerangka Berpikir

Tahapan kerangka berfikir dimulai dari 1. indentifikasi masalah; 2. desain perangkat keras dan lunak (basis data, *flow card*, *uml*, desain rangkaian dan pcb); 3. pembuatan perangkat keras (pembuatan PCB, perakitan komponen elektronika, mikrokontroler, sensor-sensor, tampilan LCD dan catu daya dalam kotak); 4. Pengkodean mikrokontroler (pembuatan perangkat lunak *firmware* ESP32); 5. Konfigurasi server dan pengkodean Server (Konfigurasi server Node-RED, server basis data dan program aplikasi web *monitoring* IOT dengan PHP Framework CodeIgniter); 6. Pengujian (pengujian pengiriman data JSON dari ESP32 ke basis data serta pengujian fungsional perangkat menggunakan metode

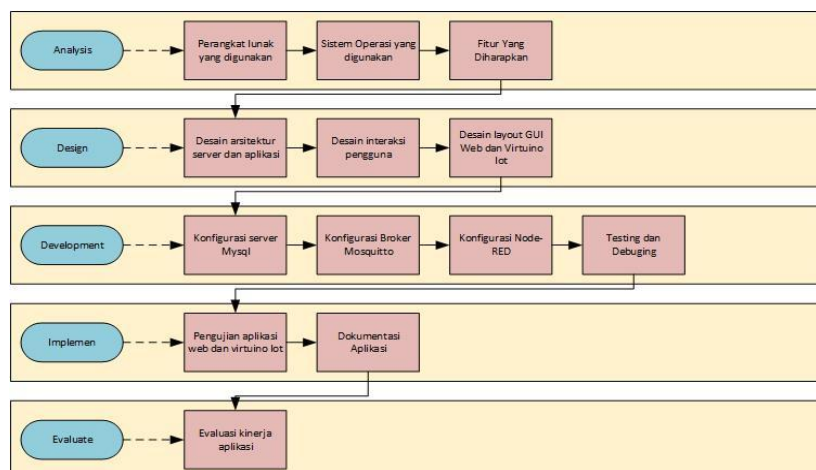
Black Box); 7. Validasi (pengecekan data apakah sesuai dengan perancangan); 8. Pengumpulan data (pencatatan data konsumsi listrik dan air mesin cuci secara *real-time* melalui eksperimen/pengukuran langsung); 9. Analisis data (menganalisa data yang diperoleh selama pengujian alat); 10. Pembuatan laporan dan kesimpulan

2.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan *Reaserch and Development* (RnD) yang mana model RnD menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut (Fayrus et al., 2022). *Reaserch and Development* (RnD) menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Model ADDIE terdiri atas lima langkah, yaitu: 1.) *Analysis* (Analisis), melakukan analisis kebutuhan produk IoT berupa perangkat keras, perangkat lunak yang akan dibuat dan dikembangkan dengan mengumpulkan informasi, dokumentasi, literasi produk; 2.) *Design* (Desain), rancangan produk IoT yang sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang telah ditentukan sebelumnya; 3.) *Development* (Pengembangan), melakukan pengembangan sesuai dengan rancangan yang dibuat sebelumnya; 4.) *Implementation* (Implementasi), pembuatan *prototype* produk IoT ke dalam kondisi nyata untuk di uji. 5.) *Evaluation* (Evaluasi), melakukan evaluasi terhadap produk untuk mengetahui sejauh mana produk mampu memenuhi kebutuhan dan tujuan yang telah ditentukan dan diinginkan. Tahapan penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu: 1. Diagram ADDIE Untuk Pembuatan Perangkat Keras IoT dan 2. Diagram ADDIE Untuk Pembuatan Perangkat Lunak IoT.



Gambar 2. Diagram ADDIE Untuk Pembuatan Perangkat Keras IoT



Gambar 3. Diagram ADDIE Untuk Pembuatan Perangkat Lunak IoT

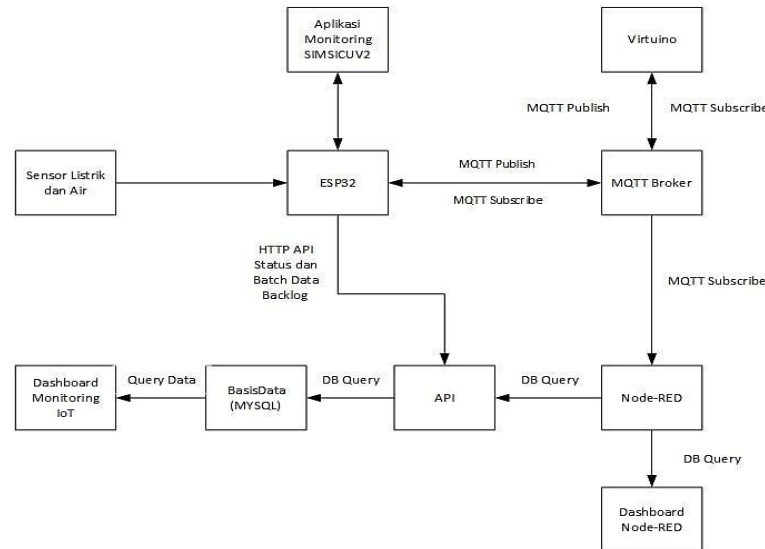
2.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian Rancang Bangun Sistem Iot Untuk *Monitoring* Pemakaian Daya Listrik Dan Air Mesin Cuci Laundry Komersial dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan yang diperlukan, mengidentifikasi kebutuhan perangkat keras, mengidentifikasi kebutuhan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras dan lunak, desain antarmuka Virtuino IoT dan pada Web *Monitoring* basis data.

2.3.1 Perancangan Aliran Data

Aliran data pada penelitian ini penting sekali di rancang untuk mengetahui konsep dasar pengiriman data JSON dari sensor sampai dengan server basis data dan aplikasi *monitoring* IoT. Perancangan ini dapat dilihat pada gambar 4.

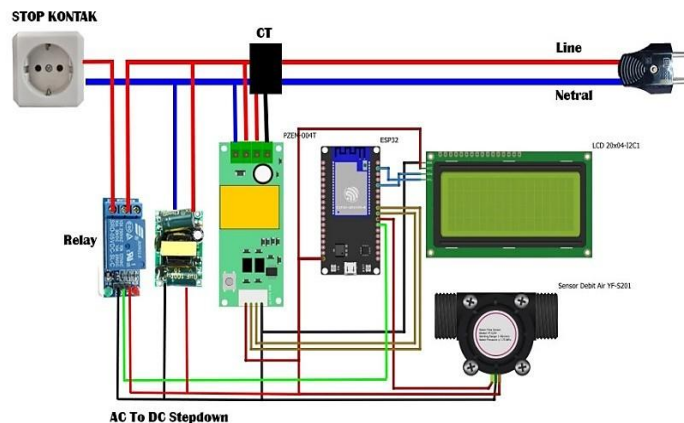
Operasional sistem ini bermula dari tahap pembacaan data oleh sensor PZEM-004T yang memantau parameter kelistrikan serta sensor flowmeter yang mencatat volume penggunaan air. Seluruh data fisik tersebut dikumpulkan dan diolah secara terintegrasi oleh mikrokontroler ESP32. Dalam proses distribusinya, ESP32 membagi alur komunikasi menjadi dua jalur utama, yakni jalur *real-time* melalui protokol MQTT dan jalur penyimpanan data melalui HTTP API. MQTT memiliki keunggulan cepat dan ringan dilihat dari segi waktu transfer data dan HTTP memiliki keunggulan mampu mentransfer data yang besar (Aziz Fikhri et al., 2025). Di samping itu, penggabungan protokol MQTT dan Node-RED dinilai efektif dalam meringankan kinerja pemrosesan pada sisi *gateway*. Kombinasi ini juga terbukti memperlancar proses pengiriman *payload* data berformat JSON secara bersamaan (Nazir Is'ad et al., 2024).



Gambar 4. Diagram Aliran Data

2.3.2 Perancangan Perangkat Keras

Skema rangkaian Sistem IoT *Monitoring* Pemakaian Daya Listrik dan Air dapat dilihat pada Gambar 5. Komponen yang di rancang mulai dari ESP32, catu daya, sensor listrik, sensor debit air dan LCD 20x4.



Gambar 5. Skema Rangkaian Sistem Iot Monitoring Daya Listrik dan Air

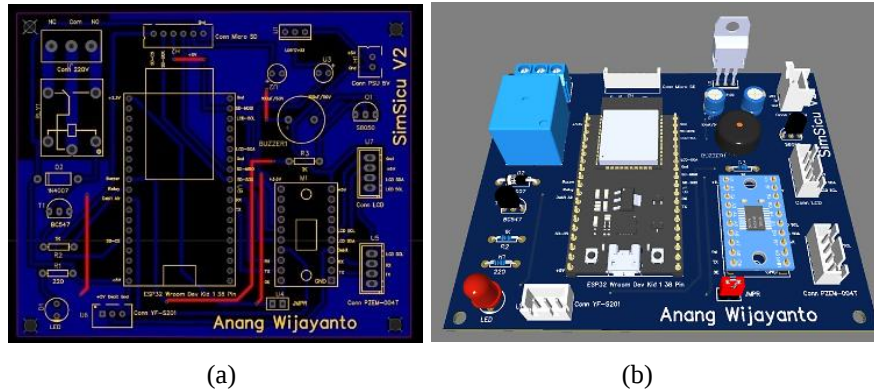
Adapun perangkat keras utama yang digunakan pada Rangkaian Sistem Iot *Monitoring* Daya Listrik dan Air:

- Mikrokontroler ESP32**
ESP32 merupakan mikrokontroler populer saat ini dengan kelengkapan fasilitas seperti wifi, *Bluetooth Low Energy*, pin I/O yang banyak sehingga menghemat harga dan ruang (Ruslianto et al., 2023). Jenis yang digunakan adalah ESP32 Wroom Dev kid 1.
- Sensor PZEM-004T**
Sensor PEZM-004T merupakan salah satu sensor untuk mengukur besaran listrik. PZEM-004T menunjukkan hasil yang cukup baik, dengan rata-rata galat pengukuran tegangan sebesar sekitar 0,28%. Pengukuran untuk besaran arus nilai galat mencapai 16,67% dan pengukuran daya dengan galat sebesar 14,06% (Simanulang et al., 2025) .
- Sensor YF-S201**
YF-S201 adalah sensor pengukuran aliran air dengan properti penyegelan berkualitas tinggi dengan besaran galat sensor ini antara 0,33 % sampai 2,04 %, galat ini terjadi ketika sensor membaca fluktuasi air yang lewat pada sensor air ini (Muamaroh & Christanto, 2024).

d. LCD 20x4

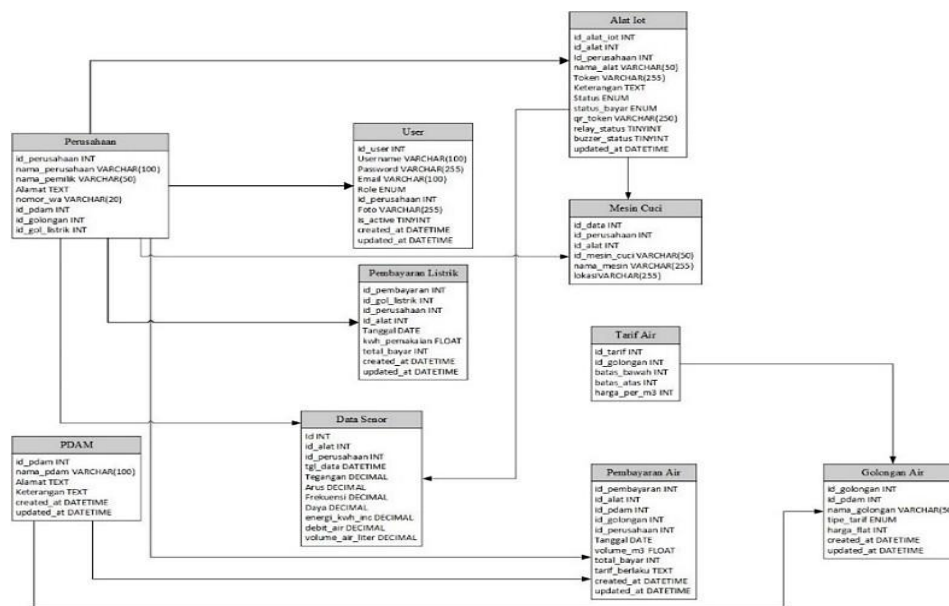
Komponen ini sebagai media visualisasi dengan memanfaatkan kristal cair sebagai komponen penyusun karakter yang disusun sedemikian rupa untuk menampilkan informasi sebanyak 20 kolom dan 4 baris (Rahardjo, 2022).

PCB digunakan untuk meletakkan komponen dan menghubungkan peralatan elektronika dari skala industri besar sampai kecil dengan bahan lapisan tembaga (Dwigista et al., 2022). Penggunaan PCB dimaksudkan untuk menstabilkan kerja dari rangkaian elektronika yang dibangun. Perancangan PCB ini menggunakan aplikasi EasyEDA yang mudah untuk digunakan. Desain dimulai dari pembuatan rangkaian elektronika dasar seperti resistor, kapasitor, transistor, relay dan lain sebagainya sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 6. Perancangan PCB (a) PCB Tampak 2D (b) PCB Tampak 3D

2.3.3 Perancangan ERD Basis Data



Gambar 7. ERD Sistem Monitoring IoT

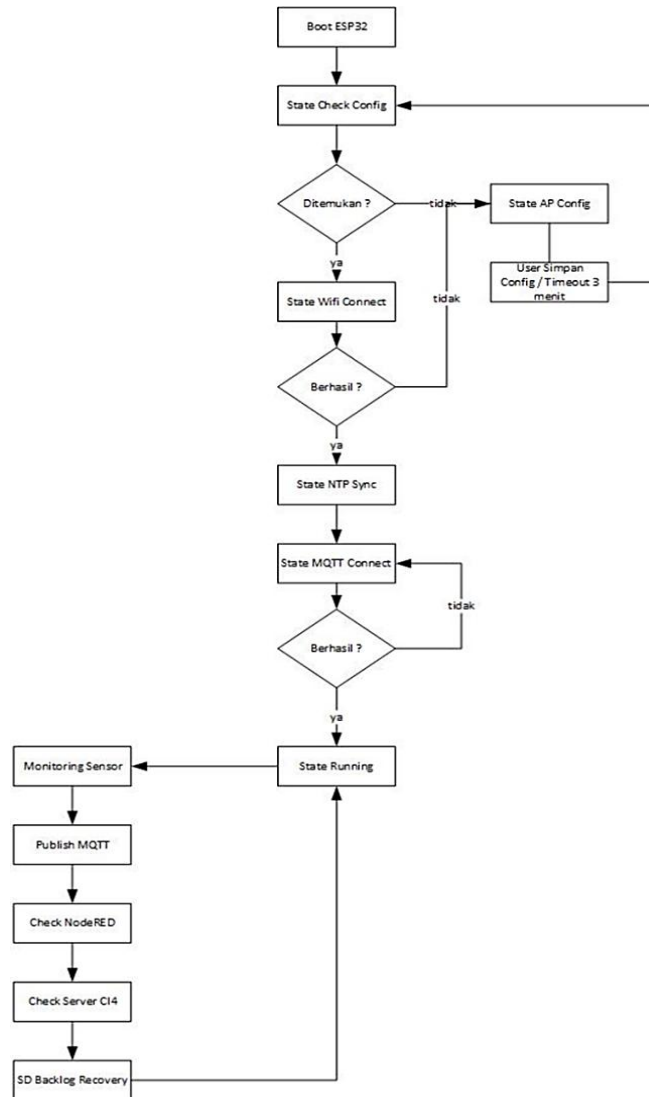
Perancangan basis data merupakan kebutuhan krusial dalam pengembangan sistem *monitoring* IoT ini. Arsitektur data yang dikonstruksi secara baik tidak hanya efisien dalam penyimpanan, tetapi juga mempermudah proses pengelolaan dan modifikasi informasi. Perancangan basis data dapat dijelaskan dalam ERD (*Entity Relational Diagram*) yang terdiri dari entitas dan hubungan entitasnya, digambarkan dengan atribut atau tanpa atribut (Rahmi Aulia et al., 2025).

ERD yang dirancang digunakan pada aplikasi web Sistem IoT Monitoring Daya Listrik dan Air yang dibangun menggunakan CodeIgniter dan MySQL, dengan tabel yang dibuat seperti tabel user, tabel mesin cuci, tabel alat_iot, tabel pdam, tabel data_sensor, tabel perusahaan, tabel pengaturan, tabel pembayaran_air, dan tabel pembayaran_listrik. Tabel-tabel tersebut digunakan sebagai penyimpanan data di Web *dashboard monitoring*. ERD untuk aplikasi web sistem monitoring daya listrik dan air dapat dilihat pada Gambar 7.

2.3.4 Perancangan Alur Kerja Program ESP32

Perancangan perangkat lunak pada ESP32 difokuskan pada pengembangan *firmware* sebagai otak pengendali seluruh komponen perangkat keras. *Firmware* ini dibangun menggunakan bahasa C/C++ untuk memastikan performa program yang cepat dan efisien. Untuk mempermudah pemahaman mengenai alur kerja sistem pada ESP32, desain alur kerja perangkat lunak ini dapat dilihat melalui diagram alir (*flowchart*) seperti pada gambar 8.

Sistem mengawali siklus kerjanya dengan inisialisasi perangkat keras oleh ESP32, yang mencakup pemeriksaan berkas konfigurasi pada kartu SD serta upaya penyambungan jaringan Wi-Fi secara berulang hingga koneksi terjalin. Setelah status koneksi berhasil ditampilkan pada layar LCD, mikrokontroler melakukan sinkronisasi waktu melalui server NTP dan membangun komunikasi dengan broker MQTT serta server CI4. Status operasional dari Node-RED, MQTT, dan server CI4 kemudian ditampilkan pada layar sebagai indikator kesiapan sistem. Selanjutnya, ESP32 memantau kondisi mesin cuci melalui sensor daya, jika mesin dalam keadaan aktif, sistem akan mengirimkan status operasional secara *real-time* sekaligus melakukan validasi terhadap kestabilan tegangan listrik.



Gambar 8. Proses Alur Kerja Program ESP32

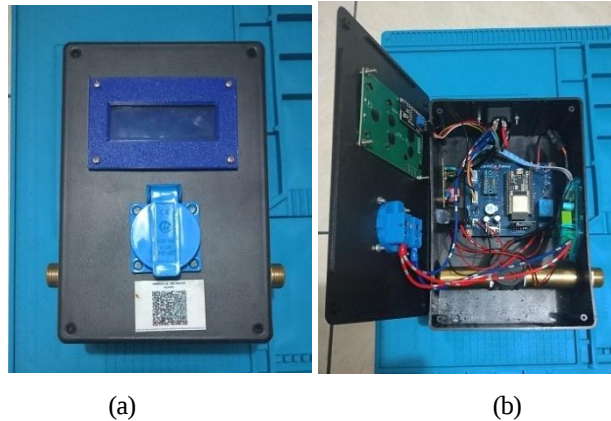
Apabila ditemukan keanehan data pada tegangan, informasi tersebut segera dikirimkan ke *dashboard* Virtuino IoT dan ditampilkan pada LCD. Namun, jika kondisi kelistrikan normal, sistem melanjutkan pembacaan pada besaran arus serta debit air untuk kemudian dikirimkan ke server HiveMQ. Sistem dilengkapi dengan mekanisme mitigasi, apabila terjadi kegagalan pada koneksi Wi-Fi, NTP, maupun server, seluruh data sensor akan disimpan sementara ke dalam file log pada kartu SD. Data log ini akan dikirimkan ke server basis data saat koneksi pulih dan mesin cuci tidak dalam posisi aktif. Selama operasional berlangsung, ESP32 rutin mentransmisikan data setiap lima detik ke server Node-RED untuk diteruskan ke server CI4 menggunakan protokol MQTT, sebelum akhirnya sistem mengulangi seluruh prosedur pembacaan dari awal secara berkelanjutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Perangkat Keras

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem monitoring pemakaian daya listrik dan air berbasis *IoT* yang diberi nama SIMSICUV2. Sistem ini secara *real-time* dirancang untuk membaca besaran listrik seperti tegangan, arus, frekuensi,

daya serta debit air yang dikirim ke server untuk dapat dianalisa. Perangkat keras yang dihasilkan seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Hasil Perakitan Perangkat Keras (a) Tampak Depan (b) Tampak Dalam

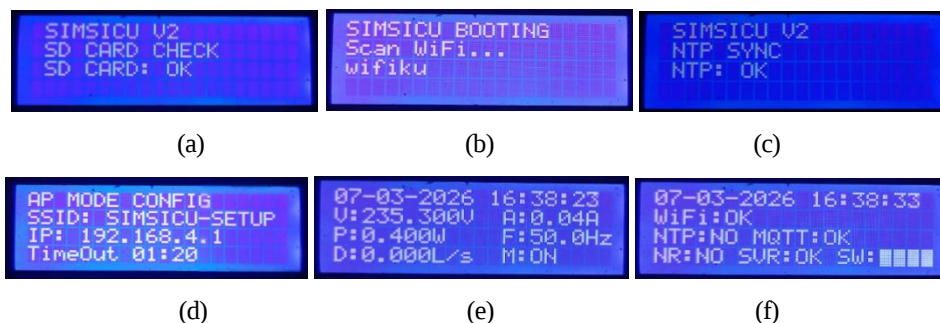
Pada Gambar 9 diperlihatkan perangkat keras *monitoring* mesin cuci yang berhasil dibuat. LCD akan menampilkan status alat, stop kontak yang terhubung dengan mesin cuci atau beban, inlet air masukan dan keluaran untuk sensor aliran air, serta *QR code* yang dapat discan untuk menampilkan grafik *monitoring* dari alat tersebut.

3.2 Antarmuka Tampilan LCD

Proses-proses yang terjadi di ESP32 dimulai dari *booting*, scan wifi, pembacaan data SD Card sampai siap membaca sensor. Pada sistem SIMSICU, perangkat IoT berbasis ESP32 dirancang menggunakan mekanisme *state* (tahapan proses) untuk memastikan perangkat dapat bekerja secara stabil sejak pertama kali dinyalakan hingga siap digunakan. Setiap *state* menunjukkan tahapan proses yang sedang dijalankan oleh perangkat, dan informasi tersebut ditampilkan pada LCD perangkat agar pengguna dapat mengetahui kondisi sistem secara langsung. Tampilan pada LCD tampak seperti pada Gambar 10.

Pada gambar 10 point (a) diperlihatkan sistem ESP32 akan mengecek keberadaan dari SD Card apakah aktif dan memiliki data konfigurasi pada file *config.txt*, jika ditemukan maka akan dilakukan proses lainnya seperti scan wifi jaringan sesuai dengan konfigurasi seperti pada gambar 10 point (c). Bila tidak ditemukan jaringan ssid wifi maka perangkat keras akan masuk dalam AP mode seperti gambar 10 point (d). Pada mode AP mode ini pengguna atau teknisi dapat mengatur konfigurasi dari perangkat *monitoring* menggunakan aplikasi android yang dibuat khusus untuk mengatur perangkat ini.

LCD akan menampilkan gambar 10 point (e) ketika semua sistem bekerja dengan baik, berupa tampilan status besaran sensor listrik dan sensor debit air. Tampilan baris 1 berupa tanggal dan waktu hasil sinkronisasi dengan server NTP (*Network Time Protocol*), waktu ini digunakan untuk salah satu entitas data sensor yang dikirim ke server. Pada tampilan gambar 10 point (f) akan menampilkan status server dan status syarat yang harus di penuhi agar sistem ini bekerja dengan baik seperti: wifi terkoneksi, NTP berhasil sinkronisasi, MQTT server aktif, server Node-RED aktif dan server basis data aktif.

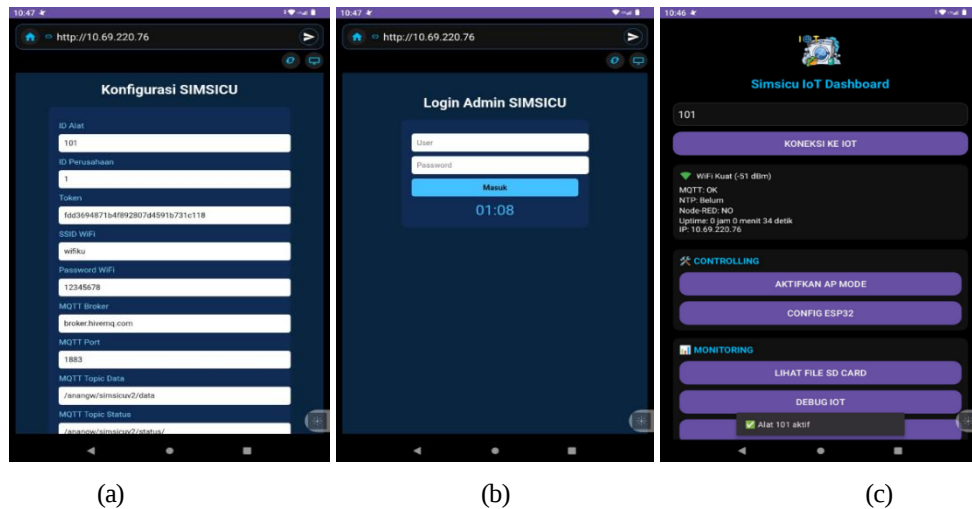


Gambar 10. Tampilan LCD (a) SD Card Check (b) Wifi Scan (c) Koneksi NTP (d) AP Mode (e) Status Sensor (f) Status Server

3.3 Laman Konfigurasi Perangkat ESP32

Konfigurasi mikrokontroler seperti ESP32 biasanya dilakukan dengan menggunakan data *hardcode*, berupa data berbentuk konstanta baik angka maupun teks. Kelemahan sistem ini ketika perangkat tersebut di gunakan di tempat lain yang memiliki konfigurasi yang berbeda, misalkan nama SSID wifi. Tentunya harus diatur ulang dengan cara mencolokkan kabel data ke port di ESP32 Wroom Dev Kit dan melakukan penulisan *firmware* ulang. Jika dilakukan berkali kali maka akan merepotkan programmernya.

Pada perangkat keras monitoring daya listrik dan air ini sudah dilengkapi dengan perangkat baca tulis SD Card sehingga semua konfigurasi sistem disimpan didalamnya dan dapat ditulis ulang dengan mudah karena tidak perlu *flashing firmware* di ESP32nya. Fasilitas ini dibuat dengan memanfaatkan *Access Point Mode* pada ESP32 dan membangun aplikasi utilitas yang diprogram menggunakan aplikasi Android Studio dengan bahasa pemrograman kotlin. Penerapan *Access Point Mode* pada ESP32 memberikan nilai tambah pada koneksi jaringan yang bebas koneksi internet luar (Kurniati et al., 2025). Adapun tampilannya seperti pada Gambar 11.

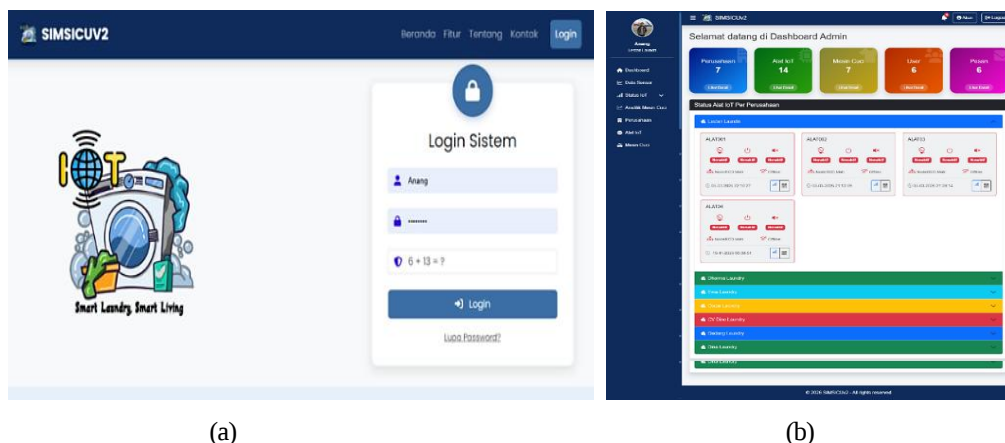


Gambar 11. Aplikasi Konfigurasi (a) Laman Beranda (b) Laman Login (c) Laman Konfigurasi

Pada laman konfigurasi, parameter-parameter yang dapat di atur secara dinamis antar lain: id alat, id perusahaan, token alat, SSID wifi, kata sandi SSID Wifi, alamat MQTT Broker, MQTT Port, MQTT Topic Data, MQTT Topic Status, Arus Minimum Alat Aktif, Tegangan Minimum, Tegangan Maksimum, LCD auto of, delay LCD off, Kalibrasi Flow dan URL API server. Parameter ini akan disimpan dalam SD Card kemudian ESP32 akan melakukan *reboot* ulang dan membaca konfigurasi yang disimpan tadi. Fitur ini digunakan jika alat akan dipakai di lain mesin cuci dengan merek dan jenis yang berbeda.

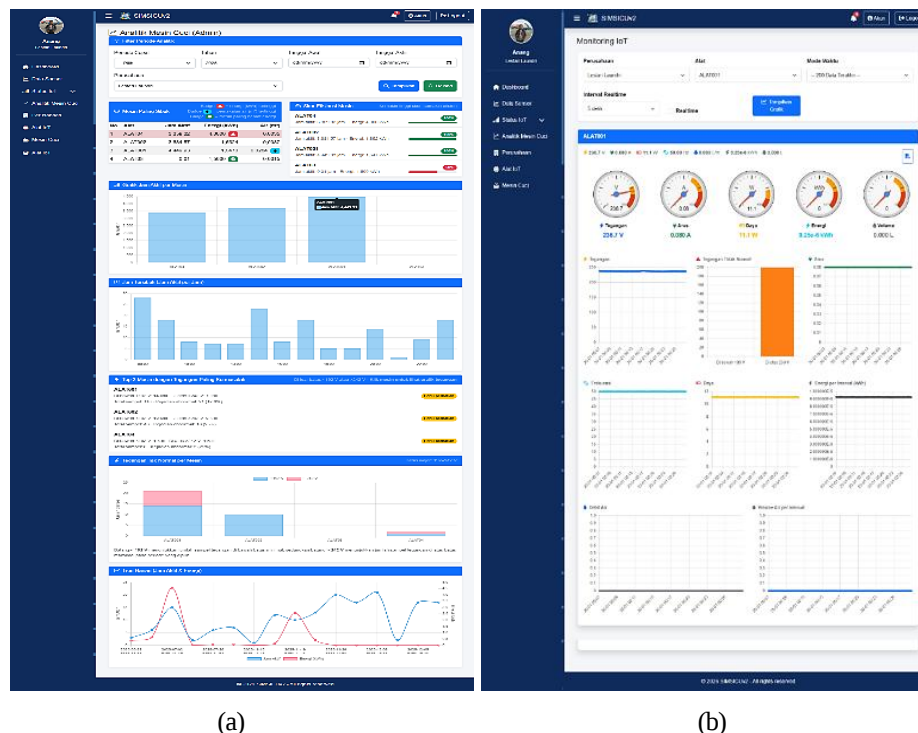
3.4 Antarmuka Dashboard Monitoring Mesin Cuci

Sistem *monitoring* SIMSICU dibangun menggunakan server IoT yang terhubung dengan Node-RED dan basis data MySQL, serta *dashboard* web yang dikembangkan menggunakan *framework* CodeIgniter. Framework CodeIgniter memiliki kelebihan dan performa yang cukup baik dengan mampu menangani permintaan data yang besar pada saat digunakan oleh banyak pengguna (Jois Aldof Mendrofa et al., 2025). Halaman login merupakan salah satu bagian penting dalam sistem SIMSICU yang berfungsi sebagai proses autentikasi pengguna sebelum mengakses fitur utama sistem. Melalui halaman login, pengguna diminta untuk memasukkan *username* dan *password* yang telah terdaftar pada sistem. Proses autentikasi pengguna ini bertujuan untuk menjaga keamanan data serta membatasi akses sistem hanya kepada pengguna yang memiliki hak akses. *Dashboard* berfungsi sebagai pusat *monitoring* yang menampilkan berbagai informasi terkait kondisi perangkat IoT serta aktivitas mesin cuci secara *real-time*. Data yang dikirimkan oleh ESP32 diproses oleh server kemudian disimpan dalam basis data. Informasi tersebut kemudian akan ditampilkan pada *dashboard monitoring* sehingga pengguna dapat memantau kondisi perangkat IoT secara *real-time*. Tampilan web monitoring login dan *dashboard* terlihat seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. (a) Laman Login (b) Dashboard Web Aplikasi Monitoring

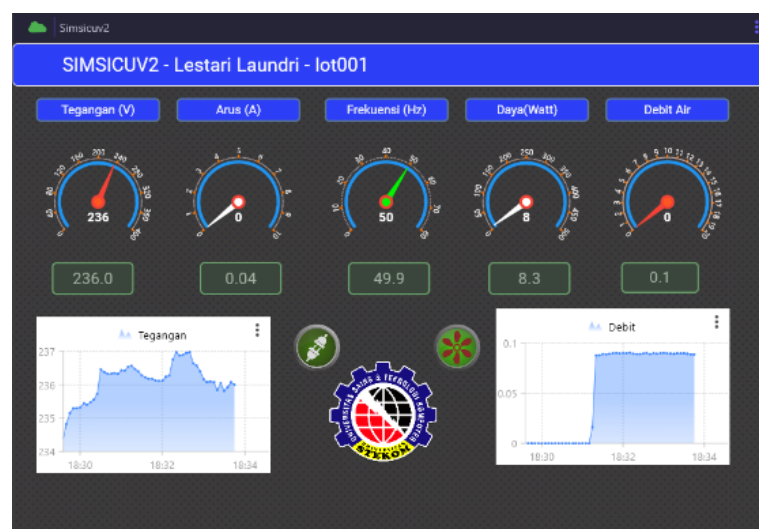
Laman analisis mesin dan laman *monitoring* mesin cuci dapat dilihat seperti pada gambar 13, kedua laman ini memiliki kegunaan masing-masing dan berguna untuk admin dan pemilik *laundry* untuk melakukan pengawasan serta membantu pengambilan keputusan terkait dengan kondisi mesin, pembagian kerja mesin, perawatan mesin, tren harian, efisiensi mesin dan lain sebagainya.



Gambar 13. (a) Laman Analisan Mesin (b) Laman Monitoring

3.5 Antarmuka Virtuino IoT

Implementasi pada penelitian ini menunjukkan data yang dikirim dari ESP32 ke MQTT broker dapat diterima oleh aplikasi Virtuino IoT dengan baik. Besaran listrik dan debit air dapat diterima dan ditunjukkan nilainya pada gauge meter dan grafik. Penggunaan Virtuino IoT untuk memantau mesin cuci ini akan mempermudah oleh pemilik *laundry* karena tidak membutuhkan login dan menjadi alternatif lain saat memantau kondisi mesin. Hasil tampilan yang dibuat pada Virtuino IoT seperti pada Gambar 14.



Gambar 14. Tampilan Virtuino IoT

3.6 Pengujian Sistem

Pengujian perangkat keras dan lunak sistem IoT Monitoring Pemakaian Listrik dan Air ini menggunakan mesin cuci harian merek Samsung seri WA70V4 dengan beban maksimal 7 Kg. Hasil pembacaan sensor listrik dibandingkan dengan KWH meter digital seperti pada Gambar 15.



Gambar 15. Percobaan perangkat pada mesin cuci

3.6.1 Pengujian Modul Perangkat Monitoring

Pengujian pada perangkat ESP32 dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur atau fasilitas yang dirancang dalam sistem SIMSICU dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Pengujian ini mencakup berbagai aspek kerja perangkat, mulai dari proses awal saat sistem diaktifkan, koneksi ke jaringan, pengiriman dan penerimaan data dengan server, hingga proses pembacaan sensor dan pengendalian perangkat output.

Pada tahap ini, ESP32 diuji kemampuannya dalam menjalankan keseluruhan sistem IoT yang telah diprogram sebelumnya. Beberapa bagian yang menjadi fokus pengujian antara lain proses *booting*, pengaturan perangkat melalui halaman web, koneksi ke jaringan WiFi, sinkronisasi waktu menggunakan NTP, serta komunikasi data menggunakan protokol MQTT. Selain itu, dilakukan juga pengujian terhadap pembacaan data dari sensor listrik dan sensor air, serta pengujian fungsi pengendalian perangkat seperti relay dan buzzer. Adapun pengujian modul perangkat monitoring mesin cuci ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Firmware ESP32 Perangkat Keras Monitoring Mesin Cuci

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	<i>Bootting</i> Sistem ESP32	ESP32 dinyalakan dari kondisi mati	Sistem proses <i>booting</i> dan menampilkan status pada LCD	ESP32 berhasil <i>booting</i> dan menampilkan proses inisialisasi	Berhasil
2	<i>Mode Access Point (AP Mode)</i>	ESP32 tidak menemukan konfigurasi WiFi	ESP32 membuat jaringan WiFi AP untuk konfigurasi	AP Mode aktif dan dapat diakses melalui <i>browser</i>	Berhasil
3	Halaman <i>Login</i> Konfigurasi	Mengakses IP ESP32 melalui <i>browser</i>	Halaman login konfigurasi ESP32 muncul	Halaman login tampil dan dapat digunakan	Berhasil
4	Penyimpanan Konfigurasi	Mengisi data konfigurasi dan menyimpan	Data konfigurasi tersimpan di <i>SD Card</i>	Konfigurasi berhasil disimpan di <i>SD Card</i>	Berhasil
5	Koneksi WiFi	ESP32 mencoba terhubung ke WiFi yang dikonfigurasi	ESP32 berhasil terhubung ke jaringan WiFi	ESP32 berhasil mendapatkan alamat IP	Berhasil
6	Sinkronisasi Waktu NTP	ESP32 melakukan sinkronisasi waktu	ESP32 memperoleh waktu yang valid dari server NTP	Waktu sistem berhasil diperoleh	Berhasil
7	Koneksi MQTT <i>Broker</i>	ESP32 menghubungkan ke broker MQTT	Terkoneksi ke broker MQTT	Status MQTT menunjukkan terhubung	Berhasil
8	Pengiriman Data Sensor	ESP32 mengirim data sensor ke server melalui MQTT	Data sensor diterima oleh server	Data berhasil diterima oleh server	Berhasil
9	Penyimpanan Data ke <i>SD Card</i>	Simulasi jaringan internet terputus	Data disimpan sebagai backlog di <i>SD Card</i>	File log berhasil dibuat pada <i>SD Card</i>	Berhasil
10	Pengiriman <i>Backlog</i>	Koneksi internet kembali normal	Data backlog dikirim kembali ke server	Data <i>backlog</i> berhasil dikirim	Berhasil
11	<i>Monitoring</i> Sensor Listrik	Sensor membaca tegangan, arus, frekuensi dan daya	Data sensor ditampilkan pada <i>dashboard</i>	Data sensor tampil pada <i>dashboard</i>	Berhasil
12	<i>Monitoring</i> Sensor Air	Sensor membaca debit dan volume air	Data debit dan volume air dapat terbaca	Data sensor air tampil pada <i>dashboard</i>	Berhasil



3.6.2 Pengujian Pembacaan Sensor PZEM-004T

Pengujian sensor PZEM-004T pada ESP32 dilakukan untuk melihat sejauh mana sensor mampu membaca parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, frekuensi, daya dan energi. Tujuan dari pengujian ini untuk memastikan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik serta menghasilkan data yang cukup akurat dan stabil ketika diterapkan pada sistem monitoring di lapangan.

Tingkat keakuratan sensor dapat diketahui dengan membandingkan hasil pengukuran dengan alat ukur standar, yaitu: KWh meter digital yang umum digunakan pada instalasi listrik. Perbandingan ini dilakukan agar dapat diketahui seberapa dekat atau seberapa tepat hasil pembacaan sensor dengan nilai sebenarnya. Pengujian fungsionalitas ini dilakukan secara kontinu dan menghasilkan ribuan baris data log. Karena keterbatasan ruang publikasi, Tabel 2 hanya menyajikan potongan data representatif (*selected data subset*) pada kondisi beban stabil.

Tabel 2. Pengujian Pembacaan Sensor PZEM-004T

No	PZEM-004T					KWH					Galat				
	Teg. (V)	Arus (A)	Daya (W)	Fre k (Hz)	Enrg (KWh)	Teg. (V)	Arus (A)	Day a (W)	Fre k (Hz)	Engr (KWh)	Teg. (%)	Arus (%)	Day a (%)	Fre k (%)	Enr g (%)
1	224,4	0,6	134,6	50	0,134	226,3	0,605	136,9	50	0,136	0,866	0,826	1,714	0	1,68
2	224,4	0,62	139,1	50	0,139	226,4	0,624	141,2	50	0,141	0,861	0,641	1,519	0	1,48
3	224,0	0,78	174,7	50	0,174	225,2	0,785	176,8	50	0,176	0,546	0,637	1,194	0	1,18
4	224,1	0,66	147,9	50	0,147	225,6	0,664	149,8	50	0,149	0,629	0,602	1,243	0	1,20
5	224	0,69	154,5	50	0,154	225,9	0,695	157,0	50	0,157	0,845	0,719	1,583	0	1,52

Berdasarkan hasil pengujian, nilai tegangan, arus, daya dan energi yang diperoleh dari sensor PZEM-004T menunjukkan kecenderungan yang sebanding dengan hasil pembacaan pada KWh meter digital. Selisih nilai yang terjadi relatif kecil dan masih berada dalam batas toleransi pengukuran alat ukur listrik pada umumnya. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai tegangan yang dibaca oleh sensor PZEM-004T berada pada kisaran 220 Volt hingga 224,46 Volt. Nilai ini relatif stabil dan masih dalam batas normal standar tegangan listrik PLN sebesar 220 Volt $\pm$ 10%. Berdasarkan perbandingan dengan KWh meter digital, diperoleh nilai galat tegangan yang berada pada rentang kecil, yaitu sekitar kurang dari 1% dan masih dalam batas toleransi pengukuran alat ukur listrik.

Nilai arus yang diperoleh dari hasil pengujian berada pada kisaran 0,602 A hingga 0,826 A. Data menunjukkan bahwa arus relatif stabil dengan fluktuasi yang sangat kecil, yang menandakan bahwa beban listrik pada mesin cuci berada dalam kondisi normal. Hasil perbandingan dengan KWh meter digital menunjukkan bahwa nilai galat arus juga berada dalam kisaran kecil, yaitu sekitar 0,5% hingga 1%. Selisih ini dipengaruhi oleh sensitivitas sensor dan kondisi pembacaan arus yang sangat kecil. Demikain juga dengan hasil pembacaan daya sensor PZEM-004T dan KWh meter digital menunjukkan galat antara 1,243 – 1,714 menunjukkan galat $\pm$ 1%. Berdasarkan hasil percobaan pada tabel 2, sensor PZEM-004T dapat dikatakan cukup akurat dalam mengukur tegangan, arus, daya dan energi listrik pada beban rendah seperti mesin cuci.

3.6.3 Pengujian Kalibrasi Sensor Yf-S201

Sensor aliran debit air yang digunakan pada perangkat keras perlu melalui proses kalibrasi sebelum digunakan. Proses ini dilakukan untuk mengetahui jumlah pulsa yang dihasilkan sensor dalam setiap satuan volume air (liter) yang mengalir. Kalibrasi merupakan tahapan penting dalam proses pengukuran, karena berfungsi untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan sensor memiliki tingkat akurasi yang baik dan dapat dipercaya. Setiap pulsa yang dihasilkan memiliki hubungan tertentu dengan volume air yang melewati sensor. Data percobaan kalibrasi seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Kalibrasi Sensor Yf-S201

No	Vol. Referensi (L)	Vol. Alat Takar (L)	Jumlah Pulse	Konstanta K (P/L)	Galat Volume (%)
1	1	0,96	442	460	-4,00%
2	1	1,02	460	451	2,00%
3	1	1,06	482	455	6,00%
Rata-rata 1L				455	1,33%
4	2	1,96	906	462	-2,00%
5	2	2,02	910	451	1,00%
6	2	2,04	916	449	2,00%
Rata-rata 2L				454	0,33%



7	5	5,02	2255	449	0,40%
8	5	4,98	2240	450	-0,40%
9	5	5,03	2260	449	0,60%
Rata-rata 5L				449	0,20%

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa semakin besar volume air yang digunakan dalam proses kalibrasi, maka tingkat kesalahan pengukuran cenderung semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya pengaruh fluktuasi aliran dan noise sensor pada volume yang lebih besar. Pada penelitian kalibrasi sensor dengan menggunakan air yang besar (5 Liter) diperoleh galat yang kecil sekitar 0,2%. Hasil ini dikuatkan oleh penelitian terdahulu yang dilakukan oleh R. A. , Hastariyadi et al. (2024), yang menyatakan bahwa semakin besar volume air yang digunakan dalam kalibrasi, maka hasilnya akan semakin mendekati ideal.

3.6.4 Pengujian Pengiriman Data Pada Server Basis Data

Pengujian terhadap data pada server basis data dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa seluruh data hasil pembacaan sensor yang dikirimkan oleh perangkat ESP32 dapat diterima, diproses, dan tersimpan dengan baik pada sistem *backend*. Data yang dikirim dalam penelitian ini mencakup beberapa parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan frekuensi, serta data debit air yang diperoleh dari sensor flowmeter. Proses pengiriman data dari ESP32 dilakukan melalui komunikasi MQTT yang terhubung ke Node-RED sebagai media perantara, serta melalui API menuju server yang dibangun menggunakan CodeIgniter 4. Dalam hal ini, Node-RED berfungsi untuk mengatur alur data secara *real-time* sebelum data diteruskan ke basis data, sedangkan server bertanggung jawab dalam menyimpan data ke tabel yang telah disesuaikan dengan kebutuhan sistem. Dikarenakan keterbatasan ruang pada jurnal, data yang ditampilkan pada Tabel 4 merupakan sampel representatif yang diambil dari ribuan data log yang tersimpan di dalam basis data.

Tabel 4. Data Sensor Pada Basis Data MySQL Server

No	Waktu ESP32	Waktu Server	Selisih (detik)	Tegangan (V)	Arus (A)	Debit (L/m)	Status Pengiriman
1	18/04/2026 14:36:19	18/04/2026 14:36:20	1	224.43	0.60	0.00	Berhasil
2	18/04/2026 14:36:14	18/04/2026 14:36:15	1	224.46	0.62	0.00	Berhasil
3	18/04/2026 14:36:08	18/04/2026 14:36:09	1	224.03	0.78	0.00	Berhasil
4	18/04/2026 14:36:03	18/04/2026 14:36:04	1	224.18	0.66	0.00	Berhasil
5	18/04/2026 14:35:58	18/04/2026 14:35:59	1	224.00	0.69	0.00	Berhasil
6	18/04/2026 14:35:53	18/04/2026 14:35:54	1	223.96	0.69	0.00	Berhasil
7	18/04/2026 14:35:48	18/04/2026 14:35:49	1	224.10	0.66	0.00	Berhasil
8	18/04/2026 14:35:43	18/04/2026 14:35:44	1	224.13	0.70	0.00	Berhasil
9	18/04/2026 14:35:38	18/04/2026 14:35:39	1	224.23	0.68	0.00	Berhasil
10	18/04/2026 14:35:33	18/04/2026 14:35:34	1	224.60	0.53	0.00	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilaksanakan, diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan dalam proses pengiriman data dari ESP32 menuju server menunjukkan selisih yang relatif kecil, yakni berada pada rentang 1 detik. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem mampu beroperasi hampir secara *real-time* dalam hal pengiriman maupun penyimpanan data. Selama pengujian berlangsung tidak ditemukan adanya kegagalan dalam proses pengiriman data. Data yang tersimpan pada server juga konsisten dan sesuai dengan data yang dikirimkan oleh perangkat, sehingga dapat disimpulkan bahwa integritas data tetap terjaga. Dengan nilai rata-rata jeda sekitar 1 detik serta tingkat keberhasilan pengiriman mencapai 100%, sistem yang dikembangkan dapat dikategorikan sebagai sistem *monitoring* yang responsif dan andal dalam pengelolaan data secara *real-time*.

3.6.5 Pengujian Perangkat Saat Idle

Perangkat akan aktif lampu belakang layar LCD-nya saat mesin cuci diaktifkan. Perangkat sensor akan membaca daya dan arus yang digunakan saat mesin cuci aktif, pada penelitian ini saat mesin cuci kondisi tidak aktif maka terbaca daya dan arus seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Kondisi Arus dan Daya Saat Mesin Cuci *Idle*

No	Kondisi	Daya	Arus	Tegangan	Frekuensi
1	Mesin Cuci Tidak Aktif	<1,2 Watt	0,000 A	224 V	50 Hz
2	Mesin Cuci Aktif	2 Watt	0,000 A	224 V	50 Hz

Pada pengujian elektrik, ditemukan fenomena di mana saat mesin cuci kondisi *standby*, sensor PZEM-004T membaca arus sebesar 0,000 A namun mendeteksi daya aktif sebesar 2 Watt. Berdasarkan *datasheet* resmi, instrumen PZEM-004T V3.0 memiliki batas ambang awal pengukuran (*starting threshold*) arus sebesar 10 mA (Ningbo Peacefair Electronic Co., 2020). Arus nyata panel kontrol mesin cuci yang berada di bawah 10 mA otomatis dibulatkan menjadi nol pada register keluaran serial untuk mereduksi noise induksi transformator saat beban kosong. Sebaliknya, register daya memiliki sensitivitas awal (*starting power*)



yang lebih tinggi, yaitu mampu mendeteksi beban mulai dari 0,4 Watt dengan resolusi 0,1 Watt (Ningbo Peacefair Electronic Co., 2020). Perhitungan internal sensor tetap memproses daya secara akurat berdasarkan data mentah (raw data) tegangan dan arus sebelum difilter. Perbedaan sensitivitas pembacaan daya pada kondisi *standby* ini tidak menjadi kendala, melainkan dimanfaatkan dalam penelitian sebagai parameter logika pemrograman untuk mendeteksi status aktif atau mati (*state detection*) pada mesin cuci laundry.

4. KESIMPULAN

Implementasi sistem IoT menggunakan ESP32 di Lestari Laundry telah terbukti efektif dalam memantau konsumsi daya listrik dan debit air secara real-time melalui protokol MQTT. Data yang diperoleh dari sensor PZEM-004T dan YF-S201 diolah serta disajikan melalui dashboard berbasis CodeIgniter 4 dalam format tabel dan grafik untuk memudahkan pemilik usaha dalam menganalisis pola operasional setiap mesin cuci. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini menunjukkan tingkat stabilitas yang mumpuni untuk memperkuat kontrol manajemen serta meningkatkan efisiensi pada industri jasa laundry. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan di mana jumlah data pengujian masih terbatas dan tingkat akurasi yang dihasilkan baru teruji pada kondisi karakteristik beban dari satu jenis mesin cuci komersial tertentu. Oleh karena itu, pengembangan sistem monitoring ke depannya dapat diarahkan pada pengujian dengan variasi jenis dan kapasitas mesin cuci yang lebih luas, serta integrasi kecerdasan buatan (AI) untuk menyediakan fitur analitik prediktif guna mendukung pengambilan keputusan yang lebih strategis. Dari sisi perangkat keras, penggunaan mikrokontroler yang lebih ringkas seperti ESP32-C3 Super Mini serta penambahan sensor suhu atau getaran dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan efisiensi dimensi alat sekaligus memberikan fungsi deteksi dini kerusakan mesin. Selain itu, penguatan aspek keamanan data melalui penerapan enkripsi pada transmisi data menuju server MQTT dan basis data menjadi prioritas utama untuk mencegah risiko serangan siber. Terakhir, keandalan komunikasi data perlu ditingkatkan dengan mengimplementasikan mekanisme failover atau server cadangan demi menjaga kontinuitas layanan secara optimal.

REFERENCES

- Amirah, S. Z. A. (2023). Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik Bagi Pelanggan Rumah Tangga Berbasis IoT. *Cogito Smart Journal* |, 9(2), 368–380. <https://doi.org/10.31154/cogito.v9i2.521.368-380>
- Aziz Fikhri, A., Ula, M., & Sayuti, M. (2025). Perbandingan Kinerja Protokol MQTT dan HTTP Dalam Komunikasi Data Internet of Things. *Jurnal Infomedia*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.30811/jim.v10i1.6733>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Semarang. (2026). *Kabupaten Semarang Dalam Angka 2026*. 16.
- Bagas Bhaskoro, S., Supriyanto, H., Aji, B. B., & Pamungkas, B. (2022). Perbandingan Performansi Latency Protokol Komunikasi Http Dan Mqtt Pada Internet Of Things. *Jurnal Teknologi Terapan*, 8(2), 82–89. <https://doi.org/10.31884/jtt.v8i2.309>
- Denaldan Tabarui, L., Masfufiah, I., & Fahrudi, A. (2023). Rancang Bangun Monitoring Penggunaan Air dan Listrik pada Rumah Tangga Berbasis IoT. *Prosiding SNESTIK*, 409–415. <https://doi.org/10.31284/p.snestik.2023.4174>
- Dwigista, C., Nataliana, D., & Anwari, S. (2022). Perancangan Dan Implementasi Printed Circuit Board (PCB) Ramah Lingkungan Menggunakan Conductive Ink. *Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik*, 11(1), 31–35. <https://doi.org/10.30591/polektro.v11i1.2882>
- Fayrus, & Slamet, A. (2022). *Model Penelitian Pengembangan (R n D)* (Ed. . Risdiantoro M. P. R, Ed.). Institut Agama Islam Sunan Kalijogo Malang.
- Gita, A., Ilma, R., & Amrulloh, M. F. (2023). Implementasi Sensor Water Flow Untuk Sistem Monitoring Pemakaian Debit Air HIPPAM Berbasis Android. *Jurnal Krisnadana*, 3(1), 344–353. <https://doi.org/10.58982/krisnadana.v2i2>
- Hasanuddin, M., Wiguna, A., & Aditia, M. F. (2025). Pengembangan Sistem Pemantauan Beban Listrik Menggunakan Sensor Berbasis Arduino untuk Industri Skala Kecil. *Journal of Electrical Engineering Research*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.64803/joeer.v1i1.1>
- Hastariyadi, R. A. , Firmansyah, D. A. , & Rozaki F., M. (2024). Prototipe Pengukuran Besaran Aliran Menggunakan Sensor Alir Untuk Bejana Ukur Standar Secara Otomatis. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, 3(2), 221–229. <https://doi.org/10.572349/scientica.v2i8.2133>
- Jois Aldof Mendrofa, R., laoli, J., Yurlina Waruwu, C., & Gunawan Zai, A. (2025). Evaluasi Implementasi Framework Codeigniter Pada Pengembangan Aplikasi Web: Kelebihan Dan Kekurangan. *IDENTIK : Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan Dan Teknik*, 2(1), 82–87. <https://doi.org/10.70134/identik.v2i1.248>
- Kurnia, E., Pandia, M., Sari, B., Sembiring, B., & Margaretta, D. (2024). Pemanfaatan Internet Of Things Pada Smarthome Dengan Model Simulasi Prototype. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi (JIKOMSI V)*, 7(1), 112–115. <https://doi.org/10.55338/jikomsi.v7i1.2728>
- Kurniati, Y., Fahrurrozi, M., & Khairunnazri. (2025). Rancangan Bangun Sistem Bel Sekolah Otomatis Berbasis 2 Mikrokontroler dengan Integrasi Audio MP3 dan Pengaturan 3 Jarak Jauh di SDN 2 Lenek. *Jatiskom : Jurnal Aplikasi Teknologi Informasi Dan Sains Komputer*, 2(2), 102–115. <https://doi.org/10.20414/jatiskom.v2i2.13595>
- Khairani, L., Ardinata Baharuddin, H., Destara Prameswari, M., Putri Agustin, D., Erlita Noviantika, K., Tri Pujasari, A., Puspita, R., Benito Awaludin Robani, M., & Irma Suryani Lating, A. (2024). Sosialisasi Dan Pendampingan



- Penentuan Harga Jual, Penyusunan Laporan Keuangan Dan Pengelolaan Media Sosial Pada UMKM Jasa Laundry Di Banyu Urip. *Jurnal Penamas Adi Buana*, 8(1), 63–80. <https://doi.org/10.36456/penamas.vol8.no01.a9164>
- Muamaroh, N., & Christanto, F. W. (2024). Pengukur Penggunaan Air Otomatis Menggunakan Water Flow Sensor YF-S201 dan NodeMCU ESP8266 Berbasis IoT. *JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer)*, 8(1), 88–99. <https://doi.org/10.26798/jiko.v8i1.1104>
- Nazir Is'ad, M., Keiza Zein, M., Surya Wardhana, A., & Rizky Pradana, M. (2024). Implementasi Smart Home Berbasis ESP32 dan Integrasi Protokol MQTT, Node-RED serta Google Assistant melalui NORA. *Journal of Instrumentation and Hardware*, 2, 29–37. <https://doi.org/10.53026/inhardware.v2i2.30>
- Ningbo Peacefair Electronic Co., L. (2020). *PZEM-004T V3.0 AC Functional Module User Manual (Specification Version V3.0)*.
- Rahardjo, P. (2022). Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 21(1), 31–34. <https://doi.org/10.24843/mite.2022.v21i01.p05>
- Aulia, R., Gusti Alex Candra, D., & Fauziyyah, A. (2025). Analisa Perancangan Permodelan Basis Data pada Pengembangan System Informasi Pendaftaran Menggunakan Entity Relationship Diagram. *Inventor: Jurnal Inovasi Dan Tren Pendidikan Teknologi Informasi*, 3(3), 100–111. <https://doi.org/10.37630/inventor.v3i3.2682>
- Ruslianto, I., Ristian, U., Hasfani, H., & Sari, K. (2023). Rekayasa Sistem Fotosintesis dan Ekosistem pada Media Aquascape Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Edukasi & Penelitian Informatika*, 9(1), 136–142. <https://doi.org/10.26418/jp.v9i1.61746>
- Simanulang, J. C. S., Achmad Amru, Ikhsan Kamil, Respati Prajna Vashti, & Darul Farah Huzaimi. (2025). Pemanfaatan Power Meter PZEM-004T Berbasis IoT Untuk Pemantauan Daya Listrik Secara Real-Time. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 11(1), 153–159. <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/SNTE/article/view/4043>
- Tarigan, A. A., Rusdi, M., & Sipayung, I. M. (2025). Pengaruh Waktu Penyelesaian Layanan dan Kualitas Hasil Cuci Terhadap Tingkat Kepercayaan Konsumen Laundry Graha Jalan Sisinga Mangaraja Rantauprapt. *Journal of Innovation in Management, Accounting and Business*, 4(1), 111–117. <https://doi.org/10.56916/jimab.v4i1.1290>