



Perancangan *Website* Terintegrasi untuk Sistem Monitoring dan Kontrol Pada Penekan Saklar Otomatis dengan Sistem IoT

Proyek Akhir

Oleh:

Cevin Bryan Ambarita (3232301027)

**Program Studi Teknik Instrumentasi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Proyek Akhir saya yang berjudul: "Perancangan Website Terintegrasi untuk Sistem Monitoring dan Kontrol Pada Penekan Saklar Otomatis dengan Sistem IoT" adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 13 Agustus 2025



Cevin Bryan Ambarita

[Perancangan *Website* Terintegrasi untuk Sistem Monitoring dan Kontrol Pada Penekan Saklar Otomatis dengan Sistem IoT]

Abstrak

Kemajuan teknologi informasi mempermudah kehidupan manusia, namun juga menyebabkan tantangan dalam konsumsi energi listrik yang berlebihan, salah satunya akibat perilaku pengguna yang tidak efisien. Konsumsi energi listrik rumah tangga di Indonesia mencapai 43,35% dari total konsumsi nasional dan terus meningkat. Salah satu penyebab utama adalah penggunaan energi yang tidak efisien, seperti lampu yang tidak dimatikan. Proyek ini menawarkan solusi berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam konsep smart home untuk mengendalikan saklar lampu secara jarak jauh melalui smartphone. Sistem ini memungkinkan pemantauan konsumsi daya dan estimasi biaya secara *real-time*, serta mendukung pengelolaan beberapa perangkat sekaligus. Fitur otomatisasi memungkinkan lampu dimatikan secara otomatis saat tidak dibutuhkan, sehingga mengurangi pemborosan energi. Proyek ini juga berkontribusi pada pengurangan konsumsi energi berbasis fosil dan mendorong pemanfaatan sumber energi terbarukan, sejalan dengan upaya global menciptakan sistem energi yang lebih ramah lingkungan. Tujuan dari proyek ini adalah mengembangkan sistem penekan saklar otomatis berbasis IoT yang memudahkan pengguna dalam mengontrol pencahayaan rumah dengan menggunakan smartphone, meningkatkan efisiensi pengelolaan konsumsi energi listrik, dan menyediakan solusi smart home yang memungkinkan pengendalian perangkat listrik secara jarak jauh. Diharapkan, sistem ini dapat mengurangi pemborosan energi, meningkatkan kesadaran tentang efisiensi energi, dan berkontribusi pada pengelolaan energi yang lebih ramah lingkungan di rumah tangga.

Kata Kunci: *Internet of Things (IoT)*, Efisiensi Energi, *Smart Home*

[Integrated Website Design for Monitoring and Control System on an Automatic Switch Press with an IoT System]

Abstract

Advancements in information technology have made human life easier, but they also pose challenges in the form of excessive electricity consumption, partly due to inefficient user behavior. Household electricity consumption in Indonesia accounts for 43.35% of the total national consumption and continues to increase. One of the main causes is inefficient energy usage, such as lights left on unnecessarily. This project offers an Internet of Things (IoT)–based solution within a smart home concept to remotely control light switches via a smartphone. The system enables real-time monitoring of power consumption and cost estimation, as well as the management of multiple devices simultaneously. Its automation feature allows lights to be turned off automatically when not needed, thereby reducing energy waste. This project also contributes to reducing fossil-based energy consumption and encourages the use of renewable energy sources, in line with global efforts to create a more environmentally friendly energy system. The aim of this project is to develop an IoT-based automatic switch control system that helps users manage home lighting via smartphone, improve the efficiency of electricity consumption management, and provide a smart home solution that enables remote control of electrical devices. It is expected that this system can reduce energy waste, raise awareness of energy efficiency, and contribute to more environmentally friendly energy management in households.

Keywords: Internet of Things (IoT), Energy Efficiency, Smart Home

Kata Pengantar

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus karena berkat dan penyertaan-Nya penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir berjudul “Perancangan *Website* Terintegrasi untuk Sistem Monitoring dan Kontrol pada Penekan Saklar Otomatis dengan Sistem IoT.” Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan mata kuliah Proyek Akhir sekaligus untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik (A.Md.T.) pada Program Studi Teknik Instrumentasi, Politeknik Negeri Batam. Penulis berharap laporan ini bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan juga kepada:

1. Keluarga tercinta atas doa dan dukungannya.
2. Bapak Muhammad Jaka Wimbang Wicaksono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing dan Manajer Proyek atas bimbingan dan arahnya.
3. Rekan-rekan tim PBL-IN2024 atas kerja sama dan dukungannya.
4. Teman-teman Teknik Instrumentasi serta seluruh dosen dan staf yang telah membantu.

Penulis menyadari laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga laporan ini memberi manfaat bagi semua pihak.

Batam, 15 Juli 2025

Cevin Bryan Ambarita

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	Error! Bookmark not defined.
Abstrak	ii
<i>Abstract</i>	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	viii
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	1
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan	2
1.6 <i>Work Breakdown Structure</i>	2
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1 Teknologi yang digunakan	4
2.2 Gambaran Pengembangan Produk	4
2.2.1 Mikrokontroler	4
2.2.2 Sensor PZEM-004T	5
2.2.3 Sensor Infrared Proximity	5
2.2.4 Relay	5
2.2.5 Aplikasi Antarmuka	6
2.2.6 Database	6
2.2.7 Sistem Komunikasi	6
2.2.8 Sistem Perhitungan Daya	7
Bab 3. Metode Pelaksanaan	8
3.1 Perancangan	8
3.1.1 Perancangan Mekanikal	9
3.1.2 Perancangan Elektrikal	10
3.1.3 Perancangan <i>User Interface</i>	11
3.1.4 Perancangan Sistem Kontrol	17
3.2 Pengujian	18
3.2.1 Pengujian Sensor PZEM-004T	18
3.2.2 Pengujian <i>Motion Detection</i>	18
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	19
4.1 Data Hasil Penelitian	19
4.1.1 Data Hasil Pengujian Sensor PZEM-004T	19
4.1.2 Data Hasil Pengujian Motion Detection	22
4.2 Pembahasan	23
4.2.1 Analisis Hasil Pengujian Arus dan Tegangan pada Alat	23

4.2.2 Analisis Hasil Ringkasan Kinerja	24
4.2.3 Analisis Hasil Pengujian Motion Detection pada Alat	24
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran	26
Daftar Pustaka	28
Lampiran	29

Daftar Gambar

Gambar 3.1 Tahap Pelaksanaan Program	8
Gambar 3.2 Desain Mekanikal Kotak Utama	10
Gambar 3.3 Desain Mekanikal Penutup Kotak	10
Gambar 3.4 Perancangan Desain Elektrikal	11
Gambar 3.5 Halaman Intro pada Aplikasi <i>Mobile</i>	12
Gambar 3.6 Halaman <i>Login</i> dan <i>Register</i> pada Aplikasi <i>Mobile</i>	12
Gambar 3.7 Halaman Kontrol dan Monitoring pada Aplikasi <i>Mobile</i>	13
Gambar 3.8 Halaman Edukasi pada Aplikasi <i>Mobile</i>	13
Gambar 3.9 Halaman Profil Akun Pengguna pada Aplikasi <i>Mobile</i>	14
Gambar 3.10 Halaman Utama pada <i>Website</i>	15
Gambar 3.11 Halaman <i>Login</i> pada <i>Website</i>	15
Gambar 3.12 Halaman Kontrol dan Monitoring pada <i>Website</i>	16
Gambar 3.13 Halaman Riwayat Penggunaan pada <i>Website</i>	16
Gambar 3.14 Halaman Profil Pengguna pada <i>Website</i>	17
Gambar 4.1 Grafik Data Pengujian Nilai Arus sebelum Kalibrasi	19
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Nilai Arus Setelah Kalibrasi	20
Gambar 4.3 Grafik Nilai Tegangan	21

Daftar Tabel

Tabel 1.1 Tabel WBS	2
Tabel 4.1 Pengujian Nilai Arus Sensor PZEM-004T sebelum Kalibrasi	19
Tabel 4.2 Hasil Data Pengujian Nilai Tegangan	20
Tabel 4.3 Hasil Data Pengujian Nilai Arus Setelah Kalibrasi	20
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Nilai Arus pada Alat	21
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Nilai Tegangan pada Alat	21
Tabel 4.6 Tabel Ringkasan Kinerja	22
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian <i>Motion Detection</i> dengan Sensor <i>Infrared</i> ..	22

Bab 1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi informasi mempermudah kehidupan manusia, namun juga menimbulkan tantangan seperti pemborosan energi listrik akibat perilaku pengguna. Konsumsi energi listrik rumah tangga di Indonesia mencapai 43,35% dari total konsumsi nasional dan terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan ekonomi. Salah satu penyebab utamanya adalah penggunaan energi yang tidak efisien, seperti lampu yang tidak dimatikan [1].

Proyek ini menawarkan solusi berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam konsep smart home untuk mengendalikan saklar lampu secara jarak jauh melalui smartphone. Sistem ini memungkinkan pemantauan konsumsi daya dan estimasi biaya secara *real-time*, serta mendukung pengelolaan beberapa perangkat sekaligus. Fitur otomatisasi memungkinkan lampu dimatikan secara otomatis saat tidak dibutuhkan, sehingga mengurangi pemborosan energi.

Selain efisiensi energi, proyek ini juga mendukung pengurangan konsumsi energi berbasis fosil dan mendorong pemanfaatan sumber energi terbarukan, sejalan dengan upaya global menciptakan sistem energi yang lebih ramah lingkungan [2].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam proyek ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengembangkan sistem penekan saklar otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengguna mengontrol pencahayaan rumah secara jarak jauh dengan menggunakan perangkat digital seperti smartphone?
2. Bagaimana cara sistem penekan saklar otomatis ini memberikan kontrol dan pemantauan konsumsi daya secara *real-time* untuk mengoptimalkan penggunaan energi di rumah tangga?
3. Apa dampak dari penerapan teknologi *smart home* berbasis IoT terhadap kenyamanan dan efisiensi dalam kehidupan sehari-hari?

1.3 Tujuan

Tujuan dari proyek ini adalah untuk mengembangkan sistem penekan saklar otomatis berbasis IoT yang dapat mencapai hal-hal berikut:

1. Mengembangkan sistem penekan saklar otomatis berbasis IoT untuk memudahkan pengguna dalam mengontrol pencahayaan di rumah dengan menggunakan aplikasi *smartphone* atau perangkat digital lainnya.
2. Meningkatkan efisiensi pengelolaan konsumsi energi listrik di rumah dengan menyediakan pemantauan dan kontrol otomatis terhadap saklar lampu secara *real-time*.
3. Menyediakan solusi *smart home* yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol perangkat listrik jarak jauh, meningkatkan kenyamanan dan penghematan energi.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari sistem ini antara lain:

1. Memudahkan pemantauan dan pengendalian penggunaan energi listrik di rumah tangga untuk mengurangi pemborosan.
2. Menyediakan kemudahan dalam mengontrol perangkat pencahayaan rumah tangga dari jarak jauh.
3. Meningkatkan pemahaman dan kesadaran masyarakat tentang pengelolaan energi yang efisien.

1.5 Batasan

Adapun batasan yang ditetapkan dalam proyek ini adalah sebagai berikut:

1. Alat yang dikembangkan berupa satu unit perangkat yang dapat diakses oleh semua pengguna (user) dan admin.
2. Pengguna dapat mengakses dan mengontrol perangkat melalui aplikasi *mobile* dan website dengan hak akses yang berbeda.
3. Alat yang dibuat tidak mencakup pengontrolan lebih dari satu perangkat, melainkan hanya satu alat yang dapat diakses oleh banyak pengguna.

1.6 Work Breakdown Structure

Tabel 1.1 Tabel WBS

No	Nama	Tugas dan Tanggung Jawab dalam Tim
1	Nabila Casta Fadya	Rancang bangun Aplikasi <i>Mobile</i> pada Penekan Saklar dengan Sistem <i>Internet of Things</i>
2	Esra Erika Nainggolan	Rancang Bangun Elektrikal dan sistem akuisisi data sensor pada Penekan Saklar dengan Sistem <i>Internet of</i>

		<i>Things</i>
3	Cevin Bryan Ambarita	Rancang bangun Mekanikal dan pemograman interface website pada Penekan Saklar dengan Sistem <i>Internet of Things</i>

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1 Teknologi yang digunakan

Teknologi yang digunakan dalam alat penekan saklar otomatis berbasis IoT dirancang untuk memberikan sistem yang efisien, responsif, dan mudah dikendalikan. Komponen utama alat ini yaitu mikrokontroler ESP32, yang memiliki konektivitas *Wi-Fi* dan *Bluetooth*, berfungsi sebagai pusat pengendali seluruh operasi perangkat, termasuk komunikasi dengan aplikasi *mobile* dan *website*. Perangkat ini juga dilengkapi dengan sensor PZEM-004T untuk mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan daya secara *real-time*.

Sistem saklar yang digunakan berupa teknologi touchless berbasis sensor infrared proximity, yang memungkinkan pendeteksian gerakan tanpa sentuhan. Ketika sensor mendeteksi pergerakan, sinyal dikirimkan ke ESP32 untuk mengaktifkan atau menonaktifkan lampu melalui modul relay. Selain perangkat keras, teknologi antarmuka juga dikembangkan menggunakan Android Studio, memungkinkan pengguna mengontrol perangkat secara langsung melalui aplikasi *mobile*. Data dari sensor disimpan dalam database, mendukung pemantauan dan analisis penggunaan listrik. Pengguna juga dapat mengakses sistem melalui website, memberikan fleksibilitas dalam pengoperasian baik melalui ponsel maupun komputer.

2.2 Gambaran Pengembangan Produk

2.2.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler yang akan digunakan pada alat ini yaitu ESP32. ESP32 merupakan mikrokontroler yang dilengkapi prosesor *dual-core Tensilica Xtensa LX6*, dengan kemampuan *wi-fi* dan *bluetooth* untuk mendukung konektivitas IoT. Ukuran kompaknya (25,5x18x2,8 mm) dan memori yang luas, termasuk ROM 448KB dan SRAM 520KB, memungkinkan pemrosesan data yang efisien. ESP32 juga mendukung memori eksternal hingga 64MB, menjadikannya solusi ideal untuk aplikasi yang membutuhkan performa tinggi [3].

Pemrograman mikrokontroler dilakukan pada perangkat lunak Arduino IDE. Arduino IDE adalah perangkat lunak pemrograman yang dikembangkan menggunakan bahasa Java, dengan pustaka C/C++ untuk mempermudah

pengelolaan perangkat keras. IDE ini menyediakan antarmuka sederhana untuk menyusun, mengedit, dan mengunggah kode ke mikrokontroler, menjadikannya alat penting dalam pengembangan sistem berbasis Arduino [4].

2.2.2 Sensor PZEM-004T

Sensor arus yang digunakan yaitu sensor PZEM-004T, sensor ini dapat berfungsi sebagai pengukur tegangan, arus, daya, dan konsumsi listrik (Wh). Sensor ini mendukung komunikasi data serial melalui antarmuka UART dan dilengkapi papan pin TTL untuk koneksi perangkat keras lainnya. Keunggulan sensor ini meliputi catu daya 5V, kemampuan pembersihan listrik, dan dukungan koneksi dengan layar LCD atau LED, sehingga mempermudah monitoring energi secara *real-time* [4].

2.2.3 Sensor Infrared Proximity

Sensor jarak yang akan digunakan pada alat ini yaitu sensor Infrared. Sensor infrared merupakan perangkat yang dikembangkan oleh peneliti sebagai alat untuk mengukur kelincahan. Alat ini dinilai efektif karena dapat langsung merekam data yang tampil pada layar monitor. Dari segi efisiensi waktu, tenaga, dan biaya, penggunaan sensor infrared lebih menguntungkan, karena memberikan hasil yang akurat dengan biaya yang relatif terjangkau. Teknologi ini memungkinkan sensor untuk mengaktifkan atau menonaktifkan saklar secara otomatis tanpa memerlukan kontak fisik dengan saklar, sehingga meningkatkan efisiensi dan kenyamanan penggunaannya [5].

2.2.4 Relay

Relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengontrol aliran listrik ke lampu dalam sistem kendali berbasis *Internet of Things* [6]. Dalam sistem ini, relay berperan sebagai aktuator utama untuk kontrol lampu: ketika aplikasi *mobile* atau website mengirimkan perintah, ESP32 akan mengaktifkan coil relay sehingga sirkuit lampu tertutup (*ON*), dan sebaliknya untuk mematikan lampu (*OFF*). Dengan demikian, relay memungkinkan ESP32 mengendalikan beban arus tinggi tanpa langsung mengalirkannya melalui GPIO, menjaga keamanan dan kestabilan sistem. Selain itu, relay juga mendukung kontrol manual melalui sensor infrared proximity; meskipun relay dioperasikan melalui sensor, status *ON/OFF*

tetap disinkronkan ke aplikasi *mobile* dan website, memastikan integritas data dan konsistensi kendali sistem.

2.2.5 Aplikasi Antarmuka

2.2.5.1 Website

Aplikasi antarmuka yang digunakan dalam merancang *website* pada system ini adalah Visual Studio Code. Visual Studio Code adalah perangkat lunak editor kode yang mendukung berbagai bahasa pemrograman seperti JavaScript, HTML, CSS, PHP, Python, dan C++. Program ini dapat dijalankan di sistem operasi seperti Windows, macOS, dan Linux, serta memiliki fitur Live Share yang memungkinkan kolaborasi antar pengembang dari lokasi yang berbeda. Bahasa yang digunakan untuk menyusun struktur dasar halaman web merupakan bahasa HTML yang terdiri dari tag-tag yang diterjemahkan oleh browser untuk menampilkan halaman sesuai format yang ditentukan. Sementara itu, bahasa yang digunakan untuk menata dan mendekorasi tampilan halaman web, mengatur elemen-elemen seperti warna, font, dan layout, serta menciptakan desain responsif dan efek visual seperti animasi dan transisi yang halus merupakan bahasa CSS [1].

2.2.5.2 Aplikasi Mobile

Aplikasi *mobile* yang akan digunakan pada alat ini adalah Android Studio. Android Studio merupakan sebuah platform pengembangan berbasis Linux yang mendukung pemrograman Java dan Kotlin. Penggunaan XML untuk tata letak memungkinkan desain antarmuka yang fleksibel. Komponen seperti *Activity*, *Fragment*, dan *Intent* mendukung interaksi antarmuka dan komunikasi antar-komponen, memudahkan pengembangan aplikasi yang intuitif dan efisien [7].

2.2.6 Database

Data pengguna dan hasil pengukuran sensor disimpan menggunakan Firebase yang mendukung sinkronisasi data waktu nyata. Firebase menyediakan layanan autentikasi, penyimpanan data besar seperti gambar dan video, serta pelaporan kerusakan aplikasi melalui Crash Reporting, sehingga mendukung pengelolaan data yang efisien dan aman [8].

2.2.7 Sistem Komunikasi

Sistem komunikasi yang digunakan pada alat ini memanfaatkan modul ESP32 yang terintegrasi dengan jaringan *Wi-Fi*. ESP32 berperan

sebagai pengirim data secara *real-time* ke database yang terkoneksi dengan aplikasi *mobile* dan website. Data yang dikirim merupakan hasil pembacaan sensor PZEM, yang mencakup parameter listrik seperti arus, tegangan, daya (watt), energi (kWh), dan estimasi biaya penggunaan listrik. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan kontrol lampu berbasis relay yang dapat diakses melalui aplikasi *mobile* dan website. Meskipun relay juga dapat diaktifkan secara manual menggunakan sensor *infrared proximity*, status nyala atau mati lampu tetap disinkronkan dan diperbarui secara otomatis pada aplikasi dan *website* untuk menjaga konsistensi kontrol dan monitoring jarak jauh.

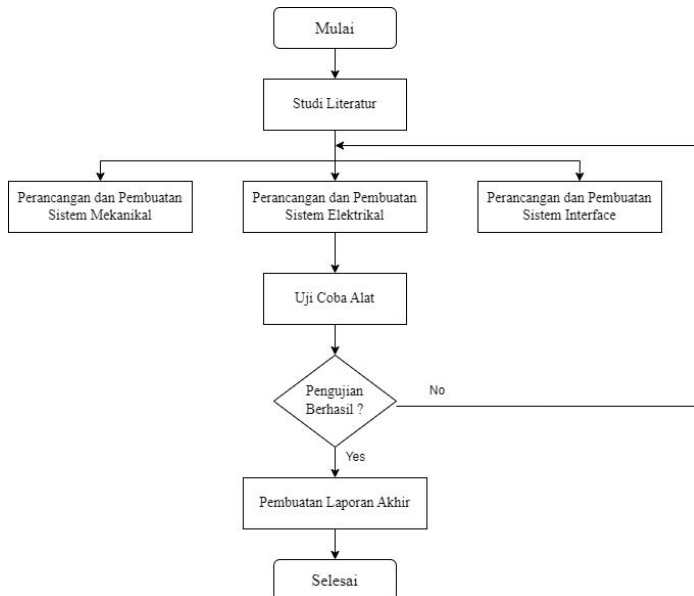
2.2.8 Sistem Perhitungan Daya

Sistem ini dirancang untuk mengoptimalkan efisiensi penggunaan energi dengan meminimalkan konsumsi daya berlebih. Pengendalian beban listrik yang efisien memungkinkan penghematan biaya operasional dan mendukung keberlanjutan lingkungan. Pendekatan ini mengutamakan penggunaan daya secara optimal tanpa mengurangi kinerja perangkat [9].

Bab 3. Metode Pelaksanaan

3.1 Perancangan

Pada bagian Perencanaan Penekan Saklar Otomatis, alat yang dikembangkan terdiri dari dua komponen utama, yaitu *hardware* dan *software*, yang bekerja secara sinergis untuk mewujudkan sistem kendali saklar otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Berikut penjelasan lebih lanjut mengenai masing-masing komponen:



Gambar 3.1 Tahap Pelaksanaan Program

Proses pelaksanaan proyek ini diawali dengan tahap mulai, yang menandai inisiasi kegiatan penelitian atau pengembangan perangkat. Langkah pertama setelah inisiasi adalah studi literatur, yang memiliki peranan penting dalam memberikan landasan teoritis dan referensi empiris terkait perancangan sistem. Studi ini mencakup penelusuran pustaka mengenai prinsip kerja komponen mekanikal, sistem elektrikal, serta perangkat lunak *interface* yang akan digunakan. Informasi dari tahap ini menjadi acuan dalam tahapan-tahapan perancangan berikutnya.

Tahap selanjutnya adalah perancangan dan pembuatan sistem, yang terbagi menjadi tiga subsistem utama: mekanikal, elektrikal, dan interface. Masing-masing subsistem dirancang secara terintegrasi namun dapat

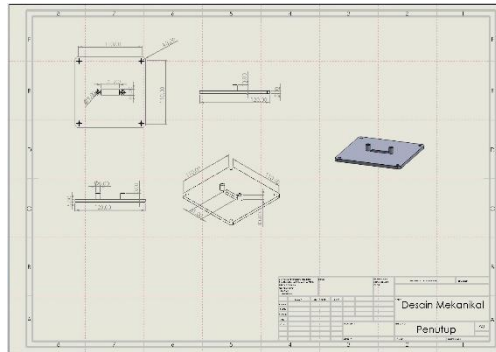
dikembangkan secara paralel. Sistem mekanikal berkaitan dengan struktur fisik dan mekanisme alat, sistem elektrik melibatkan rangkaian komponen elektronik serta sumber daya, sedangkan sistem interface mencakup pengembangan perangkat lunak atau antarmuka pengguna yang memungkinkan interaksi antara alat dan pengguna. Ketiga sistem ini dikembangkan berdasarkan acuan dari studi literatur sebelumnya dan dipersiapkan untuk integrasi ke dalam satu kesatuan alat.

Setelah ketiga sistem selesai dikembangkan, tahap berikutnya adalah uji coba alat. Uji coba ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh subsistem berfungsi dengan baik secara individu maupun ketika digabungkan menjadi sistem utuh. Proses ini bersifat iteratif, dengan evaluasi menyeluruh terhadap performa alat berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Hasil uji coba akan digunakan sebagai dasar untuk menentukan keberhasilan pengujian.

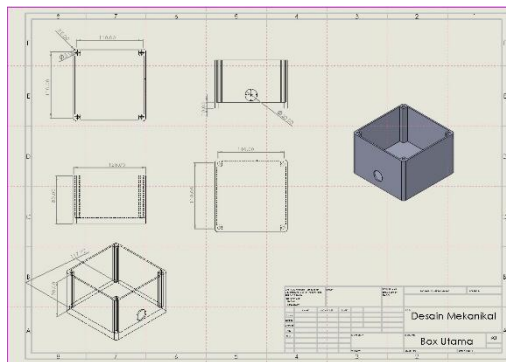
Keputusan mengenai keberhasilan pengujian menjadi titik kritis dalam proses ini. Jika alat tidak berhasil melewati pengujian, maka dilakukan kembali studi literatur untuk meninjau kemungkinan kesalahan dalam desain atau implementasi, diikuti oleh revisi pada tahap perancangan sistem. Siklus ini dapat berlangsung berulang hingga pengujian dinyatakan berhasil. Jika pengujian berhasil, maka proses dilanjutkan ke tahap akhir, yaitu pembuatan laporan akhir. Laporan ini berisi dokumentasi lengkap seluruh proses, mulai dari studi literatur, perancangan sistem, uji coba, hingga hasil akhir. Laporan akhir juga menjadi bentuk pertanggungjawaban akademik atas kegiatan yang telah dilakukan. Setelah laporan selesai, maka proyek dinyatakan selesai.

3.1.1 Perancangan Mekanikal

Perancangan perangkat keras dalam proyek ini dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks untuk mempermudah proses pencetakan alat yang akan dikembangkan. Desain mekanikal terdiri dari dua bagian, yaitu kotak utama yang berfungsi sebagai wadah untuk menempatkan seluruh komponen sistem, dan penutup yang memiliki lubang di bagian tengah yang disesuaikan dengan ukuran sensor *infrared proximity*. Lubang ini memungkinkan sensor bekerja optimal tanpa terhalang material penutup. Penutup tersebut dipasang untuk melindungi komponen internal sekaligus menjaga tampilan perangkat tetap rapi dan kokoh. Hasil rancangan kemudian dicetak menggunakan teknologi *3D Printing*, dengan material *PLA Filament* sebagai bahan utama karena memiliki sifat ringan, cukup kuat, dan ramah lingkungan. Berikut merupakan desain mekanikal yang telah dibuat:



Gambar 3.3 Desain Mekanikal Penutup Kotak

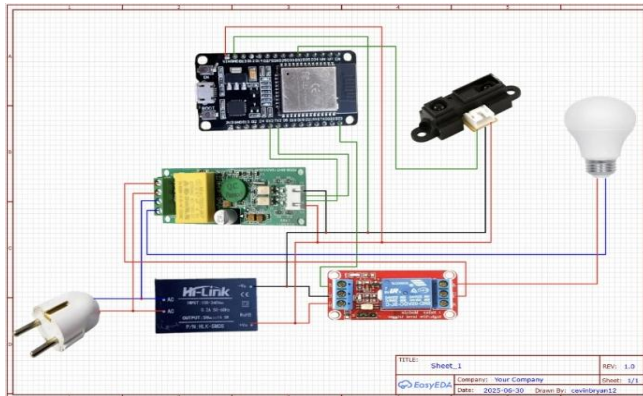


Gambar 3.2 Desain Mekanikal Kotak Utama

3.1.2 Perancangan Eletrikal

Perancangan sistem elektrikal merupakan salah satu tahap krusial dalam pengembangan alat pada proyek ini. Proses perancangan dimulai dengan pemilihan komponen yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan spesifik proyek. Komponen utama yang digunakan dalam proyek ini antara lain ESP32 yang berfungsi sebagai mikrokontroler, serta sensor PZEM-004T yang berperan sebagai pendeteksi arus listrik. Sensor ini mengirimkan data pengukuran arus ke ESP32, yang selanjutnya menyimpan informasi tersebut dalam basis data dan menampilkan nilai arus yang terdeteksi beserta perkiraan biaya yang dikeluarkan oleh pengguna pada aplikasi *mobile*. Selain itu, proyek ini juga mengintegrasikan sensor *infrared proximity* yang berfungsi sebagai *motion detector*, yang menggantikan fungsi saklar sentuh (*touchless switch*). Sensor ini mendeteksi pergerakan dan mengirimkan

sinyal ke ESP32, yang kemudian menginstruksikan relay untuk menghidupkan atau mematikan lampu. Relay ini bertindak sebagai pengganti saklar lampu, bekerja dengan cara memutus atau menyambungkan aliran listrik sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh mikrokontroler.



Gambar 3.4 Perancangan Desain Elektrikal

3.1.3 Perancangan *User Interface*

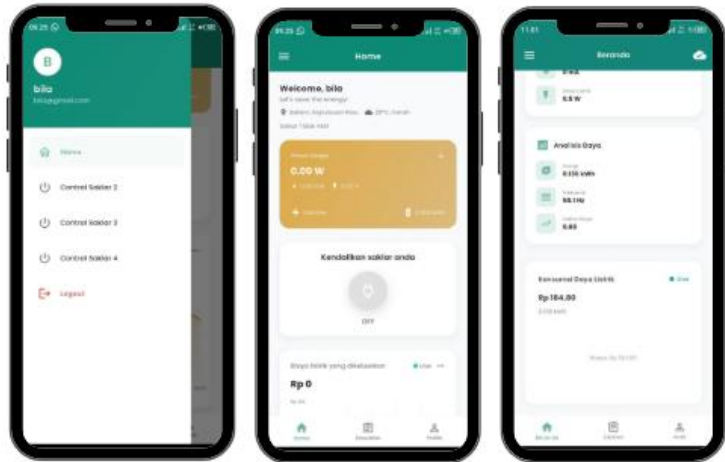
Pada proyek ini, antarmuka dirancang menggunakan Android Studio untuk aplikasi *mobile*, serta Visual Studio Code untuk pengembangan website, sebagai implementasi konsep *Internet of Things* (IoT) dalam sistem alat ini. Aplikasi *mobile* memiliki halaman login sebagai pintu masuk utama bagi pengguna. Setelah berhasil masuk, pengguna akan diarahkan ke halaman utama yang menyediakan tombol untuk menghidupkan atau mematikan saklar, memantau arus listrik yang digunakan, serta melihat estimasi biaya konsumsi energi. Aplikasi ini juga dilengkapi dengan menu edukasi yang berisi artikel seputar penggunaan listrik rumah tangga, dengan tujuan meningkatkan pengetahuan pengguna mengenai penghematan energi. Berikut merupakan desain antarmuka yang telah dikembangkan untuk aplikasi *mobile* dalam sistem ini:



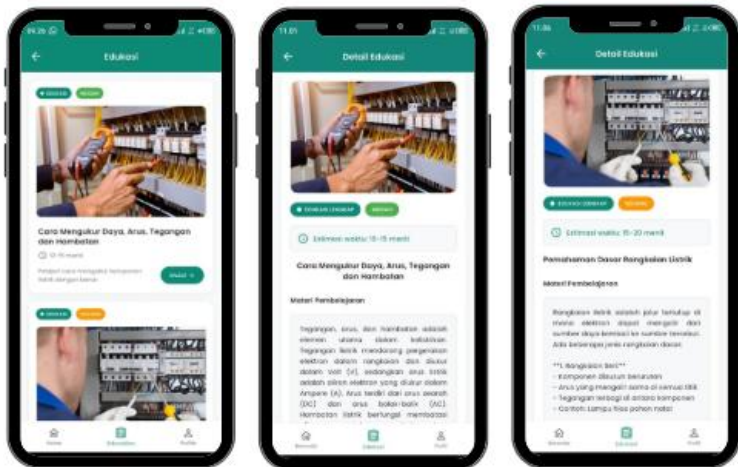
Gambar 3.5 Halaman Intro pada Aplikasi *Mobile*



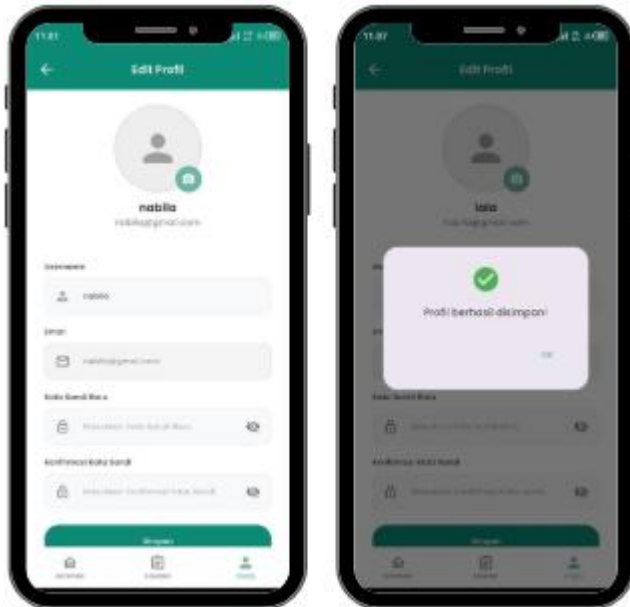
Gambar 3.6 Halaman *Login* dan *Register* pada Aplikasi *Mobile*



Gambar 3.7 Halaman Kontrol dan Monitoring pada Aplikasi *Mobile*

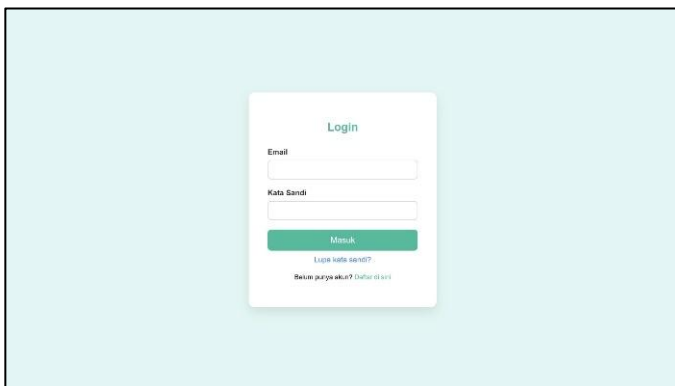
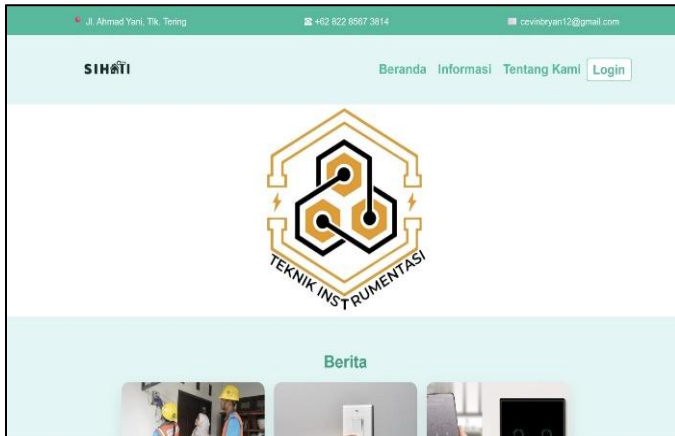


Gambar 3.8 Halaman Edukasi pada Aplikasi *Mobile*



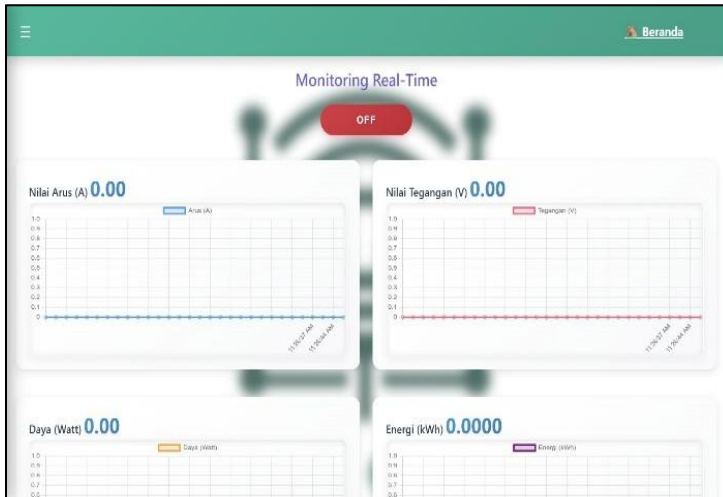
Gambar 3.9 Halaman Profil Akun Pengguna pada Aplikasi *Mobile*

Sementara itu, versi *website* dilengkapi dengan menu *history* yang berfungsi untuk menampilkan riwayat penggunaan listrik secara lengkap, termasuk data monitoring yang dapat difilter berdasarkan rentang waktu tertentu. Fitur ini memudahkan pengguna untuk meninjau pola konsumsi energi dalam periode harian, mingguan, maupun bulanan. Dengan kombinasi aplikasi *mobile* untuk kendali dan monitoring secara langsung, serta *website* untuk analisis riwayat penggunaan, sistem ini memberikan pengalaman pengelolaan energi yang lebih menyeluruh dan efisien. Berikut adalah desain antarmuka yang telah dikembangkan untuk *website* dalam sistem ini:

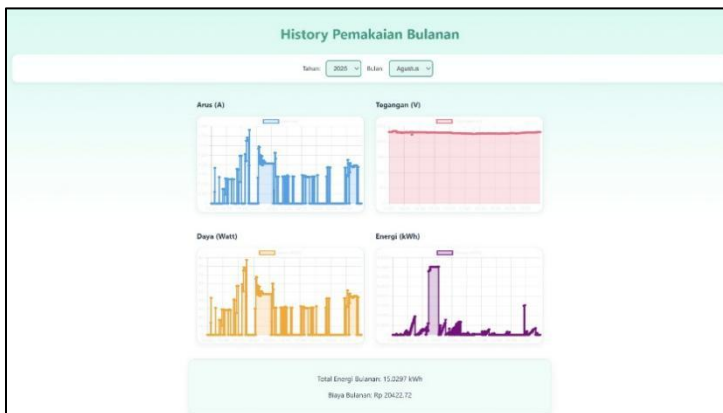


Gambar 3.11 Halaman *Login* pada *Website*

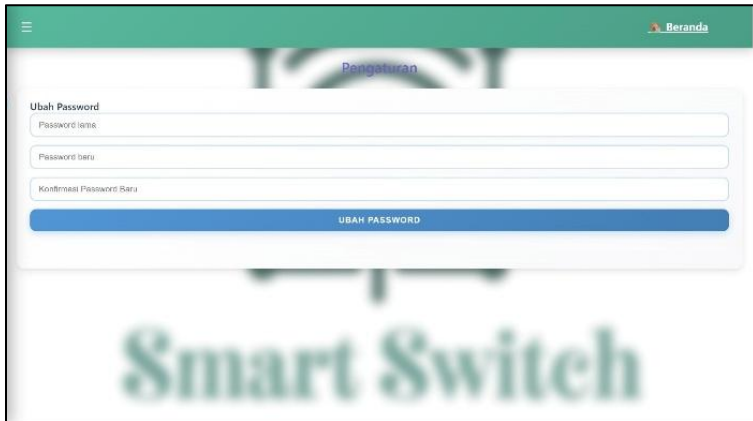
Gambar 3.10 Halaman *Utama* pada *Website*



Gambar 3.12 Halaman Kontrol dan Monitoring pada *Website*



Gambar 3.13 Halaman Riwayat Penggunaan pada *Website*



Gambar 3.14 Halaman Profil Pengguna pada *Website*

3.1.4 Perancangan Sistem Kontrol

Perancangan sistem kontrol dalam proyek ini bertujuan untuk mengatur aliran informasi antara perangkat keras (sensor, mikrokontroler, relay) dan antarmuka pengguna (aplikasi *mobile* dan *website*). Sistem kontrol yang digunakan mengandalkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data dan pengendali utama. Sensor PZEM-004T berfungsi untuk mendeteksi arus listrik yang digunakan, sementara sensor infrared proximity bertugas mendeteksi gerakan sebagai pengganti saklar sentuh. Data yang diperoleh dari sensor-sensor ini dikirimkan ke ESP32, yang kemudian memproses dan mengirimkan informasi tersebut ke aplikasi *mobile* atau *website*. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau penggunaan listrik, menghidupkan atau mematikan lampu, serta menghitung perkiraan biaya berdasarkan data yang terkumpul. Selain itu, ESP32 juga berkomunikasi dengan relay untuk mengontrol status lampu secara otomatis berdasarkan deteksi gerakan. Sistem ini mengintegrasikan elemen-elemen perangkat keras dan perangkat lunak secara efisien, dengan pemrograman yang memastikan kontrol yang tepat dan responsif.

Topologi Star adalah jenis topologi jaringan di mana perangkat-perangkat periferal (seperti mikrokontroler ESP32, sensor, dan relay) terhubung secara langsung ke satu pusat kendali, yang dalam hal ini adalah server atau gateway IoT. Dalam topologi ini, setiap perangkat yang terhubung tidak saling berkomunikasi langsung, tetapi semua komunikasi dilakukan melalui pusat kendali tersebut. Pusat kendali bertugas untuk mengumpulkan data, mengelola instruksi, dan kemudian mengirimkan hasil atau perintah kembali ke perangkat yang relevan [10].

Pada implementasi sistem ini, ESP32 bertindak sebagai perangkat perifer yang terhubung ke pusat kendali (server) melalui koneksi internet. Setiap ESP32 mengumpulkan data dari sensor-sensor yang terhubung dan mengirimkan data tersebut ke server untuk dianalisis. Setelah data diproses, server akan menampilkan hasilnya dalam aplikasi *mobile* atau website, serta memberi instruksi untuk menghidupkan atau mematikan lampu melalui relay. Pusat kendali dalam hal ini tidak hanya berfungsi untuk menyimpan dan menampilkan data, tetapi juga mengelola komunikasi antara berbagai perangkat melalui protokol komunikasi yang sesuai [10].

Implementasi topologi star pada alat ini memastikan sistem yang terstruktur dan mudah diatur. Setiap perangkat yang terhubung (misalnya, ESP32, sensor, relay) dapat diakses dan dikelola dari pusat kendali tanpa saling bergantung satu sama lain. Hal ini meningkatkan skalabilitas, karena penambahan perangkat baru hanya memerlukan koneksi ke server pusat tanpa mengubah struktur komunikasi yang sudah ada. Selain itu, jika salah satu perangkat mengalami kegagalan, perangkat lainnya tetap dapat berfungsi normal tanpa gangguan besar pada keseluruhan sistem. Dengan demikian, topologi star memastikan kemudahan dalam pengelolaan dan pemeliharaan sistem, serta meningkatkan kinerja dan reliabilitas alat secara keseluruhan [10].

3.2 Pengujian

3.2.1 Pengujian Sensor PZEM-004T

Pengujian sensor PZEM-004T dilakukan untuk memastikan keakuratan dalam mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, dan daya pada alat ini. Sensor dihubungkan dengan beban listrik dan mikrokontroler ESP32, lalu hasil pengukuran dibandingkan dengan alat ukur standar sebagai acuan. Hasil pengujian sensor yang menunjukkan bahwa sensor bekerja secara stabil dan memberikan data yang cukup akurat untuk dipantau secara *real-time* melalui aplikasi.

3.2.2 Pengujian *Motion Detection*

Pengujian fitur *motion detection* bertujuan untuk mengevaluasi respons sensor *infrared proximity* dalam mendeteksi gerakan di sekitar saklar otomatis. Sensor diuji dengan memberikan variasi jarak dan intensitas gerakan untuk mengetahui tingkat sensitivitas dan kecepatan respon terhadap perubahan di sekitarnya. Hasilnya menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi gerakan dengan baik dan mengirimkan sinyal ke ESP32 untuk mengaktifkan atau menonaktifkan saklar secara otomatis sesuai skenario yang telah ditentukan.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

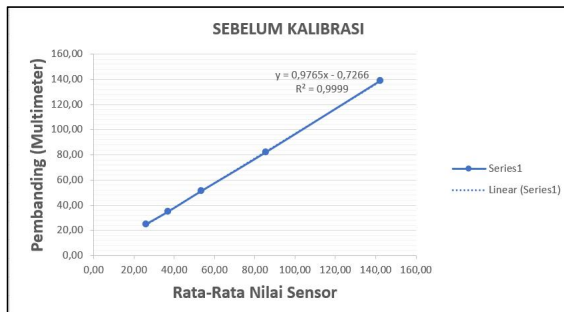
4.1 Data Hasil Penelitian

4.1.1 Data Hasil Pengujian Sensor PZEM-004T

4.1.1.1 Data Pengujian Nilai Arus Sebelum Kalibrasi

Tabel 4.1 Pengujian Nilai Arus Sensor PZEM-004T sebelum Kalibrasi

WATT	No	Nilai Arus (mA)										Rata Rata	Error (%)
		Multimeter	Serial Monitor										
			Per (1)	Per (2)	Per (3)	Per (4)	Per (5)	Per (6)	Per (7)	Per (8)	Per (9)	Per (10)	
3	1	25.12	26.00	25.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	25.90	3.11
5	2	35.00	36.00	36.00	35.00	36.00	38.00	35.00	38.00	38.00	38.00	36.80	5.14
8	3	51.46	53.00	54.00	54.00	53.00	54.00	53.00	53.00	54.00	53.00	53.50	3.96
14	4	82.20	86.00	86.00	86.00	86.00	84.00	86.00	86.00	84.00	86.00	85.60	4.14
18	5	138.70	141.00	143.00	143.00	141.00	141.00	143.00	143.00	143.00	143.00	142.40	2.67



Gambar 4.1 Grafik Data Pengujian Nilai Arus sebelum Kalibrasi

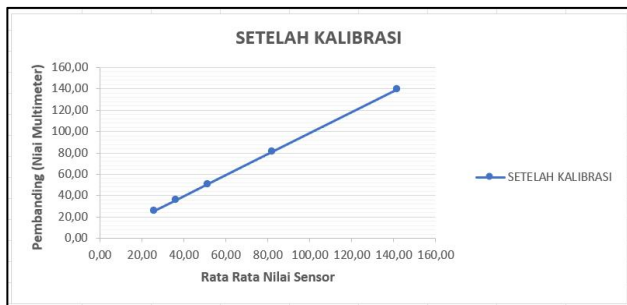
Berdasarkan tabel 4.1, diketahui bahwa hasil pengukuran arus dari sensor PZEM-004T sebelum dikalibrasi memiliki persentase nilai *error* sebesar 2-5%. Dan grafik pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa hubungan rata-rata nilai arus sensor PZEM-004T dan multimeter sebelum kalibrasi, dengan persamaan regresi $y = 0,9765x - 0,7266$.

4.1.1.2 Data Pengujian Nilai Arus Setelah Kalibrasi

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengukuran arus sensor PZEM-004T setelah kalibrasi, dengan persentase *error* yang menurun menjadi 1,20%–1,74%. Hal ini menunjukkan bahwa akurasi sensor meningkat dibandingkan sebelum kalibrasi. Gambar 4.2 menampilkan grafik hubungan rata-rata nilai arus sensor PZEM-004T dengan multimeter setelah kalibrasi.

Tabel 4.3 Hasil Data Pengujian Nilai Arus Setelah Kalibrasi

SETELAH KALIBRASI ARUS														
WATT	No	Nilai Arus (mA)										Rata Rata	Error (%)	
		Multimeter	Serial Monitor											
			Per (1)	Per (2)	Per (3)	Per (4)	Per (5)	Per (6)	Per (7)	Per (8)	Per (9)			Per (10)
3	1	25,53	25,64	26,62	25,64	25,64	26,62	25,64	25,64	25,64	25,64	25,84	1,20	
5	2	35,47	35,40	36,38	35,40	36,38	35,40	36,38	36,38	36,38	36,38	36,09	1,74	
8	3	50,75	51,03	51,03	52,98	51,03	51,03	51,03	51,03	52,98	51,03	51,42	1,32	
14	4	80,90	81,30	81,30	82,28	82,28	82,28	81,30	82,28	82,28	82,28	81,99	1,34	
18	5	139,40	140,87	140,87	140,87	142,82	142,82	140,87	140,87	140,87	142,82	141,65	1,61	

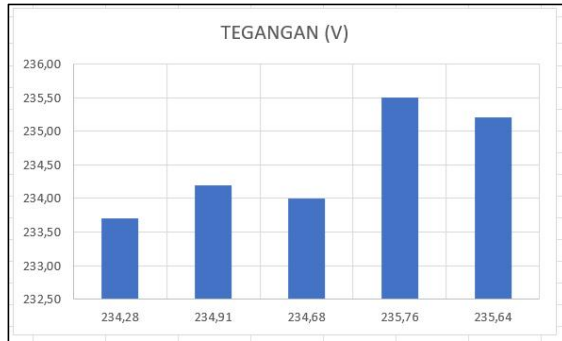
**Gambar 4.2** Grafik Pengujian Nilai Arus Setelah Kalibrasi

4.1.1.3 Data Pengujian Nilai Tegangan

Tabel 4.2 Hasil Data Pengujian Nilai Tegangan

Tegangan(V)														
WATT	No	Nilai Tegangan (V)											Rata Rata	Error (%)
		Multimeter	Serial Monitor											
			Per (1)	Per (2)	Per (3)	Per (4)	Per (5)	Per (6)	Per (7)	Per (8)	Per (9)	Per (10)		
3	1	233,70	233,80	233,80	234,20	234,20	234,30	234,20	234,50	234,20	234,80	234,80	234,28	0,25
5	2	234,20	234,60	234,60	234,70	235,10	235,10	235,10	234,50	235,10	235,10	235,20	234,91	0,30
8	3	234,00	234,80	234,80	234,70	234,60	234,70	234,80	234,70	234,60	234,50	234,60	234,68	0,29
14	4	235,50	235,70	235,60	235,90	235,60	236,00	236,00	235,90	235,60	235,70	235,60	235,76	0,11
18	5	235,20	235,70	235,60	235,60	235,80	235,70	235,50	235,60	235,70	235,70	235,50	235,64	0,19

Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengukuran tegangan sensor PZEM-004T dengan persentase error berkisar antara 0,11% hingga 0,29%. Grafik pada gambar 4.3 menampilkan rata-rata hasil pengukuran tegangan, yang menunjukkan bahwa nilai tegangan berada pada kisaran stabil 234–236 V.



Gambar 4.3 Grafik Nilai Tegangan

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Nilai Arus pada Alat

WATT	Arus (A)										Rata Rata
	Per (1)	Per (2)	Per (3)	Per (4)	Per (5)	Per (6)	Per (7)	Per (8)	Per (9)	Per (10)	
3,3	0,028	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
4,6	0,035	0,036	0,037	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,035
6,6	0,048	0,048	0,053	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,049
10,8	0,082	0,08	0,08	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,078	0,084	0,080
18,4	0,135	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134	0,133	0,133	0,134

4.1.1.4 Data Hasil Pengujian Arus pada Alat

Tabel 4.4 menyajikan hasil pengujian arus pada lima variasi daya, dengan masing-masing variasi dilakukan sepuluh kali pengukuran. Hasil rata-rata menunjukkan adanya peningkatan arus seiring bertambahnya daya, yaitu dari 0,024 A pada daya 3,3 W hingga mencapai 0,134 A pada daya 18,4 W.

4.1.1.5 Data Hasil Pengujian Tegangan pada Alat

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Nilai Tegangan pada Alat

WATT	Tegangan (V)										Rata Rata
	Per (1)	Per (2)	Per (3)	Per (4)	Per (5)	Per (6)	Per (7)	Per (8)	Per (9)	Per (10)	
3,3	238,3	238,3	238,3	238,2	237,8	238	237,7	237,8	238	237,8	238,02
4,6	237,7	237,3	237,3	237,3	237,6	237,5	237,7	237,8	237,8	237,2	237,52
6,6	237,5	237,5	237,9	237,6	237,3	237,6	237,6	237,3	237,3	236,8	237,44
10,8	237,3	237,6	237,6	237,6	237,5	237,9	237,6	237,7	237,7	237,3	237,58
18,4	238,2	238,2	238	238,1	238,1	238,1	238,2	238,1	237,8	237,3	238,01

Tabel 4.5 menyajikan hasil pengujian tegangan pada lima variasi daya, dengan masing-masing variasi dilakukan sepuluh kali pengukuran. Hasil rata-rata menunjukkan bahwa tegangan relatif stabil pada setiap variasi daya, dengan rentang nilai antara 237,44 V hingga 238,02 V.

Tabel 4.6 Tabel Ringkasan Kinerja

No	Keterangan	Beban (W)	Serial Monitor (Sensor)	Multimeter	Selisih	Error
1	Arus Sebelum Kalibrasi	3	25,90	25,12	0,78	3,11
2		5	36,80	35,00	1,80	5,14
3		8	53,50	51,46	2,04	3,96
4		14	85,60	82,20	3,40	4,14
5		18	142,40	138,70	3,70	2,67
1	Arus Setelah Kalibrasi	3	25,84	25,53	0,31	1,21
2		5	36,09	35,47	0,62	1,75
3		8	51,42	50,75	0,67	1,32
4		14	81,99	80,90	1,09	1,35
5		18	141,65	139,40	2,25	1,61
1	Tegangan	3	234,28	233,70	0,58	0,25
2		5	234,91	234,20	0,71	0,30
3		8	234,68	234,00	0,68	0,29
4		14	235,76	235,50	0,26	0,11
5		18	235,64	235,20	0,44	0,19
1	Arus Pada Alat	3,3	24,00	25,84	-1,84	-7,12
2		4,6	35,00	36,09	-1,09	-3,02
3		6,6	49,00	51,42	-2,42	-4,71
4		10,8	80,00	81,99	-1,99	-2,43
5		18,4	134,00	141,65	-7,65	-5,40
1	Tegangan Pada Alat	3,3	238,02	234,28	3,74	1,60
2		4,6	237,52	234,91	2,61	1,11
3		6,6	237,44	234,68	2,76	1,18
4		10,8	237,58	235,76	1,82	0,77
5		18,4	238,01	235,64	2,37	1,01

4.1.1.6 Hasil Ringkasan Kinerja

Tabel 4.6 menampilkan perbandingan hasil pembacaan sensor pada serial monitor dengan nilai acuan. Persentase error bervariasi, dengan nilai error terkecil sebesar 0,19% pada pengukuran tegangan, dan nilai error terbesar sebesar 7,40% pada pengukuran arus pada alat.

4.1.2 Data Hasil Pengujian Motion Detection**Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian *Motion Detection* dengan Sensor *Infrared***

Kondisi	Percobaan	Berhasil	Gagal
On	10 Kali	8	2
Off	10 Kali	7	3

Tabel 4.7 menunjukkan hasil pengujian *motion detection* menggunakan sensor infrared dengan sepuluh percobaan pada tiap kondisi. Pada kondisi *On*, tingkat keberhasilan mencapai 80%, sedangkan pada kondisi *Off* sebesar 70%.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisis Hasil Pengujian Arus dan Tegangan pada Alat

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.4 (arus) dan Tabel 4.5 (tegangan), terlihat bahwa nilai arus dan tegangan yang terbaca sensor PZEM-004T relatif konsisten terhadap variasi beban lampu yang digunakan. Sebagai contoh, pada beban lampu 3,3 watt, rata-rata arus yang terbaca adalah 0,024 A dengan tegangan 238,02 V. Nilai ini sudah cukup mendekati perhitungan teoritis berdasarkan persamaan dasar $I = \frac{P}{V}$, yang menghasilkan arus sekitar 0,0139 A jika faktor daya dianggap mendekati 1. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh faktor daya lampu LED yang biasanya kurang dari 1, sehingga arus terukur menjadi lebih tinggi dibanding perhitungan ideal.

Pola yang sama terlihat pada beban 4,6 watt, dengan arus rata-rata 0,035 A dan tegangan rata-rata 237,52 V, serta beban 6,6 watt dengan arus rata-rata 0,049 A dan tegangan rata-rata 237,44 V. Peningkatan daya beban menghasilkan kenaikan arus yang cukup proporsional, sedangkan tegangan tetap stabil di sekitar 237–238 V. Hal ini menunjukkan bahwa suplai daya listrik pada saat pengujian dalam kondisi stabil tanpa fluktuasi signifikan pada tegangan.

Untuk beban lebih tinggi, seperti 10,8 watt, arus rata-rata tercatat 0,080 A dengan tegangan rata-rata 237,58 V, dan pada beban 18,4 watt arus tercatat 0,134 A dengan tegangan rata-rata 238,01 V. Nilai arus yang meningkat sebanding dengan daya menunjukkan bahwa pengukuran sensor bekerja dengan baik dalam merepresentasikan perubahan konsumsi daya listrik.

Perbedaan antara hasil pengukuran dan nilai teoritis dapat disebabkan oleh beberapa faktor eksternal, seperti karakteristik beban lampu LED yang memiliki faktor daya kurang dari 1, adanya komponen tambahan seperti mikrokontroler ESP32, modul relay, atau rangkaian kontrol lain yang menambah konsumsi arus, serta kemungkinan adanya toleransi pembacaan sensor PZEM-004T. Faktor-faktor ini dapat memberikan deviasi kecil, namun secara keseluruhan hasil pengukuran masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sensor PZEM-004T yang digunakan dalam pengujian ini mampu mengukur arus dan tegangan dengan akurasi yang cukup baik untuk keperluan pemantauan konsumsi daya listrik pada sistem yang diuji, sekaligus menunjukkan respon yang proporsional terhadap perubahan daya beban.

4.2.2 Analisis Hasil Ringkasan Kinerja

Tabel ringkasan kinerja ini menyajikan hasil perbandingan pembacaan sensor PZEM-004T yang ditampilkan melalui serial monitor dengan nilai acuan yang diperoleh dari multimeter, baik sebelum maupun setelah proses kalibrasi, serta saat pengujian arus dan tegangan langsung pada alat.

Pada pengukuran arus sebelum kalibrasi, persentase error berkisar antara 3,11% hingga 5,14%, menunjukkan adanya selisih yang cukup terlihat antara pembacaan sensor dan multimeter. Setelah kalibrasi, nilai error arus menurun signifikan menjadi 1,25%–1,74%, yang membuktikan bahwa kalibrasi mampu meningkatkan akurasi pengukuran. Pengukuran tegangan menunjukkan hasil yang jauh lebih stabil dengan error hanya 0,19%–0,29%, menandakan bahwa sensor memiliki akurasi tinggi dalam membaca tegangan, baik sebelum maupun sesudah kalibrasi.

Sementara itu, pada pengujian arus langsung pada alat, error justru cenderung lebih tinggi, berkisar dari -2,43% hingga -7,40%. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh faktor tambahan seperti beban internal sistem, konsumsi daya mikrokontroler ESP32, modul relay, dan variasi suplai daya. Untuk pengukuran tegangan pada alat, error tetap rendah di kisaran 0,17%–1,10%, menegaskan konsistensi akurasi tegangan meskipun berada dalam kondisi operasi nyata.

Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T memiliki kinerja yang baik, terutama setelah kalibrasi, dengan akurasi tegangan yang tinggi dan arus yang cukup presisi, meskipun pengukuran arus pada kondisi operasi alat masih dipengaruhi oleh faktor eksternal.

4.2.3 Analisis Hasil Pengujian Motion Detection pada Alat

Berdasarkan hasil pengujian *motion detection* pada alat menggunakan sensor infrared proximity Sharp GP2Y0A21YK, dapat disimpulkan bahwa performa sensor dalam mendeteksi pergerakan pada kondisi *on* ke *off* dan *off* ke *on* menunjukkan hasil yang bervariasi. Pada kondisi *on* ke *off*, dari 10 percobaan yang dilakukan, sensor berhasil mendeteksi pergerakan sebanyak 8 kali dan gagal 2 kali, yang menunjukkan tingkat keberhasilan sekitar 80%. Sementara itu, pada kondisi *off* ke *on*, dari 10 percobaan, sensor berhasil mendeteksi pergerakan 7 kali dan gagal 3 kali, dengan tingkat keberhasilan 70%.

Sensor Sharp GP2Y0A21YK pada dasarnya merupakan sensor jarak dengan rentang deteksi optimal 10–80 cm. Secara teori, jarak objek, kecepatan gerakan, dan sudut pemasangan sangat memengaruhi akurasi deteksi. Namun, pada implementasi alat ini, performa deteksi justru hanya efektif pada jarak yang sangat dekat, hampir menyerupai saklar *touchless*. Kondisi ini kemungkinan disebabkan oleh karakteristik permukaan objek

yang kurang optimal memantulkan sinyal infrared, adanya gangguan cahaya sekitar, interferensi dari komponen elektronik lain seperti ESP32 atau modul relay, serta suplai daya sensor yang mungkin tidak stabil. Selain itu, sudut deteksi yang hanya sekitar 35° sesuai datasheet membatasi area pandang sensor, sehingga objek di luar area ini sulit terdeteksi.

Pengaruh koneksi internet juga menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan. Mengingat ESP32 yang digunakan harus terkoneksi ke internet untuk menjalankan fungsi kendali jarak jauh dan pengiriman data, jeda (*latency*) jaringan dapat menyebabkan respon saklar menjadi terlambat meskipun sensor telah mendeteksi objek. Hal ini membuat akurasi dan konsistensi respon sistem sedikit menurun pada kondisi jaringan yang tidak stabil.

Meskipun demikian, dengan tingkat keberhasilan mencapai 80% pada kondisi *on* ke *off* dan 70% pada kondisi *off* ke *on*, sensor ini masih dapat dianggap cukup efektif untuk aplikasi yang memerlukan deteksi gerakan jarak dekat. Untuk meningkatkan akurasi pada kedua kondisi, diperlukan optimasi posisi dan sudut sensor, perbaikan kualitas catu daya, pengaturan jarak deteksi yang sesuai dengan kebutuhan penggunaan, serta meminimalkan interferensi dari komponen lain maupun gangguan jaringan internet.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil pengujian, sensor PZEM-004T terbukti mampu memberikan pembacaan yang cukup akurat dalam mengukur parameter daya, arus, dan tegangan pada alat. Perbedaan antara nilai terukur dan terkalibrasi masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima, meskipun terdapat pengaruh dari faktor eksternal seperti keberadaan mikrokontroler ESP32, modul relay, dan sensor infrared proximity yang dapat menambah resistansi atau beban induktif pada rangkaian. Hasil pengukuran daya, arus, energi, dan faktor daya juga konsisten dengan perhitungan rumus dasar, menunjukkan keandalan sensor ini dalam aplikasi pengukuran konsumsi daya.

Pengujian *motion detection* menggunakan sensor Sharp GP2Y0A21YK menunjukkan performa deteksi yang bervariasi, dengan tingkat keberhasilan 80% pada kondisi *on* ke *off* dan 70% pada kondisi *off* ke *on*. Meskipun secara spesifikasi sensor memiliki rentang deteksi 10–80 cm, implementasi pada alat menunjukkan bahwa deteksi hanya efektif pada jarak sangat dekat, menyerupai saklar *touchless*. Hal ini dipengaruhi oleh faktor seperti karakteristik pantulan objek, sudut deteksi sempit ($\sim 35^\circ$), gangguan cahaya sekitar, suplai daya sensor, interferensi dari komponen elektronik lain, serta stabilitas koneksi internet yang digunakan ESP32, yang dapat menambah jeda respon saklar.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan cukup efektif dan dapat diandalkan untuk pengukuran konsumsi daya dan deteksi gerakan jarak dekat. Namun, peningkatan akurasi dan stabilitas masih dapat dicapai melalui optimasi penempatan sensor, pengaturan jarak deteksi sesuai kebutuhan, pengurangan interferensi perangkat keras, serta memastikan koneksi internet yang lebih stabil.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah disampaikan, penulis memberikan beberapa saran kepada pembaca sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan hasil pengukuran, disarankan untuk melakukan penyesuaian kalibrasi sensor dan meningkatkan sensitivitas sensor infrared proximity, khususnya untuk kondisi *off* ke *on*. Hal ini akan memperbaiki kinerja sensor dalam mendeteksi pergerakan dengan lebih konsisten.
2. Untuk meningkatkan efisiensi energi, disarankan untuk memperbaiki nilai *power factor* dengan memilih komponen yang lebih efisien, seperti driver LED atau *converter* yang mendukung faktor daya lebih baik. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penggunaan daya dan mengurangi pemborosan energi.

3. Disarankan untuk mengintegrasikan alat ini dengan sistem rumah pintar lainnya dan mengembangkan antarmuka pengguna yang lebih interaktif. Ini akan mempermudah pemantauan dan pengendalian berbagai parameter energi secara bersamaan, meningkatkan kenyamanan dan efisiensi dalam pengelolaan energi rumah tangga.

Daftar Pustaka

- [1] I. M. A. Mahardiananta, I. M. A. Nugraha, P. A. R. Arimbawa, and D. N. G. T. Prayoga, "SAKLAR OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER UNTUK MENGURANGI PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK," *JURNAL RESISTOR*, vol. 4, Apr. 2021, [Online]. Available: <https://s.id/jurnalresistor>
- [2] M. D. F. Berlianto and R. S. Wijaya, "Pengaruh transisi konsumsi energi fosil menuju energi baru terbarukan terhadap produk domestik bruto di Indonesia."
- [3] I. A. Abed and H. Y. Naser, "ESP32 Microcontroller Based Smart Power Meter System Design and Implementation," *Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ)*, vol. 25, no. 2, pp. 136–143, Dec. 2020, [Online]. Available: <https://rengj.mosuljournals.com>
- [4] U. Mahanin Tyas, A. Apri Buckhari, P. Studi Pendidikan Teknologi Informasi, and P. Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, "IMPLEMENTASI APLIKASI ARDUINO IDE PADA MATA KULIAH SISTEM DIGITAL," 2023.
- [5] T. Sulistyorini, N. Sofi, E. Sova, M. Faizul Irsyad, and M. F. Irsyad, "PENERAPAN SENSOR CAPACITIVE PROXIMITY DAN SENSOR INFRARED PROXIMITY PADA PERANCANGAN PEMILAH SAMPAHH ORGANIK DAN ANORGANIK," vol. 3, no. 6, 2024, doi: 10.56127/jukim.v3i06.
- [6] D. Supiyan, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI KENDALI LAMPU RUANG BERBASIS IOT MENGGUNAKAN NODEMCU ESP32," *JORAPI: Journal of Research and Publication Innovation*, vol. 1, no. 3, 2023.
- [7] A. Nasution, B. Efendi, and I. Kamil Siregar, "PELATIHAN MEMBUAT APLIKASI ANDROID DENGAN ANDROID STUDIO PADA SMP NEGERI 1 TINGGI RAJA," *Jurdimas (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat) Royal*, vol. 2, no. 1, pp. 53–58, Feb. 2019, doi: 10.33330/jurdimas.v2i1.321.
- [8] S. Shukla, S. C. Gupta, and P. Mishra, "Android-Based Chat Application Using Firebase," in *2021 International Conference on Computer Communication and Informatics, ICCCI 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jan. 2021. doi: 10.1109/ICCCI50826.2021.9402510.
- [9] W. Strielkowski, L. Cívín, E. Tarkhanova, M. Tvaronavičienė, and Y. Petrenko, "Renewable energy in the sustainable development of electrical power sector: A review," Dec. 01, 2021, *MDPI*. doi: 10.3390/en14248240.
- [10] V. Adolfo and A. Setia Budi, "Perancangan Sistem Deteksi Node Baru Otomatis dalam Basis ESP-NOW dengan Tree Topology WSN," 2023. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>

Biodata



Nama : Nabila Casta Fadya
 TTL : Batam, 20 Agustus 2003
 Agama : Islam
 Alamat : Komplek Mitra Centre Blok B
 No. 15, Kec. Sagulung, Kota
 Batam, Kepulauan Riau
 Email : lalaafadya@gmail.com
 Riwayat Pendidikan : SMA/SMK : SMK La Tansa
 SMP : SMP La Tansa



Nama : Esra Erika Nainggolan
 TTL : Batam, 19 September 2004
 Agama : Kristen
 Alamat : Sagulung Berseri Blok A No.
 37, Sagulung.
 Email : Esraerika19@gmail.com
 Riwayat Pendidikan : SMA/SMK : SMA N 5 Batam
 SMP : SMP N 21 Batam

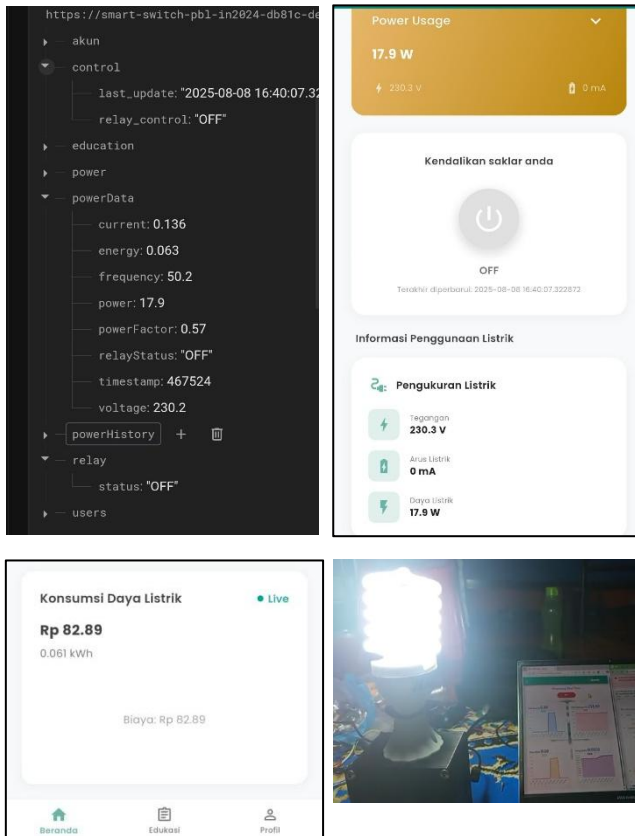


Nama : Cevin Bryan Ambarita
 TTL : Batam, 12 November 2003
 Agama : Kristen
 Alamat : Bengkong Palapa Swadaya
 Blok P No. 24, Tanjung
 Buntung
 Email : Cevinbryan12@gmail.com
 Riwayat Pendidikan : SMA/SMK : SMK N 1 Batam
 SMP : SMP N 4 Batam

Lampiran

Lampiran 1. Dokumentasi Pengerjaan





Lampiran 2. Dokumentasi Hasil Pengujian Alat

Lampiran 3. Pemograman pada Mikrokontroler

```
#include <Arduino.h>
#if defined(ESP32)
  #include <WiFi.h>
#elif defined(ESP8266)
  #include <ESP8266WiFi.h>
#endif
#include <Firebase_ESP_Client.h>
#include "addons/TokenHelper.h"
#include "addons/RTDBHelper.h"
#include <PZEM004Tv30.h>

// ===== WiFi =====
#define WIFI_SSID "Polibatam"
#define WIFI_PASSWORD ""

// ===== Firebase =====
#define API_KEY "AlzaSyD15JQa9cvOrwYOK9_FRjWk3es4i38WExg"
#define DATABASE_URL "https://smart-switch-pbl-in2024-db81c-default-rtbd.firebaseio.com/"

FirebaseData fbdo;
FirebaseAuth auth;
FirebaseConfig config;
bool signupOK = false;
unsigned long lastFirebaseCheck = 0;
unsigned long lastPowerUpdate = 0;

// ===== Pin Setup
// =====
#define RELAY_PIN 23 // Output to relay
#define SENSOR_PIN 32 // Input from sensor GP2Y0A21YK
#define PZEM_RX_PIN 16 // PZEM RX pin
#define PZEM_TX_PIN 17 // PZEM TX pin

// ===== PZEM Setup
// =====
#define PZEM_SERIAL Serial2
PZEM004Tv30 pzem(PZEM_SERIAL, PZEM_RX_PIN, PZEM_TX_PIN);

// ===== Variables
// =====
```

```

bool relayState = false; // Store local relay status
bool objectDetected = false;
int threshold = 2000; // Sensor distance calibration
const unsigned long FIREBASE_CHECK_INTERVAL = 1000; // Check Firebase
every 1 second
const unsigned long POWER_UPDATE_INTERVAL = 5000; // Update power
data every 5 seconds

// Power monitoring variables
float voltage = 0.0;
float current = 0.0;
float power = 0.0;
float energy = 0.0;
float frequency = 0.0;
float pf = 0.0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // Pin setup
  pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
  pinMode(SENSOR_PIN, INPUT);
  digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH); // OFF initially (relay logic: HIGH = OFF,
LOW = ON)

  Serial.println("Starting Smart Switch with Power Monitoring System");

  // WiFi connection
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("Connecting to WiFi");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(300);
  }
  Serial.println();
  Serial.print("Connected with IP: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());

  // Firebase configuration
  config.api_key = API_KEY;
  config.database_url = DATABASE_URL;

```

```

if (Firebase.signUp(&config, &auth, "", "")) {
    Serial.println("Firebase signup successful");
    signupOK = true;
} else {
    Serial.printf("Firebase signup failed: %s\n",
config.signer.signupError.message.c_str());
}

config.token_status_callback = tokenStatusCallback;
Firebase.begin(&config, &auth);
Firebase.reconnectWiFi(true);

Serial.println("System initialized successfully");
Serial.println("=====");
}

void loop() {
    // ===== Sensor Toggle Control
    =====
    handleSensorToggle();

    // ===== Firebase Relay Control
    =====
    handleFirebaseControl();

    // ===== Power Monitoring
    =====
    handlePowerMonitoring();

    delay(100);
}

void handleSensorToggle() {
    int sensorValue = analogRead(SENSOR_PIN);

    if (sensorValue < threshold) {
        if (!objectDetected) {
            relayState = !relayState;
            digitalWrite(RELAY_PIN, relayState ? LOW : HIGH); // LOW = ON, HIGH =
OFF
            Serial.println(relayState ? "Relay ON (Sensor triggered)" : "Relay OFF
(Sensor triggered)");

```

```

// Update Firebase with new relay state
if (signupOK && Firebase.ready()) {
  if (Firebase.RTDB.setString(&fbdo, "relay/status", relayState ? "ON" :
"OFF")) {
    Serial.println("Relay status updated to Firebase");
  } else {
    Serial.println("Failed to update relay status to Firebase");
  }
}
objectDetected = true;
}
} else {
  objectDetected = false;
}
}
}

void handleFirebaseControl() {
  if (Firebase.ready() && signupOK && (millis() - lastFirebaseCheck >
FIREBASE_CHECK_INTERVAL)) {
    lastFirebaseCheck = millis();

    if (Firebase.RTDB.getString(&fbdo, "relay/status")) {
      String status = fbdo.stringData();

      // Override relayState only if different from Firebase
      if (status == "ON" && !relayState) {
        relayState = true;
        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
        Serial.println("Relay ON (Firebase command)");
      } else if (status == "OFF" && relayState) {
        relayState = false;
        digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
        Serial.println("Relay OFF (Firebase command)");
      }
    } else {
      Serial.print("Failed to read Firebase relay status: ");
      Serial.println(fbdo.errorReason());
    }
  }
}
}

```

```

void handlePowerMonitoring() {
  // Read power data every cycle for display
  readPowerData();

  // Update Firebase with power data at specified interval
  if (Firebase.ready() && signupOK && (millis() - lastPowerUpdate >
POWER_UPDATE_INTERVAL)) {
    lastPowerUpdate = millis();
    updatePowerDataToFirebase();
  }
}

void readPowerData() {
  voltage = pzem.voltage();
  current = pzem.current();
  power = pzem.power();
  energy = pzem.energy();
  frequency = pzem.frequency();
  pf = pzem.pf();

  // Display power data to serial monitor
  Serial.println("==== Power Monitoring Data =====");

  if (isnan(voltage)) {
    Serial.println("Error reading voltage");
  } else {
    Serial.print("Voltage (AC): ");
    Serial.print(voltage, 2);
    Serial.println(" V");
  }

  if (isnan(current)) {
    Serial.println("Error reading current");
  } else {
    Serial.print("Current (AC): ");
    Serial.print(current * 1000, 2); // Convert to mA
    Serial.println(" mA");
  }

  if (isnan(power)) {
    Serial.println("Error reading power");
  } else {

```

```

    Serial.print("Power: ");
    Serial.print(power, 2);
    Serial.println(" W");
}

if (isnan(energy)) {
    Serial.println("Error reading energy");
} else {
    Serial.print("Energy: ");
    Serial.print(energy, 3);
    Serial.println(" kWh");
}

if (isnan(frequency)) {
    Serial.println("Error reading frequency");
} else {
    Serial.print("Frequency: ");
    Serial.print(frequency, 1);
    Serial.println(" Hz");
}

if (isnan(pf)) {
    Serial.println("Error reading power factor");
} else {
    Serial.print("Power Factor: ");
    Serial.println(pf, 2);
}

Serial.print("Sensor Value: ");
Serial.println(analogRead(SENSOR_PIN));
Serial.print("Relay Status: ");
Serial.println(relayState ? "ON" : "OFF");
Serial.println("=====");
}

void updatePowerDataToFirebase() {
    // Create JSON object for power data
    FirebaseJson json;

    if (!isnan(voltage)) json.set("voltage", voltage);
    if (!isnan(current)) json.set("current", current);
    if (!isnan(power)) json.set("power", power);

```

```

if (!isnan(energy)) json.set("energy", energy);
if (!isnan(frequency)) json.set("frequency", frequency);
if (!isnan(pf)) json.set("powerFactor", pf);

// Add timestamp
json.set("timestamp", millis());
json.set("relayStatus", relayState ? "ON" : "OFF");

// Upload to Firebase
if (Firebase.RTDB.setJSON(&fbdo, "powerData", &json)) {
    Serial.println("Power data uploaded to Firebase successfully");
} else {
    Serial.print("Failed to upload power data to Firebase: ");
    Serial.println(fbdo.errorReason());
}

// Also update individual power readings for easier access
if (!isnan(power)) {
    Firebase.RTDB.setFloat(&fbdo, "power/current", power);
}
if (!isnan(energy)) {
    Firebase.RTDB.setFloat(&fbdo, "power/totalEnergy", energy);
}
}

```