

Rancang Bangun Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Real-Time Berbasis IoT Dengan Blynk

Vicky Rachmad Nur Faddly^{1*}, Ismail Fikrun Amin², Hasan Azhary³, Pramono⁴

¹Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

^{1*}230103240@mhs.udb.ac.id

²Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

²230103229@mhs.udb.ac.id

³Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

³230103225@mhs.udb.ac.id

⁴Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

⁴pramono@udb.ac.id

Abstrak— Saat ini teknologi berkembang pesat di berbagai bidang keilmuan. Manusia terus berupaya mengembangkan dan meneliti teknologi-teknologi terbaru dalam rangka mempermudah kehidupan manusia. Salah satunya yaitu pada bidang teknologi IoT (Internet of Things). Penggunaan energi listrik pada hunian kamar kos sering kali sulit dikontrol karena setiap penghuni memiliki kebiasaan pemakaian peralatan listrik yang berbeda-beda. Kondisi ini menyebabkan pemilik kos kesulitan dalam memantau dan membatasi konsumsi listrik di setiap kamar, sehingga berpotensi menimbulkan kerugian akibat penggunaan daya yang berlebih. Oleh karena itu pula dirancang alat yang dapat mempermudah melakukan aktivitas memantau pemakaian daya listrik yang hasilnya dapat diinformasikan melalui internet. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem monitoring daya listrik berbasis IoT untuk mempermudah memantau penggunaan daya listrik pada kamar kos berbasis IoT. Metode yang digunakan dalam pengumpulan data yaitu metode eksperimental. Dengan pengumpulan beberapa komponen yang dibutuhkan, yang dirancang pada penelitian ini seperti, sensor tegangan, sensor arus, ESP32, relay 5V. Pada alat ini akan memonitoring daya berbasis IoT, dan dapat di monitoring melalui internet berupa tampilan angka pada aplikasi blynk. Berdasarkan hasil pengujian, sensor PZEM-004T menunjukkan nilai error rata-rata yang sangat kecil pada pengukuran tegangan sebesar 0,35% dan arus sebesar 0,40%. Adapun error pada pengukuran daya sebesar 39,05% disebabkan oleh perbedaan metode pengukuran, di mana avometer menghasilkan daya semu (VA) tanpa memperhitungkan power factor, sedangkan sensor PZEM-004T mengukur daya aktif (watt) yang benar-benar dikonsumsi oleh beban listrik. Hal ini menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T bekerja dengan baik dan hasil pembacaannya mendekati nilai yang ditunjukkan oleh avometer.

Kata kunci— Monitoring daya, Esp-32, Sensor tegangan PZEM-004T, Internet of Things.

Abstract— Currently, technology is developing rapidly in various scientific fields. Humans continue to strive to develop and research the latest technologies in order to simplify human life. One of them is in the field of IoT (Internet of Things) technology. The use of electrical energy in boarding house occupancy is often difficult to control because each occupant has different habits of using electrical equipment. This condition causes boarding house owners to have difficulty in monitoring and limiting electricity consumption in each room, thus potentially causing losses due to excessive power usage. Therefore, a tool is designed that can facilitate the activity of monitoring electrical power usage, whose results can be accessed via the internet. The purpose of this study is to design an IoT-based electrical power monitoring system to facilitate monitoring electrical power usage in IoT-based boarding rooms. The method used in data collection is the Experimental method. By collecting several required components, which are designed in this study, such as voltage sensors, current sensors, esp 32, and 5V relays. This tool will monitor IoT-based power, and can be monitored via the internet in the form of a number display on the Blynk application. Based on the test results, the PZEM-004T sensor shows a very small average error value in voltage measurements of 0.35% and current of 0.40%. The error in power measurements of 39.05% is caused by differences in measurement methods, where the avometer produces apparent power (VA) without taking into account the power factor, while the PZEM-004T sensor measures the active power (watts) that is actually consumed by the electrical load. This shows that the PZEM-004T sensor works well and the reading results are close to the values indicated by the avometer.

Keywords— Power monitoring, ESP-32, PZEM-004T voltage sensor, Internet of Things.

I. PENDAHULUAN

Listrik adalah kebutuhan pokok dalam kehidupan sehari-hari, dari memasak dan penerangan di rumah tangga sampai penggerak mesin produksi di industri. Konsumsi listrik terus

naik seiring perkembangan teknologi, sementara pasokannya sendiri rawan terganggu oleh ketergantungan pada batu bara sebagai bahan bakar utama Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) [1]. Tantangan efisiensi ini terasa nyata pada hunian komunal seperti rumah kos, di mana

pengelolaan energi listrik menjadi rumit karena tiap kamar punya kebiasaan pemakaian peralatan listrik yang berbeda. Saat ini, pengoperasian kWh meter di sebagian besar wilayah Indonesia masih pasif: pengawasan hanya mengandalkan satu kWh meter utama untuk seluruh kamar kos. Akibatnya, pemilik kos sulit memantau dan membatasi konsumsi listrik per kamar, sehingga berpotensi mengalami kerugian finansial akibat pemakaian daya yang berlebih. Beban listrik yang melebihi kapasitas juga bisa memicu korsleting dan kebakaran, masalah yang rawan terjadi pada pelanggan berdaya kecil seperti 450 VA atau 900 VA, kapasitas yang umum dipakai di rumah tangga maupun kamar kos[6]. Karakteristik jaringan kelistrikan menunjukkan bahwa jika tegangan (voltage) dari PLN turun, arus (current) akan naik sampai titik tertentu, sehingga Miniature Circuit Breaker (MCB) utama memutuskan aliran listrik untuk mencegah kebakaran. Masalahnya, putusnya MCB utama akibat kelalaian satu kamar ikut mematikan listrik seluruh penghuni kos lainnya. Teknologi Internet of Things (IoT) dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan penggunaan listrik melalui pemantauan dan kontrol secara real-time. IoT memungkinkan berbagai perangkat terhubung otomatis melalui internet sehingga dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh. Sejumlah riset sebelumnya mencoba mengintegrasikan sensor untuk mengoptimalkan pengelolaan energi ini. Pada pengujian awal, peneliti memakai sensor arus tipe ACS712 atau sensor Current Transformer (CT) noninvasif jenis SCT-013-000 [2]. Sensor ACS712 sendiri terbatas karena hanya membaca arus secara analog, sehingga mikrokontroler harus melakukan perhitungan matematis tambahan untuk mendapatkan nilai daya aktif (watt), tegangan, dan faktor daya[2]. Skema ini menghasilkan error berkisar 4% hingga 6,6%, tergantung pada stabilitas tegangan PLN [2]. Riset yang lebih baru beralih ke modul sensor PZEM-004T untuk instrumentasi yang lebih efisien [3]. Sensor PZEM-004T lebih unggul karena mengintegrasikan chip pengukuran elektronik yang bisa membaca tegangan, arus, daya aktif, frekuensi, dan akumulasi energi sekaligus, lalu mengirim datanya secara digital lewat komunikasi serial TTL [3], [4]. Pengujian menunjukkan keakuratan sensor ini mencapai 97,62% untuk

arus dan 99,75% untuk tegangan [4]. Mikrokontroler seperti Esp32, yang dilengkapi konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, memungkinkan perancangan sistem IoT untuk memantau penggunaan energi listrik, mencegah beban berlebih, dan memutus arus secara dini saat terdeteksi bahaya. Karena itu, penelitian ini merancang alat monitoring daya listrik pada kamar kos berbasis IoT dengan aplikasi Blynk, supaya daya yang dipakai tiap penghuni tidak melebihi kapasitas yang ditentukan dan aliran listrik bisa diamankan atau diputus secara mandiri saat terjadi beban lebih. Platform Blynk dipilih karena cocok dijadikan dashboard monitoring berbasis ponsel pintar sekaligus media untuk mengontrol sakelar elektronik dari jarak jauh. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen rekayasa sistem (experimental development) yang dilaksanakan melalui lima tahap [5]: analisis kebutuhan sistem untuk memetakan komponen perangkat keras dan perangkat lunak, desain arsitektur perangkat keras dan alur logika pemrograman menggunakan Arduino IDE, integrasi komponen fisik ke satu papan sirkuit prototipe, pengujian akurasi sensor PZEM-004T dan modul relay, serta evaluasi performa visualisasi data pada dashboard aplikasi Blynk [5]. Makalah ini disusun dalam beberapa bagian. Setelah pendahuluan, Bagian II menguraikan metodologi penelitian beserta skema pengkabelan dan diagram blok sistem. Bagian III menyajikan hasil dan pembahasan, mencakup data pengujian akurasi sensor, persentase error pembacaan, serta analisis kinerja respons kontrol relay secara real-time. Bagian IV menutup makalah dengan kesimpulan dari seluruh eksperimen dan saran pengembangan sistem ke depan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Eksperimen rekayasa sistem (experimental development) merupakan metode yang digunakan pada penelitian ini, yaitu melalui tahapan sistematis mulai dari perancangan, implementasi, hingga pengujian sistem monitoring konsumsi energi listrik secara real-time dengan aplikasi Blynk[7]. Penelitian ini dilakukan lima tahap utama :

1. Analisis Kebutuhan Sistem

Pada tahap awal ini, dilakukan identifikasi dan analisis terhadap semua kebutuhan fungsional untuk membangun sistem yang diinginkan. Proses ini mencakup penentuan komponen perangkat keras utama seperti mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor PZEM-004T sebagai sensor tegangan, relay 5 volt sebagai saklar elektronik, PCB(Printed Circuit Board) sebagai tempat dudukan ESP32, adaptor 5 volt 3 ampere sebagai sumber tegangan alat. Selain itu, kebutuhan perangkat lunak juga diidentifikasi, yaitu penggunaan Arduino IDE untuk pemrograman dan platform Blynk sebagai media monitoring jarak jauh.

2. Desain Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Setelah kebutuhan teridentifikasi, tahap selanjutnya adalah perancangan sistem. Desain perangkat keras mencakup pembuatan skema rangkaian yang menggambarkan bagaimana setiap komponen saling terhubung ke pin-pin mikrokontroler Esp32. Sementara itu, desain perangkat lunak berfokus pada pengembangan alur logika dan penulisan kode program menggunakan Arduino IDE. Kode program ini mengatur cara sistem membaca input dari sensor, mengaktifkan relay sebagai output, serta terhubung ke jaringan Wi-Fi untuk mengirimkan notifikasi ke server Blynk.

3. Integrasi Komponen

Tahap integrasi adalah proses perakitan fisik seluruh komponen perangkat keras menjadi satu prototipe yang utuh. Komponen-komponen seperti sensor, relay dihubungkan ke Esp32 menggunakan kabel dan PCB(Printed Circuit Board). Tujuannya adalah untuk mewujudkan desain menjadi sebuah sistem yang siap untuk diuji fungsinya.

4. Pengujian Sistem

Pada tahap ini, prototipe sistem monitoring energi listrik yang telah dirakit diuji untuk memverifikasi fungsionalitas inti. Pengujian dilakukan secara spesifik pada kemampuan sensor PZEM-004T dalam mengukur parameter listrik dan mengirimkannya ke platform Blynk. Skenario pengujian meliputi pengukuran

akurasi pembacaan tegangan dan daya dengan membandingkan dengan avometer digital, di mana sensor terbukti mampu membaca data secara konsisten dengan tingkat error di bawah 1,5%. Selain itu, kecepatan respons modul relay saat menerima perintah ON/OFF dari aplikasi Blynk juga diukur. Hasilnya, relay mampu merespons perubahan secara (switch) dari aplikasi Blynk dengan rata-rata 2 detik, yang ditandai dengan terputusnya atau terhubungnya kembali aliran listrik secara real time.

5. Evaluasi Performa dan Monitoring Melalui Blynk

Tahap terakhir adalah evaluasi performa sistem secara menyeluruh, dengan fokus utama pada fungsional kendali relay dan keandalan monitoring IoT. Evaluasi dilakukan dengan menguji keberhasilan sistem saat pengguna mengaktifkan saklar (switch) pada aplikasi Blynk. Ketika relay berada pada kondisi (ON), arus listrik mengalir sehingga sensor PZEM-004T membaca seluruh parameter kelistrikan secara real time. Data hasil pengukuran sensor meliputi nilai tegangan (volt), arus (ampere), daya aktif (watt) dan hasil dari pengukuran berhasil dikirimkan secara berkala dan ditampilkan pada halaman dashboard Blynk. Sebaliknya, saat relay dimatikan (Off) melalui aplikasi sistem secara otomatis memutuskan aliran listrik sehingga sensor membaca nilai parameter tersebut kembali ke angka nol. Respons perubahan data berhasil divisualisasikan pada dashboard Blynk dengan rata-rata waktu pembaruan 2 detik. Hal ini memastikan sistem dapat bekerja secara mandiri dan dapat diandalkan untuk pemantauan jarak jauh. Pendekatan ini sejalan dengan metode pengembangan sistem berbasis model SDLC waterfall seperti yang digunakan oleh Frisca Tri Arumsari et al. [8], di mana terdapat tahapan analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi (coding), pengujian, dan pemeliharaan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Pembahasan ini menjelaskan seluruh komponen pembentukan sistem secara mendetail. Pembahasan dimulai dari spesifikasi perangkat keras yang digunakan, perangkat lunak yang

digunakan ,diagram blok sistem,alur kerja sistem , dan skema pengkabelan dasar.

A. Perangkat Keras Yang Digunakan

1. Sensor PZEM004T

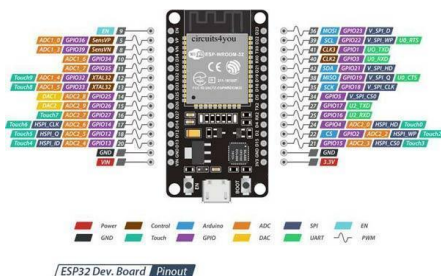
Sensor PZEM-004T adalah modul pengukur daya listrik yang serupa dengan PZEM-017, tetapi memiliki beberapa perbedaan dalam spesifikasi dan metode komunikasi. Modul ini digunakan untuk mengukur tegangan arus, daya aktif, dan energi listrik yang dikonsumsi[9]. Sensor PZEM-004T dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sensor PZEM004T

2. Esp32 Dev Module

Esp32 mempunyai beberapa pin I/O sehingga dapat dikembangkan menjadi sebuah aplikasi monitoring maupun kontrol. Esp32 adalah suatu modul yang dapat memberikan akses mikrokontroler apa pun ke jaringan Wi-Fi. Dalam penelitian ini, Esp32 Dev Module adalah komponen utama yang mengelola input dari sensor ,komunikasi relay dengan aplikasi Blynk[10]. Esp32 Dev Module dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. ESP32 Dev Module

3. Wifi

WiFi merupakan teknologi jaringan berbasis sinyal radio yang menyediakan koneksi internet hingga radius sekitar 90 meter. Teknologi ini mirip dengan telepon seluler dan memungkinkan transfer data yang sangat cepat, bahkan melebihi kecepatan modem kabel[11].

4. Relay

Relay merupakan sebuah komponen elektronika berupa saklar elektrik yang pengoperasiannya menggunakan listrik. Relay ini terdiri dari 2 bagian utama, yaitu elektromagnet dan kontak saklar[12]. Relay digunakan sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh Esp32 untuk mengaktifkan beban yang akan diukur oleh sensor. Relay dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Relay

5. Blynk

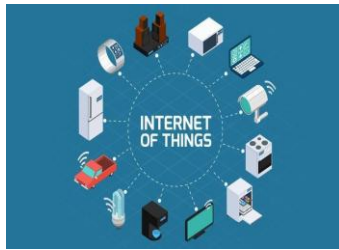
Blynk adalah platform aplikasi yang dapat diunduh secara gratis untuk iOS dan Android yang berfungsi mengontrol Arduino, Esp32 dan sejenisnya melalui internet. Blynk dirancang untuk IoT dengan tujuan dapat mengontrol hardware dari jarak jauh, dapat menampilkan data sensor, menyimpan data, visual dan melakukan banyak hal canggih lainnya, ada tiga komponen utama dalam platform yaitu Blynk App, Blynk Server, dan Blynk Library[13]. Pada rancangan ini blynk berperan sebagai dashboard monitoring dan pengontrolan sistem. Logo Blynk dapat dilihat pada Gambar 4 .



Gambar 4. Logo Platform Blynk

6. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah teknologi modern yang dirancang untuk mengoptimalkan penggunaan koneksi internet yang selalu aktif. Teknologi ini memungkinkan berbagai benda terhubung untuk mempermudah aktivitas sehari-hari, menjadikannya lebih efisien dan praktis, sehingga berbagai tugas manusia dapat dilakukan dengan lebih mudah. IoT kini semakin banyak diterapkan di berbagai bidang kehidupan[14]. Ilustrasi konsep IoT dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Ilustrasi konsep IoT

7. Power Supply

Power supply adalah sebagai alat atau perangkat keras yang mampu menyuplai tegangan DC dimana alat tersebut dapat dapat mengubah tegangan AC (tegangan bolak balik) menjadi tegangan DC (searah)[15]. Power supply berfungsi juga untuk memonitor, mengontrol, atau mencatat penggunaan daya perangkat elektronik dan sistem cerdas dari jarak jauh. Ilustrasi gambar power supply dapat dilihat pada Gambar 6.



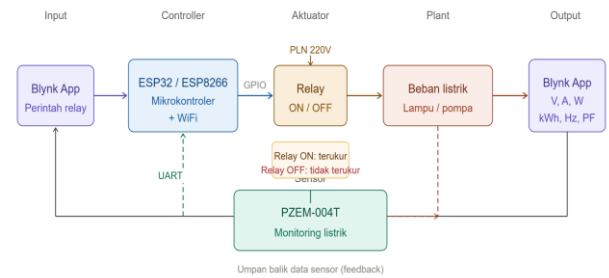
Gambar 6. Power Supply

B. Perangkat Lunak Yang Digunakan

- Arduino Ide, Digunakan untuk menulis kode dan mengupload kode ke Esp32 Dev Module.
- Library Yang Digunakan : PZEM-004T, Blynk, Wifi.h.
- Aplikasi Blynk (mobile) digunakan untuk menampilkan data dari sensor PZEM-004T dan mengontrol sakelar (switch) untuk menyalakan dan mematikan relay.

C. Diagram Blok Sistem

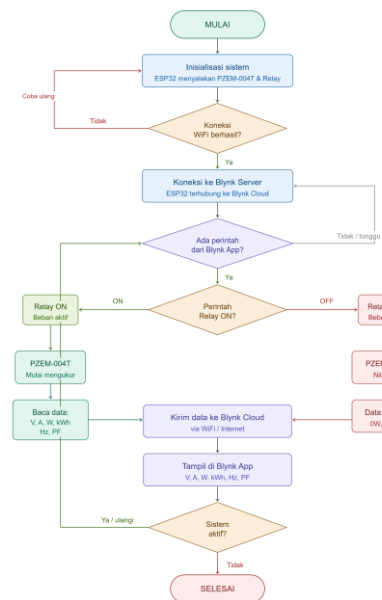
Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Blok Sistem

D. Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Alur Kerja Sistem

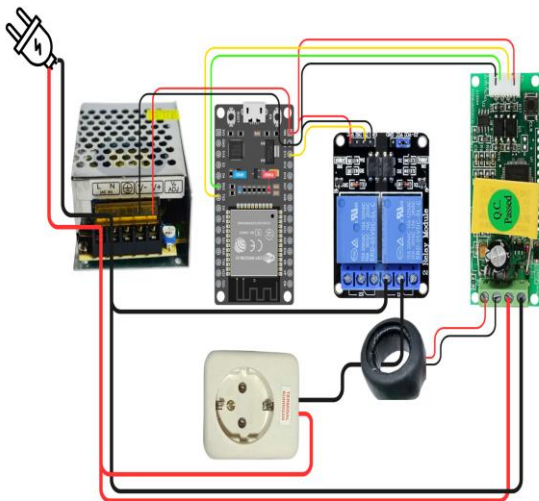
- Saat sistem dinyalakan, mikrokontroler Esp32 akan terlebih dahulu menginisialisasi seluruh perangkat yang terhubung, yaitu sensor PZEM-004T dan relay, kemudian menghubungkan dirinya ke jaringan Wi-Fi. Apabila koneksi Wi-Fi gagal, sistem akan terus mencoba hingga berhasil. Setelah koneksi Wi-Fi berhasil, Esp32 langsung melakukan koneksi ke server Blynk Cloud.
- Jika pengguna mengirimkan perintah melalui aplikasi Blynk, sistem akan membaca jenis perintah tersebut, apakah relay diperintahkan untuk ON atau OFF.
- Apabila pengguna menekan tombol ON di aplikasi Blynk, relay akan aktif sehingga beban listrik yang terhubung ikut menyala. Bersamaan dengan itu, sensor PZEM-004T langsung mulai mengukur dan

membaca data kelistrikan secara real-time, meliputi tegangan (V), arus (A), daya (W), energi (kWh). Seluruh data tersebut kemudian dikirimkan ke Blynk Cloud melalui koneksi Wi-Fi dan internet, dashboard Aplikasi Blynk menampilkan data dari pembacaan sensor dalam bentuk angka secara real-time.

- Sebaliknya, apabila pengguna menekan tombol OFF di aplikasi Blynk, relay akan mati sehingga beban listrik pun ikut padam. Pada kondisi ini, sensor PZEM-004T tidak lagi mendeteksi aliran listrik, seluruh nilainya kembali ke nol, yaitu 0V, 0A, 0W, dan 0 kWh. Data nol tersebut tetap dikirimkan ke Blynk Cloud dan ditampilkan di dashboard aplikasi.
- Keseluruhan proses pembacaan data, pengiriman, dan tampilan di aplikasi ini berlangsung secara otomatis dan terus berulang selama sistem dalam kondisi aktif.

E. Skema Pengkabelan Dasar

Skema pengkabelan dasar untuk sistem ini terdiri dari beberapa komponen yang dihubungkan ke Esp32 Dev Module. Berikut adalah penjelasan pengkabelannya:



Gambar 9. Skema Pengkabelan Dasar

Diagram ini menunjukkan bagaimana semua komponen elektronik dihubungkan, yang terbagi menjadi dua sirkuit utama: sirkuit kontrol bertegangan rendah dan sirkuit beban berdaya tinggi. Esp32 Dev Module adalah otak dari

keseluruhan sistem. Papan ini menerima data dari sensor, memprosesnya, dan kemudian mengirimkan perintah Blynk[6].

A. Sirkuit Input dan Output

Sirkuit ini berfungsi untuk mengukur konsumsi energi listrik secara real-time dan mengontrol beban listrik secara bebas dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk.

- Sensor PZEM-004T : Sensor ini berfungsi mengukur data kelistrikan seperti tegangan(V), arus(A), daya(W), energi(kWh). Pin TX sensor terhubung ke pin RX(GPIO 16) pada Esp32, dan pin RX sensor terhubung ke pin TX(GPIO 17) pada Esp32, sehingga keduanya saling bertukar data secara serial.
- Relay 5V : Komponen relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengontrol nyala dan matinya beban listrik. Pin relay terhubung ke pin GPIO 13 pada Esp32, yang akan mengirimkan perintah untuk mengaktifkan atau mematikan relay. Pin Vcc relay terhubung ke sumber daya 5 V dan pin Gnd terhubung ke Gnd pada Esp32.

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem secara menyeluruh untuk mengetahui kinerja monitoring konsumsi energi listrik berbasis Esp32. Pengujian dilakukan berdasarkan tiga aspek utama: uji sensor PZEM-004T dengan membandingkan nilai keakuratannya terhadap alat ukur pabrikan, yaitu AVometer, uji pengiriman data ke Blynk, serta uji kontrol relay melalui aplikasi Blynk.

1. Uji Sensor PZEM-004T

Tujuan dari uji ini adalah untuk mengetahui keakuratan sensor PZEM-004T dengan alat pabrikan seperti alat AVometer (atau multimeter/multitester). Setelah dilakukan pengujian sensor tegangan, didapat data hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 1.

a. Hasil Pengukuran Tegangan

Table 1. Hasil Pengukuran Tegangan (Volt)

No	Beban	Sensor PZEM-004T	AVOmeter	Error (%)
1	Lampu 5w	228	229	0.44 %
2	Charger 33w	227	228	0.44 %
3	Solder 40w	227	227	0.00 %
4	Solder 60w	227	227	0.00 %
5	Kipas 45w	227	229	0.87 %

Untuk mencari nilai error pengukuran pada sensor PZEM-004T diatas kami menggunakan rumus dibawah ini :

$$error(\%) = \frac{Avometer - PZEM004T}{Avometer} \times 100 \%$$

Berdasarkan data hasil pengukuran di atas maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai error rata-rata pada sensor tegangan PZEM-004T seperti pada rumus persamaan 5 di bawah ini :

$$error\ rata - rata = \frac{Jumlah\ nilai\ error}{Banyaknya\ error}$$

Sehingga hasil pengukuran dari pengujian sensor tegangan PZEM-004T dengan perhitungan rumus persamaan 5 di atas, didapatkan hasil nilai error rata-rata sebesar 0,35%.

b. Hasil Pengukuran Arus

Tabel 2 . Hasil Pengukuran Arus (Ampere)

No	Beban	Sensor PZEM-004T	Avo Meter	Error (%)
1	Lampu 5 w	0.03	0.03	0.00 %
2	Charger 33 w	0.16	0.16	0.00 %
3	Solder 40 w	0.15	0.14	0.71 %
4	Solder 60 w	0.16	0.15	0.67 %
5	Kipas 45 w	0.17	0.16	0.63 %
Rata-rata Error				0.40 %

c. Hasil Pengukuran Daya

Tabel 3. Hasil Pengukuran Daya (Watt)

No	Beban	Sensor PZEM-004T	Avo Meter	Error (%)
1	Lampu 5 w	4.5	6.6	31,82 %
2	Charger 33 w	16.5	35,2	53,13 %
3	Solder 40 w	33.9	30,8	10,06 %
4	Solder 60 w	56.7	33	71,82 %
5	Kipas 45 w	45.2	35,2	28,41 %
Rata-rata Error				39,05 %

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor PZEM-004T dalam membaca nilai tegangan, arus, dan daya listrik. Cara pengujiannya adalah dengan mengukur beban listrik yang sama secara bersamaan menggunakan sensor PZEM-004T dan avometer sebagai alat ukur pabrikan. Hasil pembacaan dari kedua alat kemudian dibandingkan untuk mengetahui selisih dan nilai error yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengujian, sensor PZEM-004T menunjukkan nilai error rata-rata yang sangat kecil pada pengukuran tegangan sebesar 0,35% dan arus sebesar 0,40%. Adapun error pada pengukuran daya sebesar 39,05% disebabkan oleh perbedaan metode pengukuran, di mana avometer menghasilkan daya semu(VA) tanpa memperhitungkan power factor, sedangkan sensor PZEM-004T mengukur daya aktif (watt) yang benar-benar dikonsumsi oleh beban listrik. Hal ini menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T bekerja dengan baik dan hasil pembacaannya mendekati nilai yang ditunjukkan oleh avometer.

2. Uji Kontrol Relay Melalui Aplikasi Blynk



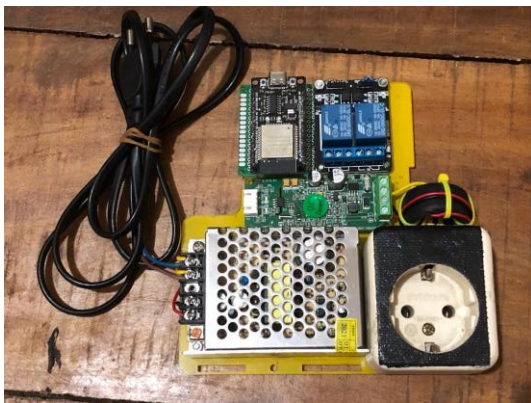
Gambar 10. Saklar Off



Gambar 11. Saklar On

Tampilan Blynk di atas menunjukkan bahwa hasil pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa relay dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan dengan menekan tombol ON dan OFF yang tersedia di dashboard aplikasi Blynk, kemudian diamati apakah relay merespons perintah tersebut dengan benar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa relay berhasil aktif ketika tombol ON ditekan dan mati ketika tombol OFF ditekan, sehingga beban listrik dapat dikontrol dari jarak jauh sesuai dengan perintah yang diberikan melalui aplikasi Blynk.

3.. Tampilan Implementasi Alat



Gambar 11. Tampilan Alat

Gambar di atas merupakan tampilan fisik dari alat monitoring konsumsi energi listrik berbasis IoT yang telah berhasil dirancang dan dibangun. Alat ini terdiri dari beberapa komponen yang terangkai menjadi satu kesatuan sistem yang terintegrasi.

Bagian atas alat terdapat modul Esp32 sebagai otak utama sistem yang dilengkapi dengan modul

relay 2 channel yang terpasang di atasnya. Relay ini berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengontrol nyala dan matinya beban listrik berdasarkan perintah dari aplikasi Blynk. Di bawah Esp32 terdapat modul PZEM-004T yang berfungsi sebagai sensor pengukur data kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan energi secara real-time. Seluruh rangkaian elektronik ini ditempatkan padaudukan akrilik agar komponen tersusun rapi dan tidak mudah bergeser.

Bagian kiri bawah terdapat power supply berbentuk kotak berlubang yang berfungsi mengubah tegangan listrik AC dari PLN menjadi tegangan DC 5 V yang dibutuhkan oleh Esp32 dan komponen lainnya. Sedangkan bagian kanan bawah terdapat stopkontak yang menjadi titik keluaran daya untuk beban listrik yang ingin dipantau dan dikontrol oleh sistem. Secara keseluruhan, alat ini dirancang secara sederhana namun fungsional, di mana semua komponen utama tersusun dalam satu rangkaian yang siap dihubungkan ke jaringan listrik dan Wi-Fi untuk mulai memantau konsumsi energi listrik secara real-time melalui aplikasi Blynk.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring konsumsi energi listrik real-time berbasis IoT dengan menggunakan Esp32 dan aplikasi Blynk telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem ini mampu mengukur parameter kelistrikan secara real-time meliputi tegangan (V), arus (A), daya (W), dan energi (kWh) menggunakan sensor PZEM-004T, serta menampilkan seluruh data tersebut pada dashboard aplikasi Blynk yang dapat diakses dari jarak jauh melalui jaringan internet.

Berdasarkan hasil pengujian sensor PZEM-004T, sistem menunjukkan tingkat akurasi yang baik dengan nilai error rata-rata pada pengukuran tegangan sebesar 0,35%, pengukuran arus sebesar 0,40%, serta pengukuran daya sebesar 32,49%. Nilai error pada tegangan dan arus yang sangat kecil menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T bekerja dengan baik dan hasil pembacaannya mendekati nilai yang ditunjukkan

oleh AVOMeter sebagai alat ukur pabrikan. Selain itu, pengujian kontrol relay melalui aplikasi Blynk menunjukkan bahwa relay berhasil merespons perintah ON dan OFF dari pengguna dengan baik, sehingga beban listrik dapat dikendalikan dari jarak jauh secara real-time.

Keunggulan sistem ini terletak pada integrasi teknologi IoT yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian konsumsi energi listrik secara jarak jauh, biaya pengembangan yang relatif terjangkau, serta kemudahan instalasi dan pengoperasian. Hal ini menjadikan sistem ini solusi yang efektif dan praktis untuk memantau penggunaan daya listrik pada kamar kos maupun hunian lainnya, sehingga penggunaan energi listrik dapat lebih terkontrol dan efisien.

REFERENSI

- [1] Implikasi Ketersediaan dan Kualitas Batubara terhadap Kinerja Operasional dan Keberlanjutan Pasokan PLTU PLN Jamali (Jawa, Madura, Bali). (2024). *Journal Geosains West Science*, 2(01), 36-43.
- [2] Pangestu, A. D., Ardianto, F., & Alfaresi, B. (2019). Sistem monitoring beban listrik berbasis Arduino NodeMCU ESP8266. *Journal Ampere*, 4(1), 187-197.
- [3] Jokanan, J. W., Widodo, A., Kholis, N., & Rakhmawati, L. (2022). Rancang bangun alat monitoring daya listrik berbasis IoT menggunakan Firebase dan aplikasi. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 47-55.
- [4] Fitroni, M. A., Kurnianto, D., & Permatasari, I. (2024). SISTEM PEMANTAUAN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK OTOMATIS PADA KAMAR KOS MENGGUNAKAN SENSOR PZEM-004T. *JURNAL SINTA: SISTEM INFORMASI DAN TEKNOLOGI KOMPUTASI Учредители: PT Berkah Tematik Mandiri*, 1(3), 153-161.
- [5] Ikhfa, A. F., & Yuhendri, M. (2022). Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Internet of Things. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(1), 257-266.
- [6] Hudan, I. S., & Rijanto, T. (2019). Rancang bangun sistem monitoring daya listrik pada kamar kos berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknik Elektro*, 8(1).
- [7] Bakhtiar, A., Ramdhani, R., & Rakhmadian, R. F. (2025, July). Sistem Deteksi dan Pemadaman Kebakaran Otomatis Berbasis ESP32 dengan Monitoring Jarak Jauh. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis* (pp. 491-499).
- [8] Arumsari, F. T., Maulindar, J., & Pradana, A. I. (2023). Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Internet of Things. *INFOTECH journal*, 9(1), 175-182.
- [9] Majid, M. F., & Nadhiroh, N. (2024, September). Pengujian Kinerja Sensor PZEM-004 & PZEM-017 Pada Sistem PLTS. In *Seminar Nasional Teknik Elektro* (Vol. 10, No. 1, pp. 88-92).
- [10] Harpad, B., Salmon, S., & Saputra, R. M. (2022). Sistem Monitoring Kualitas Udara Di Kawasan Industri Dengan Nodemcu Esp32 Berbasis Iot. *Journal Informatika Wicida*, 12(2), 39-47.
- [11] Fitriani, H. P., Sriastuti, D., Rifki, D., Yunara, M. R., & Aripin, A. (2025). Analisis Pengaruh Jarak Terhadap Kekuatan dan Stabilitas Sinyal Wi-Fi di Area Gedung Kampus. *TAMIKA: Jurnal Tugas Akhir Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi*, 5(2), 386-393.
- [12] Rizki, Y. M., Aryanindra, R. E., & Pramono, P. (2025, July). Pendekatan Inovatif untuk Mencegah Kehabisan Air di Dispenser: Sistem Pemantauan dan Peringatan Berbasis Sensor. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis* (pp. 1262-1266).
- [13] Majid, S. I., Prastya, M. A. B., Pramudya, R., & Pramono, P. (2024, July). Rancangan Alat Cuci Tangan Tanpa Sentuh Dan Monitoring Sabun Berbasis Sensor. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis* (pp. 348-355).
- [14] Syahfitri, A. (2025). Internet of Things (IoT), Sejarah, Teknologi, dan Penerapannya. *Uranus: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, 3(1), 113-120.
- [15] Muhajirin, M., & Lisah, L. (2017). Sistem keamanan pintu berbasis Arduino Mega. *Journal Informatika Upgris*, 32).