

SISTEM KONTROL DAN MONITORING BEBAN LISTRIK DI PONDOK PESANTREN AL-HUSNA PONTIANAK BERBASIS IOT

Gunawan

Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak
Email: gunawan270403@gmail.com

Corresponding Author : Gunawan

Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak
Email: gunawan270403@gmail.com

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat memonitor dan mengontrol penggunaan energi listrik secara *real-time*. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi listrik di Pondok Pesantren Al-Husna dan mencegah penggunaan daya yang berlebihan. Selain itu, alat ini dapat membantu pengguna untuk memantau konsumsi energi listrik melalui aplikasi Blynk serta layar LCD 20x4, dan mengontrol aliran listrik menggunakan *Solid State Relay* (SSR). Rancangan alat ini menggunakan beberapa komponen utama, yaitu ESP32 dan Arduino Nano sebagai mikrokontroler, sensor PZEM-004T untuk membaca data listrik seperti tegangan, arus, dan daya, serta empat SSR sebagai pengganti empat saklar utama yang berfungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan beban-beban di asrama putra. Sistem ini juga menggunakan modul LCD untuk menampilkan data, dan aplikasi Blynk untuk memberikan akses jarak jauh kepada pengguna melalui *Handphone* atau *PC*. Hasil pengujian, dilakukan dengan melakukan perbandingan pembacaan sensor dan alat ukur dengan berbagai macam beban listrik yang digunakan di asrama putra seperti lampu, kipas, running text, dan CCTV. Hasil pengukuran tanpa beban menunjukkan kesalahan pengukuran tegangan sebesar 0,046%. Hasil persentase kesalahan pengukuran tegangan dan arus dengan berbagai beban yang digunakan di asrama putra masih dapat ditoleransi, tetapi untuk persentase kesalahan pengukuran daya masih terlalu tinggi mencapai -3,30% dan belum memenuhi standar PLN yaitu 2%.

Kata-kata kunci: ESP32, Arduino Nano, Internet of Things, PZEM-004T, Solid State Relay, Blynk.

Abstract – This research aims to design an *Internet of Things* (IoT)-based device that can monitor and control electricity usage in *real-time*. The system is designed to improve electrical energy efficiency at the Al-Husna Islamic Boarding School and prevent excessive power consumption. Additionally, this device can assist users in monitoring electricity consumption through the Blynk application as well as a 20x4 LCD screen, and control the electric flow using a *Solid State Relay* (SSR). The device design uses several main components, namely ESP32 and Arduino Nano as microcontrollers, the PZEM-004T sensor to read electrical data such as voltage, current, and power, and four SSRs as substitutes for four main switches that function to turn on and off loads in the male dormitory. The system also employs an LCD module to display data and the Blynk application to provide remote access to users via mobile phones or PCs. Testing was conducted by comparing sensor readings and measuring instruments with various electrical loads used in the male dormitory such as lights, fans, running text displays, and CCTV. The measurement results without load showed a voltage measurement error of 0.046%. The percentage error in voltage and current measurements with various loads used in the male dormitory is still acceptable, but the percentage error in power measurement is still too high, reaching -3.30%, and does not yet meet the PLN standard of 2%.

Keywords: ESP32, Arduino Nano, Internet of Things, PZEM-004T, Solid State Relay, Blynk.

I. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan zaman, energi listrik memiliki peran yang sangat penting, terutama di era globalisasi saat ini, karena hampir semua peralatan elektronik memerlukan energi listrik. Energi listrik dapat dimanfaatkan untuk peralatan-peralatan seperti Smartphone, Laptop, TV, Kulkas, Rice Cooker, mesin

cuci, kipas angin, AC, lampu penerangan dan lain sebagainya.

Di Indonesia, penyedia utama layanan listrik untuk kebutuhan masyarakat sehari-hari adalah PT Perusahaan Listrik Negara (PLN), yang merupakan perusahaan milik negara (BUMN). Adapun energi listrik dapat dihasilkan dari berbagai jenis pembangkit, seperti Pembangkit

Listrik Tenaga Air (PLTA), Tenaga Diesel (PLTD), Tenaga Gas (PLTG), Tenaga Panas Bumi (PLTP), serta Tenaga Nuklir (PLTN).

Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), konsumsi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pada tahun 2022, rata-rata konsumsi listrik mencapai 1.173 kWh per kapita dan meningkat menjadi 1.285 kWh per kapita pada tahun 2023. Salah satu penyebab utama tingginya konsumsi Listrik tersebut adalah kebiasaan membiarkan perangkat elektronik tetap menyala meskipun sudah tidak digunakan. Masalah yang serupa juga sering terjadi di beberapa Pondok Pesantren, terutama di Pondok Pesantren Al-Husna Pontianak yang menjadi objek diimplementasikannya alat ini. Santri sering kali lupa untuk mematikan lampu penerangan dan kipas angin setelah proses pembelajaran selesai. Hal ini lah yang menjadi penyebab terjadinya pemborosan dalam penggunaan daya listrik di Pondok Pesantren Al-Husna Pontianak, sehingga dapat menyebabkan tagihan listrik menjadi lebih mahal.

Untuk mengatasi permasalahan ini, dibutuhkan sebuah alat yang memiliki sistem untuk mengontrol beberapa beban listrik dari jarak jauh dan dapat memonitor penggunaan daya listrik yang bisa dilihat langsung oleh pengguna melalui tampilan LCD atau bisa diakses menggunakan handphone, sehingga bisa melakukan pemantauan dari jarak jauh.

II. TEORI DASAR

A. *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi di mana berbagai benda, seperti alat rumah tangga atau mesin industri, dilengkapi dengan sensor, *software*, dan koneksi internet. Dengan itu, benda-benda tersebut bisa mengumpulkan data, memproses informasi, dan saling berkomunikasi. Tujuan utamanya adalah memudahkan manusia dalam beraktivitas serta membuat benda-benda bisa saling terhubung [1].

B. Blynk

Blynk merupakan platform *Internet of Things* (IoT) yang menyediakan aplikasi *mobile* dan server untuk menghubungkan perangkat fisik dengan dunia digital, yang artinya dapat mengontrol suatu alat dari jarak jauh, dapat menampilkan data sensor, menampilkan tombol virtual, menyimpan data, serta dapat melakukan banyak hal canggih lainnya [2].

C. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah mikrokontroler *System on Chip* (SoC) terpadu yang dilengkapi dengan *Wi-Fi* 802.11 b/g/n, *Bluetooth* versi 4.2. ESP32 merupakan sebuah chip yang cukup lengkap, karena terdapat penyimpanan, prosesor, dan akses pada *General Purpose Input Output* (GPIO). ESP32 juga dapat

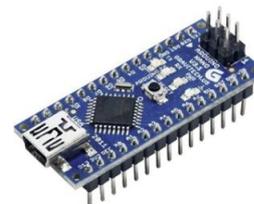
digunakan sebagai rangkaian pengganti pada Arduino. ESP32 mampu untuk mendukung koneksi ke *Wi-Fi* secara langsung [3].



Gbr. 1 ESP32

D. Arduino Nano

Arduino Nano merupakan papan mikrokontroler yang menggunakan chip Atmega 168 atau Atmega 328. Dalam proyek ini, digunakan Arduino Nano dengan mikrokontroler Atmega 168. Papan ini memiliki 14 pin digital (D0–D13) yang dapat difungsikan sebagai input maupun output menggunakan perintah *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Selain itu, Arduino Nano juga dilengkapi dengan 8 pin analog (A0–A7) yang berfungsi untuk membaca sinyal analog dan mengonversinya menjadi sinyal digital [4].



Gbr. 2 Arduino Nano

E. Sensor PZEM-004T

Sensor PZEM-004T adalah alat elektronik yang bisa digunakan untuk mengukur berbagai karakteristik listrik seperti tegangan, arus, daya, energi, dan frekuensi. Karena kemampuannya yang lengkap, modul sensor ini cocok sekali untuk berbagai proyek atau eksperimen yang berhubungan dengan pengukuran listrik di rumah atau gedung. Modul sensor ini diproduksi oleh perusahaan *peacefair* dan tersedia dalam dua jenis, yaitu jenis 10 A dan 100 A. Selain itu, modul sensor ini bisa dihubungkan dengan berbagai perangkat elektronik lainnya, seperti NodeMCU atau platform *open-source* lainnya. Modul sensor ini dilengkapi dengan sebuah kumparan trafo arus diameter 3 mm yang bisa mengukur arus listrik hingga 100 A. Modul sensor ini harus dihubungkan dengan sumber listrik AC agar bisa berfungsi dan memberikan informasi tentang daya listrik yang digunakan [5].



Gbr. 3 PZEM-004T

F. Solid State Relay

Solid State Relay (SSR) merupakan saklar elektronik yang berfungsi mengontrol arus dan tegangan listrik dengan memanfaatkan komponen elektronik aktif. Berbeda dengan *relay* elektromagnetik yang bekerja secara mekanis, SSR menggunakan elemen seperti transistor, TRIAC, atau SCR sebagai pengganti komponen mekanik. Walaupun memiliki struktur yang berbeda, SSR tetap menjalankan fungsi yang serupa dengan *relay* elektromagnetik. Pada sistem ini menggunakan 4 SSR sebagai pengganti 4 saklar utama di Asrama Putra untuk memutuskan dan mengalirkan arus ke beban-beban yang ada di asrama putra [6].



Gbr. 4 Solid State Relay

G. Relay 5 Volt

Relay 5 Volt adalah saklar yang dikendalikan oleh listrik dan terdiri dari komponen elektromekanik, yaitu elektromagnet (kumparan) dan komponen mekanik (perangkat kontak saklar). *Relay* berfungsi dengan menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga arus listrik kecil dapat digunakan untuk mengalirkan listrik dengan tegangan yang lebih tinggi. Misalnya, *relay* dengan elektromagnet 5 V dan 50 mA dapat menggerakkan *armature relay* (yang berfungsi sebagai saklar) untuk menghantarkan listrik dengan tegangan 220V dan arus 2A [7].



Gbr. 5 Relay 5 Volt

H. Hi-Link

Modul HLK-5MO5 Hi-Link merupakan suatu rangkaian terpadu yang berfungsi sebagai *converter* daya AC-DC. Modul ini menghasilkan tegangan output stabil sebesar 5 Volt DC dan dapat diaplikasikan pada berbagai perangkat elektronik seperti mikrokontroler, sistem tertanam, dan perangkat IoT. Dengan efisiensi tinggi dan perlindungan terhadap gangguan listrik, modul ini menjamin kinerja perangkat yang optimal [8].



Gbr. 6 Hi-Link

I. Pilot Lamp

Pilot lamp merupakan lampu yang digunakan untuk mengetahui jalannya proses dari koneksi yang akan terjadi. Pilot lamp biasanya digunakan sebagai indikator dalam rangkaian sebuah alat atau mesin.



Gbr. 7 Pilot Lamp

III. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental. Pengambilan data dilakukan secara langsung pada alat yang telah dibuat dan terpasang di Pesantren Al-Husna Pontianak. Penelitian juga didukung berbagai studi literatur, berikut ini langkah-langkahnya.

A. Rancangan Alat

Alat ini berupa box panel yang didalamnya terdapat komponen sensor PZEM-004T yang akan mendeteksi tegangan, arus, dan daya, SSR sebagai pengganti saklar utama untuk mengaktifkan dan menonaktifkan beban, modul *relay* 5V untuk menyalakan LED sebagai indikator PZEM-004T, mikrokontroler ESP32 dan Arduino Nano untuk mengelola data dan penghubung antara sistem dan IoT, Hi-Link sebagai *power supply*, dan terminal colokan untuk sumber tegangan.

Kemudian tampak luar pada *box* tersebut, terdapat komponen LCD 12C 20x4 untuk menampilkan data hasil sensor PZEM-004T agar dapat dilihat secara langsung, LED sebagai indikator PZEM, kunci untuk mengunci panel *box*, dan terdapat *Selector Switch* untuk mengaktifkan dan menonaktifkan sistem alat ini.



Gbr. 8 Desain Alat



Gbr. 9 Dashboard Blynk

TABEL I
Fitur dan Fungsi Pada Blynk

Fitur	Fungsi
BEBAN 1	Sebagai indikator LED untuk mengaktifkan dan menonaktifkan saklar 1
BEBAN 2	Sebagai indikator LED untuk mengaktifkan dan menonaktifkan saklar 2
BEBAN 3	Sebagai indikator LED untuk mengaktifkan dan menonaktifkan saklar 3
BEBAN 4	Sebagai indikator LED untuk mengaktifkan dan menonaktifkan saklar 4
TOMBOL 1	Sebagai pengganti saklar utama 1 untuk mengaktifkan dan menonaktifkan BEBAN 1
TOMBOL 2	Sebagai pengganti saklar utama 2 untuk mengaktifkan dan menonaktifkan BEBAN 2
TOMBOL 3	Sebagai pengganti saklar utama 3 untuk mengaktifkan dan menonaktifkan BEBAN 3
TOMBOL 4	Sebagai pengganti saklar utama 4 untuk mengaktifkan dan menonaktifkan BEBAN 4
Display TEGANGAN	Menampilkan tegangan hasil sensor PZEM
Display ARUS	Menampilkan arus hasil sensor PZEM
Display DAYA	Menampilkan daya hasil sensor PZEM

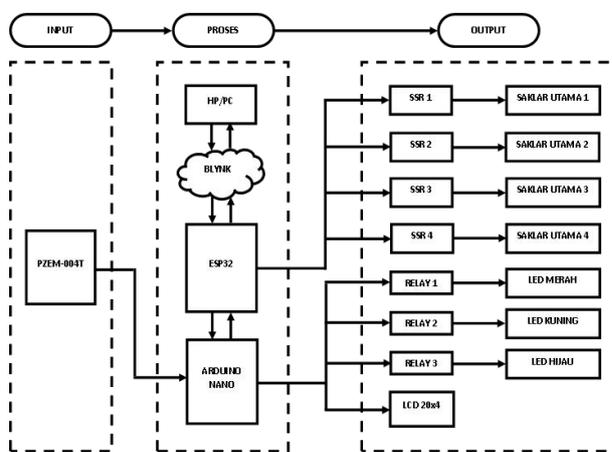
B. Diagram Blok Sistem

Blok diagram ini terdiri dari tiga bagian yaitu input, proses, dan output. Bagian input merupakan bagian awal dalam sistem kerja ini. Sensor PZEM-004T untuk mengukur tegangan, arus, dan daya yang digunakan di asrama putra, yang kemudian hasil sensor dikirim ke Arduino Nano yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32.

Bagian proses merupakan bagian yang berfungsi untuk mengelola data yang masuk dan memberi perintah ke seluruh sistem yang ada pada penelitian ini. Pada proses ini, menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk mengelola data dan mengirim data hasil dari sensor

PZEM-004T ke aplikasi Blynk, serta memberi perintah ke SSR untuk menonaktifkan atau mengaktifkan saklar utama, dan menggunakan Arduino Nano yang terhubung dengan ESP32 melalui pin RX dan TX untuk menghubungkan sistem ke indikator LED merah, kuning, dan hijau, serta menghubungkan sistem ke LCD 20x4 yang terpasang pada alat.

Bagian Output merupakan hasil akhir yang dihasilkan oleh sistem setelah melalui tahap proses. Pada tahap output ini, akan menggerakkan SSR 1, SSR 2, SSR3, dan SSR4 untuk mengaktifkan dan menonaktifkan empat saklar utama pada rangkaian listrik di asrama putra. Relay untuk menyalakan indikator LED merah (sebagai indikator tegangan), kuning (sebagai indikator arus), dan hijau (sebagai indikator daya). Kemudian pembacaan sensor PZEM-004T akan ditampilkan pada layar LCD 20x4.



Gbr. 10 Blok Diagram Sistem

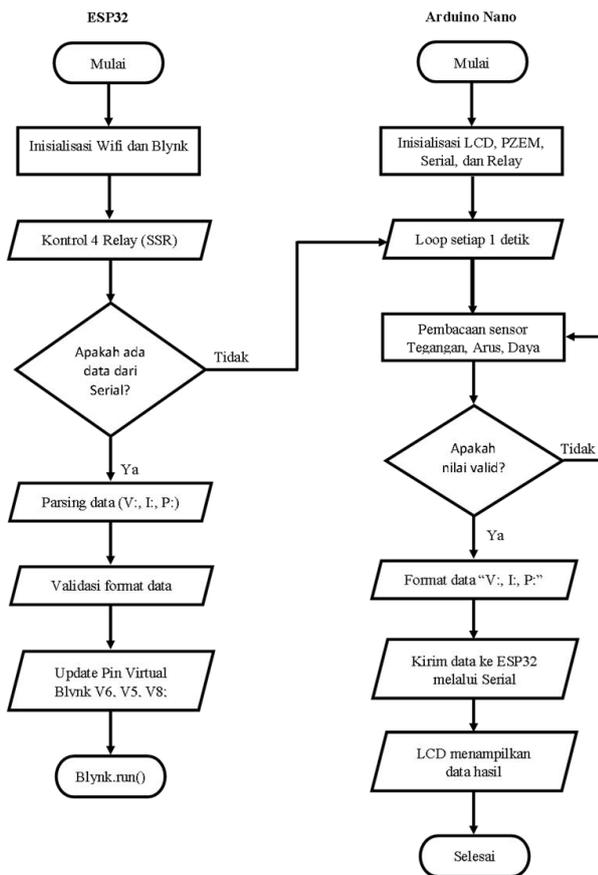
C. Flowchart Sistem

Pada prinsip kerja *flowchart* ini dibagi menjadi dua, yaitu prinsip kerja pada ESP32, Arduino Nano, dan prinsip kerja pada *Internet of Things* yang menggunakan aplikasi Blynk.

Flowchart rangkaian sistem pada ESP32 dan Arduino Nano. Proses dimulai dengan menginisialisasi koneksi WiFi dan Blynk, lalu dilanjutkan dengan mengatur pin-pin *relay* yang digunakan. Setelah inisialisasi, ESP32 akan memeriksa apakah terdapat data masuk dari komunikasi Serial. Jika data tersedia, maka proses dilanjutkan untuk melakukan *parsing* atau pemecahan data menjadi bagian-bagian seperti tegangan (V), arus (I), dan daya (P). Data yang telah di-*parsing* akan melalui proses validasi format untuk memastikan data sesuai dengan yang diharapkan. Setelah data valid, nilai-nilai tersebut akan dikirim ke Virtual Pin Blynk: pin V6 untuk tegangan, V5 untuk arus, dan V8 untuk daya. Proses ini dijalankan secara terus-menerus dalam *loop*, di mana fungsi Blynk.run() tetap dipanggil agar koneksi Blynk tetap aktif.

Flowchart Arduino Nano dimulai dari proses inisialisasi perangkat keras, yang mencakup LCD, sensor PZEM (untuk pengukuran daya), komunikasi Serial, dan

relay. Setelah semuanya diinisialisasi, Arduino akan menjalankan *loop* setiap 1 detik untuk membaca data dari sensor PZEM, yaitu tegangan, arus, dan daya. Setelah pembacaan, Arduino akan memeriksa apakah nilai yang dibaca valid (bukan NaN atau "Not a Number"). Jika nilai tidak valid, maka Arduino akan mengabaikan data tersebut dan mengulang proses pembacaan dari awal. Namun, jika nilai valid, maka data akan diformat ke dalam bentuk string seperti "V: 220, I:3,24, P:563,5". Data yang telah diformat ini kemudian dikirimkan ke ESP32 melalui komunikasi Serial, dan juga ditampilkan di layar LCD agar bisa dibaca secara langsung.



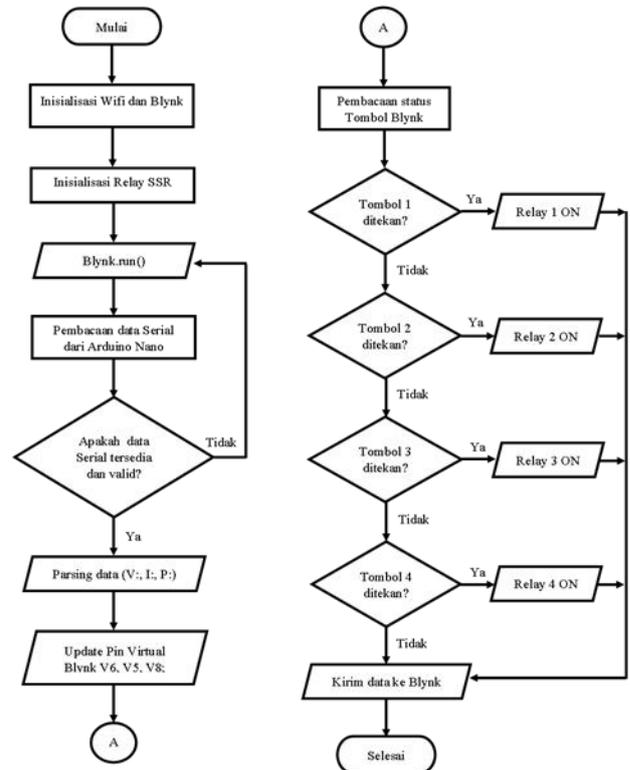
Gbr. 11 Flowchart ESP32 Dan Arduino Nano

Flowchart kerja Blynk pada ESP32 yang menggambarkan bagaimana sistem berjalan mulai dari awal hingga berulang secara terus-menerus dalam satu siklus *loop*. Proses dimulai saat sistem dinyalakan dan ESP32 bekerja. Langkah pertama adalah menginisialisasi koneksi ke jaringan WiFi dan server Blynk, yang merupakan platform IoT untuk mengontrol perangkat dari jarak jauh melalui aplikasi. Setelah koneksi berhasil, ESP32 kemudian mengatur empat buah pin output yang terhubung ke *relay*. *Relay* ini akan dikendalikan oleh tombol-tombol virtual yang tersedia di aplikasi Blynk.

Setelah inisialisasi selesai, fungsi *Blynk.run()* akan dijalankan secara terus-menerus agar koneksi ke server tetap aktif dan sistem dapat menerima perintah dari aplikasi secara *real-time*. Dalam *loop* utama, ESP32 akan

membaca data serial yang dikirim oleh Arduino Nano. Data ini berisi nilai-nilai sensor berupa tegangan, arus, dan daya yang diformat seperti "V:220.5,I:0.55,P:120.3". Jika data tidak tersedia atau tidak valid (misalnya format salah), maka ESP32 akan kembali menjalankan *Blynk.run()* dan menunggu data baru. Jika data tersedia dan valid, ESP32 akan melakukan *parsing* atau pemisahan nilai-nilai tersebut ke dalam tiga variabel: tegangan, arus, dan daya.

Setelah data berhasil diurai, nilai-nilai tersebut dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui virtual pin tertentu, yaitu V6 untuk tegangan, V5 untuk arus, dan V8 untuk daya. Selanjutnya, ESP32 juga akan membaca status tombol-tombol virtual dari aplikasi Blynk yang digunakan untuk mengendalikan keempat *relay* (melalui pin V1, V2, V3, dan V4). Berdasarkan status ON atau OFF dari tombol tersebut, ESP32 akan mengaktifkan atau menonaktifkan masing-masing *relay*. Proses ini akan terus berulang, menjaga agar perangkat selalu terhubung dengan aplikasi Blynk dan dapat memperbarui data sensor maupun menerima perintah pengendalian *relay* secara *real-time*.



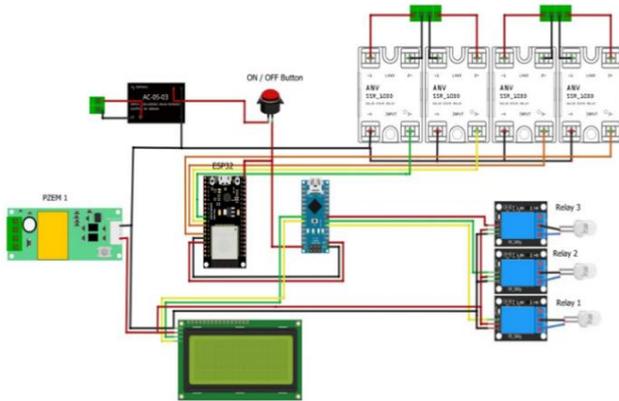
Gbr. 12 Flowchart Blynk

D. Wiring Sistem

Gambar 13 adalah diagram *wiring* sistem. Adapun penjelasan dari *wiring* sistem ini yaitu sebagai berikut :

1. Menggunakan Hi-Link sebagai penyuplai tegangan.
2. Menggunakan mikrokontroler EPS32 untuk mengelola data dan mengirim data hasil ke Blynk.
3. Menggunakan Arduino Nano yang terhubung dengan ESP32 untuk menggerakkan *relay*, dan mengirim data ke LCD 20x4.

4. Sensor PZEM-004T untuk mendeteksi tegangan, arus, dan daya.
5. SSR 4 buah untuk mengontrol empat saklar utama di asrama putra.
6. Relay 3 channel untuk menyalakan LED merah, kuning, dan hijau.
7. LED 3 buah sebagai indikator, LED merah indikator tegangan, LED kuning indikator arus, dan hijau indikator daya.
8. LCD 12C 20x4 untuk menampilkan data pembacaan sensor PZEM-004T.



Gbr. 13 Wiring Sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Alat Tanpa Beban

Pengujian alat tanpa beban yang berarti hanya tegangan yang terbaca. Berikut ini adalah hasil pembacaan sensor PZEM-004T dan alat ukur pada alat tanpa diberi beban *output*, diambil sebanyak 50 kali agar nilai lebih akurat.

TABEL II
Hasil Pengujian Alat Tanpa Beban

No.	Tegangan (V)	
	Sensor PZEM-004T	Alat Ukur (Multimeter)
1.	213,2 V	213,3 V
2.	210,1 V	210,4 V
3.	205,4 V	205,8 V
4.	215,7 V	216 V
5.	204,7 V	204,9 V
6.	204,8 V	204,9 V
7.	201,8 V	202 V
8.	205,8 V	205,8 V
9.	207,7 V	207,9 V
10.	206,9 V	207 V
11.	206,1 V	206,2 V
12.	206,4 V	206,4 V
13.	203,5 V	203,8 V
14.	214,4 V	214,7 V
15.	210,6 V	210,9 V
16.	216,1 V	216,3 V
17.	214,8 V	214,9 V

No.	Tegangan (V)	
	Sensor PZEM-004T	Alat Ukur (Multimeter)
18.	205,3 V	205,4 V
19.	205,3 V	205,9 V
20.	205,2 V	205,7 V
21.	208,1 V	208,2 V
22.	206,5 V	206,5 V
23.	209,5 V	209,6 V
24.	207,4 V	207,5 V
25.	204,1 V	204,1 V
26.	209,9 V	210 V
27.	206,4 V	206,6 V
28.	206,5 V	206,7 V
29.	206,6 V	206,9 V
30.	205,7 V	205,7 V
31.	206,7 V	206,8 V
32.	206,5 V	206,7 V
33.	206,3 V	206,3 V
34.	207,1 V	207,4 V
35.	205,1 V	205,1 V
36.	205,9 V	206,1 V
37.	211,5V	211,9 V
38.	211,3 V	211,6 V
39.	213,1 V	213,2 V
40.	217,9 V	218,2 V
41.	216,4 V	216,5 V
42.	218,1 V	218,3 V
43.	217,3 V	217,3 V
44.	216,8 V	217 V
45.	215,1 V	215,1 V
46.	215,1 V	215,2 V
47.	213,2 V	213,5 V
48.	213,9 V	214 V
49.	209,4 V	209,7 V
50.	211,9 V	211,9 V
Nilai Rata-Rata	209,46 V	209,64 V

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil pembacaan sensor serta alat ukur Multimeter dan Tang Ampere terdapat hasil nilai yang berbeda. Pembacaan nilai sensor tidak sepenuhnya akurat dan pasti memiliki kesalahan pengukuran. Besarnya kesalahan pengukuran dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan pengukuran} &= \frac{|\text{selisih nilai}|}{\text{alat ukur}} \times 100 \\ &= \frac{209,46 - 209,64}{209,64} \times 100 \end{aligned}$$

$$\text{Kesalahan pengukuran} = 0,085\%$$

Dari kesalahan pengukuran tersebut, pembacaan sensor cukup akurat dibandingkan dengan alat ukur standar. Gambar 14 adalah contoh pengujian alat tanpa beban.



Gbr. 14 Pengujian Alat Tanpa Beban

B. Pengujian Alat dengan Mengaktifkan Seluruh Beban

Pengujian ini dilakukan dengan mengaktifkan seluruh beban di asrama putra.

TABEL III
Pengujian Alat dengan Mengaktifkan Seluruh beban

Waktu	Sensor (PZEM-004T)			Alat Ukur (Multimeter & Tang Ampere)		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
09.00	203,5	5,24	1033,6	203,6	5,25	1068,9
09.10	206,1	5,16	1031,4	206,3	5,17	1066,7
09.20	201	5,28	1032,7	201	5,31	1067,5
09.30	207,8	5,10	1032,5	208,1	5,13	1067,9
09.40	205,1	5,18	1034,9	205,2	5,21	1069,3
09.50	211,2	5,05	1035,8	211,6	5,06	1070,8
10.00	206,9	5,16	1037,2	207	5,18	1072,3

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa hasil pengujian yang telah dilakukan, daya yang digunakan untuk mengaktifkan seluruh beban di asrama putra yaitu diantara 1066 – 1072 W, arus diantara 5,06 – 5,31 A, dan tegangan yang terukur diantara 201 – 211 V.

Hasil rata-rata dari pembacaan sensor dan alat ukur mendapatkan nilai yang berbeda. Pembacaan nilai sensor ini tidak sepenuhnya akurat dan memiliki kesalahan pengukuran. Nilai kesalahan pengukuran tegangan, arus dan daya dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Tegangan (\%)} = \frac{|203,5 - 203,6|}{203,6} \times 100\% = 0,049\%.$$

$$\text{Arus (\%)} = \frac{|5,24 - 5,25|}{5,25} \times 100\% = 0,19\%.$$

$$\text{Daya (\%)} = \frac{|1033,6 - 1068,9|}{1068,9} \times 100\% = 3,30\%.$$

Dari nilai kesalahan pengukuran tersebut, pembacaan sensor memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam mengukur tegangan, arus, dan daya pengujian seluruh beban di asrama putra. Untuk daya pada pengujian ini, tingkat persentase kesalahan pengukuran masih tinggi dan belum memenuhi standar PLN, yaitu 2%, baik kelebihan maupun kekurangan dalam pengukuran daya. Gambar 15 adalah contoh pengujian alat dengan beban.



Gbr. 15 Pengujian Alat Dengan Beban

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data hasil yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem kontrol dan *monitoring* beban listrik di Pondok Pesantren Al-Husna berbasis IoT ini, telah berhasil dibuat dan dirancang dengan menggunakan ESP32, sensor PZEM-004T, *relay* 5V 4 channel, SSR, dan aplikasi Blynk.
2. Sistem ini dapat memantau tegangan, arus, dan daya yang digunakan di asrama putra dari jarak jauh menggunakan aplikasi Blynk, yang dapat diakses melalui *Handphone* atau PC.
3. Sistem ini juga dapat mengontrol dari jarak jauh 4 saklar utama yang ada di asrama putra, dengan menekan 4 tombol virtual pada aplikasi Blynk yang terhubung dengan SSR. Pengontrolan menggunakan tombol virtual ini sebagai pemback-upan apabila terjadi masalah pada 4 saklar utama tersebut, karena tombol virtual pada aplikasi Blynk tidak dapat digunakan apabila saklar utama dalam kondisi ON, perlu menonaktifkan saklar utama agar tombol virtual dapat digunakan.
4. Sistem ini dapat menampilkan hasil pembacaan sensor PZEM-004T pada LCD 20x4 agar dapat dilihat secara langsung, serta mengirimkan data hasil pembacaan sensor tersebut ke aplikasi Blynk.
5. Aplikasi Blynk memerlukan jaringan internet agar dapat berkomunikasi dengan alat. Semakin baik jaringan internet yang digunakan, maka semakin

cepat sistem *IoT* ini bekerja, sehingga dapat mengirimkan data secara *real-time*.

6. Dari pengujian yang telah dilakukan, penggunaan sensor PZEM-004T merupakan pemilihan yang tepat, karena tingkat kesalahan pengukuran dari sensor ini terlihat cukup baik. Pengujian alat tanpa beban yang dilakukan, yang artinya hanya tegangan yang terbaca, kesalahan pengukuran hanya sebesar 0,085%. Kemudian pada pengujian dengan mengaktifkan seluruh beban di asrama putra, kesalahan pengukuran tegangan sebesar 0,049%, arus sebesar 0,019%, dan daya sebesar 3,30%. Selain itu, sensor ini memiliki parameter yang lebih banyak, sensor ini dapat mengukur tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan *power factor*.

REFERENSI

- [1] 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).
- [2] Sulistyorini, T., Sofi, N., & Sova, E. (2022). Pemanfaatan Nodemcu Esp8266 Berbasis Android (Blynk) Sebagai Alat Alat Mematikan Dan Menghidupkan Lampu. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 1(3), 40-53.
- [3] Wag yana, A. (2019). Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT). *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 8(2), 238-247.
- [4] Triawan, Y., & Sardi, J. (2020). Perancangan sistem otomatisasi pada Aquascape berbasis mikrokontroler Arduino Nano. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 76-83.
- [5] Ibrahim, R. R., & Yulianti, B. (2022). Rancang Bangun Monitoring Pemakaian Arus Listrik PLN Berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Industri*, 11(2).
- [6] Bramanta, H. R., & Santosa, Y. (2024, August). Rancang Bangun Modul Pengoperasian Motor Induksi dan Beban Resistif Menggunakan Solid State Relay (SSR). In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 15, No. 1, pp. 233-239).
- [7] Santosa, S. P., & Nugroho, M. W. (2021). Rancang Bangun Alat Pintu Geser Otomatis Menggunakan Motor DC 24 V. *Jurnal Elektro*, 9(1), 38-45.
- [8] Maheswara, M. F., Purwiyanti, S., Sumadi, S., & Nasrullah, E. (2023). Rancang Bangun Alat Monitoring Suhu Menggunakan Sensor Ds18b20 Dan Pengaduk Otomatis Pada Proses Fermentasi Kakao. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3).