

# Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Pengaman Beban Listrik Pada Rumah Berbasis IoT Dengan Notifikasi Dan Pemutusan Daya Otomatis

Iroy Nasution<sup>1</sup>, Josua Orlando Simanjuntak<sup>2</sup>, Denny Hasminta Maha<sup>3</sup>, Togar Timotius Gultom<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Prima Indonesia, Jl. Sampul No.3 Medan, Sumatera Utara- Indonesia

## ARTICLE INFORMATION

Received: April 02,26  
Revised: April 23, 26  
Available online: April 03, 26

## KEYWORDS

Internet of Things, monitoring listrik, ESP32, PZEM-004T, pengaman beban Listrik

## CORRESPONDENCE

Phone : +62 812-6331-5321  
E-mail: roynasution03@gmail.com

## A B S T R A C T

Risiko beban listrik berlebih meningkat seiring tingginya konsumsi energi dan dapat mengganggu sistem kelistrikan serta merusak peralatan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring serta proteksi beban listrik berbasis IoT yang dilengkapi notifikasi dan pemutusan daya otomatis. Sistem menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama dan sensor PZEM-004T untuk mengukur tegangan, arus, dan daya. Data ditampilkan secara real-time melalui aplikasi blynk sehingga dapat dipantau dari jarak jauh. Metode penelitian meliputi perancangan, perakitan, serta pengujian dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur pada berbagai beban listrik rumah tangga Berdasarkan hasil pengujian, pengukuran tegangan menunjukkan nilai error dalam rentang 0,622% hingga 2,318% dengan rata-rata sebesar 1,19% dan tingkat akurasi sekitar 98,81%. Pada pengujian arus, nilai yang diperoleh berada pada kisaran 0,02 A hingga 2,03 A. Sementara itu, hasil pengukuran daya menunjukkan rentang nilai antara 4,1 W hingga 449,8 W dengan tingkat akurasi sekitar 99%. Selain itu, sistem pengaman yang diterapkan mampu berfungsi dengan baik saat terjadi beban berlebih, ditandai dengan relay yang memutus aliran listrik secara otomatis, buzzer yang berbunyi sebagai alarm, LED merah yang menyala sebagai indikator overload, serta pengiriman notifikasi melalui aplikasi. Dengan cara ini, sistem tersebut bisa memberikan dukungan. pengguna dalam memantau sekaligus meningkatkan keamanan penggunaan listrik pada rumah tangga

## PENDAHULUAN

Beberapa tahun belakangan ini, penggunaan. listrik per kapita di Indonesia menunjukkan pertumbuhan yang cukup pesat. Di tahun 2023, konsumsi listrik rata-rata per rumah tangga telah mencapai angka 1.285 kWh. dengan rencana peningkatan lebih lanjut hingga mencapai 1.408 kWh per kapita pada tahun 2024. Tren kenaikan ini mengindikasikan adanya peningkatan jumlah perangkat elektronik yang digunakan dalam rumah tangga, yang pada gilirannya dapat menyebabkan potensi gangguan dalam sistem kelistrikan, seperti terjadinya lonjakan daya serta kelebihan beban listrik [1]. Teknologi iot menghadirkan inovasi dalam pemantauan serta pengendalian penggunaan listrik secara langsung dan real-time. Dengan dukungan mikrokontroler seperti ESP32, sistem ini mampu mengolah data yang diperoleh dari sensor PZEM-004T, lalu mengirimkan informasi tersebut ke platform berbasis cloud untuk analisis lebih lanjut [2][8].

Penerapan IoT dalam infrastruktur kelistrikan pada rumah pintar memungkinkan identifikasi dini terhadap berbagai potensi masalah, seperti arus yang melebihi batas normal, lonjakan tegangan yang berlebihan, ataupun risiko korsleting listrik [4][9]. Dengan demikian, sistem ini bukan hanya berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi konsumsi energi bahkan juga memperkuat aspek keselamatan bagi para pengguna. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah pengguna dalam memantau konsumsi listrik rumah tangga mereka melalui teknologi IoT. IoT

sendiri merupakan suatu konsep yang dapat memungkinkan berbagai objek untuk saling berkomunikasi serta mengirimkan data atau informasi melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi langsung dari manusia [3][10]. Tujuan dari sistem pemantauan ini adalah untuk memungkinkan pemilik rumah mengawasi perubahan tegangan, arus, dan daya secara berkala. Meskipun pemilik rumah tidak dapat secara langsung melihat nilai tegangan, arus, dan daya pada kWh meter, mereka tetap dapat memantau penggunaan listrik secara lebih efisien [10]. kWh meter sendiri berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mengukur dan mencatat jumlah energi listrik (Watt jam) yang dikonsumsi dalam periode waktu tertentu. Selain itu, sistem ini juga memiliki fitur notifikasi serta mekanisme pemutusan daya secara otomatis dapat berfungsi sebagai peringatan dini bagi pengguna, sehingga mereka dapat segera mengambil tindakan sebelum terjadi kerusakan pada perangkat listrik akibat beban yang berlebihan.

Dengan adanya fitur ini, risiko gangguan listrik, seperti overheating atau kegagalan sistem akibat daya yang melampaui batas aman, dapat diminimalisir [12][13]. Pada penelitian ini penulis mengharapkan mampu memberikan dampak yang signifikan dalam kemajuan teknologi khususnya dalam sistem pemantauan dan keamanan listrik pada rumah. Dengan diterapkannya sistem pemantauan dan perlindungan terhadap beban listrik yang berbasis IoT ini, diharapkan pengguna dapat lebih mudah dalam mengontrol serta mengelola konsumsi energi listrik secara optimal. Teknologi ini memungkinkan pemantauan penggunaan daya secara realtime, yang memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi pola konsumsi listrik dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi pada penggunaan energi [4][9]. Selain itu, sistem ini juga berperan dalam meningkatkan aspek keselamatan kelistrikan di rumah maupun bangunan lainnya, dengan mendeteksi potensi risiko seperti kelebihan beban atau gangguan listrik yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan atau bahkan kebakaran[7][13]

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kajian pustaka dengan mengeksplorasi berbagai literatur ilmiah seperti jurnal, buku, dan sumber-sumber lain yang berhubungan dengan isu penelitian. Setelah itu diterapkan metode eksperimen rekayasa (*Engineering Experiment*), yakni dengan merancang, menciptakan, dan menguji sistem pemantauan, serta pengamanan beban listrik berbasis IoT untuk mengetahui kinerja sistem dalam memantau beban listrik secara real-time, mengirimkan notifikasi, dan memutuskan daya secara otomatis saat terjadi beban berlebih.

### 2.1 Internet Of Things

Internet of things merupakan ide yang mengaitkan berbagai alat melalui jaringan internet. Dengan adanya sensor dan aktuator, berbagai benda seperti peralatan elektronik, mesin, kendaraan, dan perangkat lainnya dapat saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan [3][10].

ESP32 yaitu mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dan memiliki keunggulan seperti banyak pin input/output, memori besar, serta dukungan WiFi dan Bluetooth. Fitur tersebut membuat ESP32 cocok digunakan pada sistem berbasis Internet of Things [5].



**Gambar 1.** NodeMCU ESP 32

Sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, dan daya. Sensor ini dapat digunakan pada berbagai mikrokontroler seperti Arduino dan NodeMCU. Modul ini mampu mengukur tegangan 80–260 VAC dan arus hingga 100 A, serta membaca parameter lain seperti frekuensi, faktor daya, dan energi listrik melalui antarmuka TTL dengan suplai 5 V [6][11].



**Gambar 2.** Sensor PZEM-004T

Relay adalah sakelar elektronik yang dikendalikan oleh mikrokontroler untuk mengontrol beban listrik AC atau DC melalui satu jalur. Modul ini dilengkapi relay, optocoupler, LED indikator, dan terminal koneksi sehingga perangkat berdaya rendah dapat mengendalikan beban listrik yang lebih besar.



**Gambar 3.** Relay Module 1 Channel

LCD adalah perangkat visual yang memanfaatkan cairan kristal untuk menunjukkan informasi. Tampilan LCD dapat berupa karakter atau gambar yang tersusun dari piksel-piksel kecil yang dibentuk oleh elemen kristal cair. Kristal cair pada LCD tidak menghasilkan cahaya sendiri, tetapi mengatur cahaya dari sumber pencahayaan latar. LCD tipe **16×2** dapat menampilkan 32 karakter yang terdiri dari dua baris, dan masing-masing baris menampilkan hingga 16 karakter .



**Gambar 4.** LCD (*Liquid Crystal Display*)

Buzzer yaitu alat elektronika dan berguna untuk menghasilkan suara ketika dialiri tegangan listrik. Komponen ini sering dimanfaatkan sebagai indikator atau alarm dalam berbagai sistem elektronik untuk memberikan tanda atau peringatan kepada pengguna.



**Gambar 5.** Buzzer

LED merah dan LED hijau digunakan sebagai indikator kondisi sistem. LED hijau menyala saat penggunaan listrik dalam keadaan normal atau masih di bawah batas yang ditentukan, sedangkan LED merah menyala ketika terjadi beban listrik berlebih (overload). Indikator ini memudahkan pengguna untuk mengetahui kondisi listrik secara langsung.



**Gambar 6.** Lampu Indikator

Blynk merupakan platform aplikasi berbasis iOS dan Android dan berguna sebagai antarmuka untuk mengontrol mikrokontroler seperti Arduino, Raspberry, dan Wemos melalui internet. Platform ini mudah digunakan karena menyediakan antarmuka grafis dengan sistem *drag and drop*, sehingga memudahkan pengguna dalam membuat dan mengelola proyek IoT.



**Gambar 7.** Aplikasi Blynk

Adapun Diagram Blok Alir Penelitian ini antara lain :

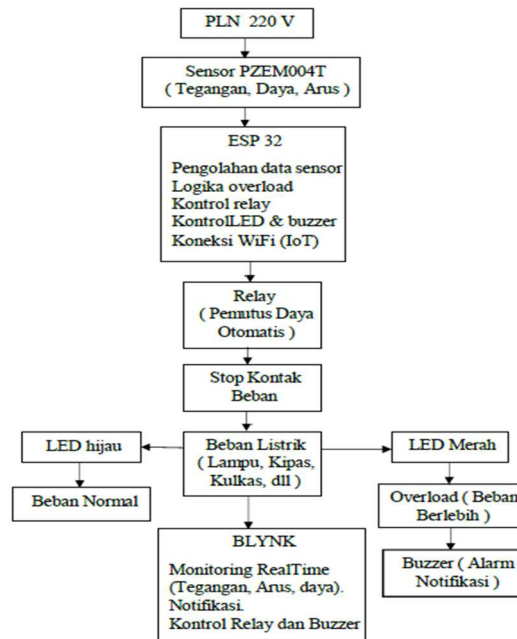


**Gambar 8.** Diagram Blok Alir Penelitian

Blok diagram alir penelitian ini menggambarkan tahapan sistematis dalam perancangan sistem monitoring dan pengamanan beban listrik berbasis IoT, yang diawali dengan studi literatur dan pengumpulan data, dilanjutkan dengan identifikasi kebutuhan serta pengumpulan alat dan bahan. Tahap berikutnya mencakup perancangan sistem yang terdiri dari perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software), kemudian diimplementasikan dan diuji untuk mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Hasil pengujian dianalisis untuk menilai tingkat keberhasilan sistem, sehingga diperoleh kesimpulan akhir sebagai indikator tercapainya tujuan penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Blok Diagram Alat



**Gambar 9.** Blok Diagram Sistem Alat

Sistem ini memanfaatkan sumber tegangan 220 V yang berasal dari Perusahaan Listrik Negara sebagai masukan utama. Tegangan tersebut selanjutnya dimonitor menggunakan sensor PZEM004T untuk mendapatkan nilai tegangan, arus, dan daya secara waktu nyata. Data yang diperoleh kemudian diolah oleh mikrokontroler ESP32 yang berperan sebagai pusat pengendali sistem. Hasil pengolahan data digunakan untuk mengidentifikasi kondisi beban, apakah berada dalam keadaan normal atau mengalami beban berlebih (overload). Pada kondisi normal, sistem beroperasi sebagaimana mestinya dengan indikator LED hijau menyala. Namun, ketika terjadi overload, LED merah dan buzzer akan aktif sebagai tanda peringatan, serta relay akan memutus aliran listrik secara otomatis untuk mencegah kerusakan pada beban. Selain itu, sistem ini terhubung dengan platform IoT Blynk yang memungkinkan pengguna memantau parameter listrik secara real-time, menerima notifikasi, serta melakukan pengendalian terhadap relay dan buzzer dari jarak jauh. Dengan demikian, sistem mampu menjalankan fungsi pemantauan dan proteksi beban listrik secara terpadu dan efisien.

### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

Tahap perancangan perangkat keras sistem dimulai dengan menggabungkan setiap komponen pendukung yang berhubungan pada sistem monitoring ini. Sistem ini dirancang untuk melakukan pengukuran arus, tegangan, dan daya menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 seperti tampilan dibawah ini.



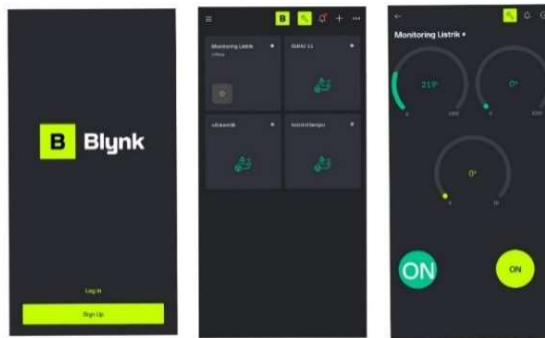
**Gambar 10.** Perancangan Perangkat Keras

Dari gambar 10 menunjukkan rancangan sistem monitoring tegangan, daya, dan arus. sistem ini dirancang dengan jumlah komponen yang relatif sedikit sehingga bersifat ringkas dan tidak memerlukan banyak ruang saat dihubungkan ke stop kontak. Rancangan tersebut dilengkapi dengan skematik perangkat keras yang menggambarkan seluruh sistem, yang tersusun dari komponen elektronik yang berguna memantau nilai tegangan, daya, dan arus listrik. ESP32 dihubungkan bersama sensor PZEM-004T melalui susunan rangkaian pengukuran tegangan, daya, dan arus. Selanjutnya, sensor PZEM-004T digabungkan ke kabel pada stop kontak agar dapat mengetahui arus listrik yang mengalir. Mikrokontroler ESP32 dapat beroperasi ketika memperoleh catu daya dari komputer atau laptop yang terhubung. Untuk merealisasikan sistem monitoring tersebut, memerlukan beberapa komponen pendukung lainnya, yaitu :

1. Nodemcu ESP32
2. Sensor PZEM-004T
3. Module Relay 5V
4. Buzzer
5. LCD 16x2
6. LED Merah Dan Hijau
7. Kabel NYM 2 X 1,5
8. Stop Kontak
9. Kabel Jumper Secukupnya
10. Papan PCB Bolong

### 3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Hasil dari perancangan sistem dengan konsep Internet of Things (IoT) ini mencakup pengembangan antarmuka aplikasi yang terdiri dari tampilan awal serta fitur monitoring dan kontrol manual terhadap sistem. Peneliti menggunakan aplikasi Blynk sebagai antarmuka awal pada smartphone Android. Pengguna terlebih dahulu melakukan pendaftaran akun dan masuk menggunakan nama pengguna serta kata sandi yang telah di daftarkan sebelumnya. Setelah berhasil masuk, aplikasi menampilkan halaman monitoring untuk memantau data sensor PZEM-004T secara realtime.



**Gambar 11.** Tampilan Awal Blynk

Dari gambar 11 peneliti menggunakan aplikasi blynk yang dimana pada tampilan awal aplikasi berfungsi sebagai layar pertama yang muncul saat aplikasi dijalankan pada smartphone Android untuk mengakses sistem pada aplikasi blynk tersebut, kita akan melakukan verifikasi pengguna dengan mendaftarkan terlebih dahulu, setelah itu kita akan masuk ke dalam sistem dengan mengetikkan nama pengguna dan kata sandi yang telah kita registrasikan sebelumnya. Selanjutnya, akan diarahkan ke tampilan monitoring yang akan digunakan untuk memantau kondisi pembacaan dari sensor PZEM-004T secara real-time. Pada sistem ini digunakan aplikasi smartphone berbasis Internet of Things (IoT), yaitu Blynk IoT, yang dikembangkan oleh Pavel Bayborodin. Aplikasi ini berfungsi sebagai antarmuka untuk memantau penggunaan listrik PLN dan mengendalikan relay secara nirkabel melalui internet. Dengan demikian, pengguna dapat melakukan monitoring dan kontrol sistem secara real-time dari mana saja. Berikut ditampilkan pada gambar 12 rancangan perangkat lunak yang digunakan pada alat monitoring yang dirancang.



**Gambar 12.** Tampilan Monitoring Pada Aplikasi Blynk.

### 3.3 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan guna memastikan sistem yang dirancang berfungsi sesuai dengan fungsi dan tujuan penelitian. Pengujian ini meliputi pemeriksaan kinerja setiap komponen serta pengujian sistem secara keseluruhan. Parameter yang diuji meliputi pembacaan sensor, pengiriman data, dan tampilan hasil monitoring pada aplikasi. Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai hasil pengukuran alat terhadap nilai referensi untuk mengetahui tingkat akurasi dan kestabilan sistem. Berikut daftar tabel pengujian alat di lampirkan dibawah ini :

**Tabel 1. Pengujian Tegangan Alat Monitoring**

Waktu Pengukuran	Alat Ukur Multimeter ( V )	Sensor Tegangan ( V )	Error Pengukuran ( % )
Percobaan - 1	220	222.8	1.272
Percobaan - 2	223	225.2	0.986
Percobaan - 3	224	225.7	0.758
Percobaan - 4	225	226.4	0.622
Percobaan - 5	220	225.1	2.318
Error Rata Rata			1.191

Berdasarkan hasil pengujian, tegangan yang terbaca pada sensor PZEM-004T cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan multimeter sebagai alat ukur acuan. Nilai error pengukuran berada pada rentang 0,622% hingga 2,318%. Rata-rata error yang diperoleh sebesar 1,19%, sehingga tingkat akurasi sistem mencapai 98,81%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sensor tegangan memiliki tingkat ketelitian yang baik dan masih berada dalam batas toleransi untuk sistem monitoring listrik [7]. Berikut ini rumus mencari eror dan rata rata eror dari tegangan.

$$\text{Error ( \% )} = \frac{V_{\text{sensor}} - V_{\text{acuan}}}{V_{\text{acuan}}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Error Rata Rata} = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n}{n} \quad \dots\dots\dots(2)$$

**Tabel 2. Pengujian Arus Alat Monitoring**

Beban Yang Digunakan	Daya ( Watt )	Alat Ukur Clamp Meter ( A )	Sensor PZEM-004T ( A )	Error Persentase ( % )
Lampu	19.1	0.12	0.14	0.166
Solder	43.6	0.14	0.19	0.357
Speaker	4.1	0.02	0.03	0,5
Setrika	352.7	1.31	1.59	0.213
Kipas Angin	35.8	0.11	0.16	0.454
Charger Laptop	49.7	0.44	0.42	0.045
Rice cooker	397.2	1.42	1.75	0.232
Kulkas	108.9	0.60	0.76	0.266
Jet Cleaner	449.8	1.76	2.03	0.153
Charger HP	11.5	0.10	0.13	0.3

Dari hasil pengujian arus yang terdapat pada tabel 2. yaitu hasil pengujian menunjukkan bahwa secara umum nilai arus yang dibaca oleh sensor PZEM-004T cenderung lebih besar dibandingkan hasil pengukuran multimeter. Selisih pembacaan ini menyebabkan munculnya error persentase yang bervariasi pada setiap jenis beban [14].

**Tabel 3.** Pengujian Daya Alat Monitoring

Beban Yang Digunakan	Alat Ukur Multimeter ( Watt )	Sensor PZEM-004T ( Watt )	Error Persentase ( % )	Akurasi ( % )
Lampu	21.12	19.1	0.095	99.905
Solder	24.64	43.6	0.769	99.231
Speaker	3.52	4.1	0.164	99.836
Setrika	350.56	352.7	0.006	99.994
Kipas Angin	19.36	35.8	0.849	99.151
Charger Laptop	37.44	49.7	0.327	99.673
Rice cooker	349.92	397.2	0.135	99.865
Kulkas	105.6	108.9	0.031	99.969
Jet Cleaner	309.76	449.8	0.129	99.871
Charger HP	16.6	11.5	0.066	99.934

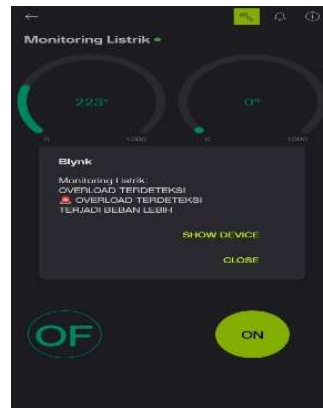
Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3, terlihat bahwa nilai daya yang diukur oleh sensor PZEM-004T menunjukkan perbedaan terhadap nilai daya yang diukur menggunakan multimeter sebagai alat acuan. Perbedaan tersebut digunakan sebagai dasar dalam perhitungan error persentase dan akurasi sistem. Nilai error persentase menggambarkan tingkat penyimpangan hasil pengukuran sensor dibandingkan dengan nilai referensi, sedangkan akurasi menunjukkan tingkat ketepatan sensor dalam pengukuran daya.

**Tabel 4.** Pengujian Relay / Overload

Parameter	Pengamatan
Arus	Melewati Batas
Daya	Melewati Batas
Relay	Off / Terputus Otomatis
Buzzer	Aktif / Berbunyi
LED Merah	On / Kedip Kedip
Notifikasi	Terjadi beban lebih / Beban listrik normal masuk ke aplikasi BLYNK

Berdasarkan Tabel 4, ketika arus dan daya terdeteksi melewati batas yang telah ditentukan, sistem secara otomatis mengaktifkan mekanisme pengaman. Relay berubah ke kondisi *off* sehingga aliran listrik terputus sebagai bentuk proteksi terhadap beban lebih. Secara bersamaan, buzzer aktif dan LED merah menyala berkedip sebagai indikator peringatan lokal. Selain itu, sistem juga mengirimkan notifikasi ke aplikasi Blynk IoT yang menginformasikan bahwa terjadi beban lebih. Ketika kondisi kembali normal, notifikasi pada aplikasi menunjukkan status beban listrik normal. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem monitoring dan pengaman bekerja sesuai dengan perancangan.

### 3.4 Notifikasi Overload / Beban Lebih



**Gambar 13.** Tampilan Notifikasi Saat Terjadi Beban Lebih

Berdasarkan pada gambar 13. Notifikasi pada aplikasi Blynk di smartphone, sistem monitoring listrik berhasil mendeteksi kondisi beban berlebih (overload). Menunjukkan bahwa penggunaan daya telah melebihi batas aman sistem. Saat kondisi tersebut terjadi, aplikasi menampilkan tegangan 223 V dan daya 0 W, yang menandakan sistem telah memutuskan aliran listrik melalui relay sebagai langkah pengamanan untuk mencegah kerusakan peralatan dan risiko bahaya listrik.

### 3.5 Notifikasi Beban Normal



**Gambar 14.** Tampilan Notifikasi Saat Beban Normal

Berdasarkan pada gambar 14. notifikasi pada aplikasi Blynk di smartphone, sistem monitoring listrik menunjukkan kondisi listrik dalam keadaan normal. Menandakan bahwa penggunaan daya telah kembali berada pada batas aman sistem. Tampilan aplikasi menunjukkan tegangan 223 V dan daya 40,9 W, yang menunjukkan beban listrik bekerja normal. Status ON juga menandakan aliran listrik masih tersambung sehingga perangkat dapat beroperasi dengan baik.

## KESIMPULAN

1. Sistem monitoring listrik berhasil dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-004T yang mampu membaca parameter tegangan, arus, dan daya serta menampilkan data secara real-time melalui aplikasi Blynk pada smartphone.

2. Hasil pengujian tegangan menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T memiliki selisih yang kecil dibandingkan multimeter dengan nilai error antara 0,622% hingga 2,318%, serta rata-rata error 1,19% dengan tingkat akurasi sekitar 98,81%.
3. Pada pengujian arus, nilai arus yang terbaca sensor berkisar antara 0,02 A hingga 2,03 A pada berbagai jenis beban listrik dan cenderung sedikit lebih besar dibandingkan pengukuran menggunakan clamp meter.
4. Pengujian daya menunjukkan bahwa sensor mampu membaca daya beban antara 4,1 W hingga 449,8 W dengan tingkat akurasi pengukuran sekitar 99%, sehingga masih layak digunakan untuk monitoring listrik rumah tangga.
5. Sistem pengaman bekerja dengan baik saat terjadi beban berlebih, di mana relay memutuskan aliran listrik, buzzer berbunyi sebagai alarm, LED merah menyala sebagai indikator overload, serta notifikasi dikirim melalui aplikasi Blynk.

### REFERENSI

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2024). *Konsumsi listrik masyarakat meningkat*. <https://www.esdm.go.id/>.
- [2] Fakultas Teknik Universitas Medan Area. (2024). *Penerapan internet of things (IoT) dalam sistem kelistrikan rumah pintar*. <https://teknik.uma.ac.id/2024/10/24/penerapan-iot-dalam-sistem-kelistrikan-rumah-pintar/>.
- [3] Siregar, D. A. (2020). *Rancang bangun alat pengawas pemakaian listrik rumah tangga menggunakan sistem Internet of Things (IoT)* (Skripsi). Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. <https://repository.uin-suska.ac.id/31171/>.
- [4] Wiesesha, A., & Ridhoi, A. (2023). *Rancang bangun monitoring listrik pada rumah berbasis internet of things (IoT) menggunakan ESP32*. *TEKNIKA*, 1(1), 105–113. <https://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/teknika/article/view/8801>.
- [5] Suryanto, & Watmah, S. (2024). Pemantauan catu daya untuk proteksi listrik menggunakan ESP32 berbasis IoT. *IMTechno: Journal of Industrial Management and Technology*, 6(2). <https://doi.org/10.31294/imtechno.v6i2.9518>.
- [6] Muslihi, M. T. (2023). *Pengembangan dan evaluasi sistem monitoring konsumsi daya listrik berbasis IoT dengan sensor PZEM-004T dan ESP8266*. *Jurnal FASILKOM*, 15(1).
- [7] Surya, I., et al. (2023). Sistem monitoring beban listrik dan perbaikan faktor daya menggunakan PZEM-004T berbasis IoT. *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, 3(3), 235–246. <https://doi.org/10.35313/jitel.v3.i3.2023.235-246>.
- [8] Tanto, & Darmuji. (2019). Penerapan internet of things (IoT) pada alat monitoring energi listrik. *Jurnal Informatika dan Komputer*, 4(1). <https://ejournal.stmikgici.ac.id/index.php/jurnal/article/view/197>.
- [9] Jumari, Sholeha, D., Rezeki, N. S., Sinaga, J., & Tarigan, K. (2024). Desain dan penerapan sistem monitoring energi listrik berbasis IoT menggunakan ESP32. *Impression: Jurnal Teknologidan Informasi*, 4(3). <https://doi.org/10.59086/jti.v4i3.1319>.
- [10] Adiwiranto, M. N., Waluyo, C. B., & Sudibya, B. (2022). Prototipe sistem monitoring konsumsi energi listrik serta estimasi biaya berbasis Internet of Things. *Jurnal Edukasi Elektro*, 6(1). <https://doi.org/10.21831/jee.v6i1.44272>.

- 
- [11] Tamorron, Y. (2025). *Sistem monitoring penggunaan daya listrik berbasis internet of things pada kost menggunakan aplikasi Blynk* (Skripsi). Universitas Medan Area. <https://repository.uma.ac.id/handle/123456789/20578>.
- [12] Hidayat, K. M. W., & Al-Faris, M. G. (2024). Sistem monitoring konsumsi daya listrik rumah tangga berbasis IoT menggunakan ESP32 dan PZEM-004T. *Brilliance*, 5(2). <https://doi.org/10.47709/brilliance.v5i2.6368>.
- [13] Ridyandhika, R. I., & Yulianti, B. (2022). Rancang bangun monitoring pemakaian arus listrik PLN berbasis internet of things (IoT). *Jurnal Rekayasa Elektro*, 18(2). <https://ejurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa/article/view/3476>.
- [14] Sirait, R., et al. (2024). Implementasi PZEM-004T dan LoRa untuk monitoring sumber listrik berbasis IoT. *Jurnal Mandiri IT*, 14(2). <https://doi.org/10.35335/mandiri.v14i2.457>.