

# Sistem Pemantauan dan Pengendalian Kinerja Beban Listrik Melalui Telegram

Oktavianus Eric Lois Ruman<sup>\*a)</sup>, Aries Boedi Setiawan<sup>a)</sup>, Resi Dwi Jayanti Kartika Sari<sup>a)</sup>

(Received 28 Mei 2025 || Revised 26 Juni 2025 || Published 23 Desember 2025)

**Abstract:** The advancement of Internet of Things (IoT) technology has enabled the development of smarter and more efficient electrical systems. In this research, a smart meter system was designed and built using the ESP8266 microcontroller, PZEM-004T sensor, and relay module, integrated with the Telegram application. The system can monitor electrical parameters such as current, voltage, power, and energy consumption (kWh) in real-time, as well as providing remote load control features. The PZEM-004T sensor is used to accurately measure electrical parameters, while the relay functions as an additional protection mechanism against overcurrent conditions, with a current threshold of 2 Amperes. The system is also designed to automatically send daily energy consumption reports and cost estimates via Telegram. Test results show that the system can read data with high accuracy (relative error < 5%) and can automatically or manually control the power load via Telegram. Real-time notifications, energy reporting, and cost estimation features make this system effective for practical and economical electricity monitoring and control.

**Keywords:** Smart Meter, IoT, Esp8266, PZEM-004T, Telegram, Energy Consumption, Relay.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membuka peluang dalam pengembangan sistem kelistrikan yang lebih efisien dan aman dengan kemampuan pemantauan serta pengendalian secara jarak jauh. Dalam instalasi listrik rumah tangga maupun industri ringan, penggunaan *Miniature Circuit Breaker* (MCB) menjadi standar proteksi utama terhadap arus lebih dan hubung singkat. Namun, MCB konvensional hanya bekerja secara manual dan tidak memberikan informasi parameter kelistrikan secara real-time kepada pengguna [1].

Keterbatasan ini menimbulkan perlunya sistem tambahan yang mampu mendeteksi dan memberikan informasi kondisi listrik secara langsung kepada pengguna. Sistem *smart meter* berbasis IoT menjadi solusi untuk memantau parameter seperti arus, tegangan, dan daya secara *real-time* serta memungkinkan pengendalian beban dari jarak jauh untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi konsumsi energi [2].

Selain itu, pemanfaatan aplikasi Telegram dapat mempermudah pengendalian dan pemantauan sistem kelistrikan karena Telegram menyediakan fitur bot yang mendukung interaksi dua arah dengan sistem tanpa memerlukan aplikasi tambahan [3]. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi listrik dan mengendalikan beban hanya melalui aplikasi Telegram yang telah digunakan sehari-hari, menjadikan sistem ini lebih praktis dan terjangkau.

Dalam penelitian ini, ESP8266 digunakan sebagai mikrokontroler yang terhubung ke jaringan Wi-Fi untuk memproses dan mengirimkan data secara real-time, sedangkan sensor PZEM-004T digunakan untuk membaca parameter kelistrikan secara akurat. Relay digunakan sebagai proteksi tambahan selain MCB, memungkinkan sistem memutus beban secara otomatis maupun manual dari jarak jauh melalui Telegram saat terjadi kondisi abnormal seperti arus berlebih atau tegangan tidak stabil. Lebih lanjut, sistem ini dilengkapi dengan fitur laporan konsumsi energi listrik (kWh) yang dikirimkan secara berkala melalui Telegram. Dengan laporan ini, pengguna dapat memantau pola konsumsi energi sehari-hari sehingga dapat mengambil langkah preventif untuk mengurangi pemborosan energi dan melakukan pengendalian konsumsi daya secara lebih efisien [4].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan *smart meter* berbasis IoT melalui Telegram yang mampu memantau arus, tegangan, daya, dan konsumsi energi secara real-time serta mengendalikan beban dari jarak jauh menggunakan relay sebagai proteksi tambahan, dengan harapan dapat mendukung sistem kelistrikan yang lebih cerdas, aman dan efisien. Adapun penelitian sebelumnya yaitu Penelitian "Rancang Bangun Sistem Proteksi dan *Monitoring* Arus dan Tegangan Lebih Berbasis Telegram" oleh Nursalim et al [5]. Penelitian ini bertujuan untuk membuat perangkat proteksi listrik rumah tangga yang dapat dikendalikan dan dipantau dari jarak jauh. Kemudian Penelitian "Perancangan Sistem *Monitoring* Energi Listrik Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan PZEM-004T untuk Pengendalian Penggunaan Daya" oleh Ahmad et al. [6]. Penelitian ini merancang sistem *monitoring* energi listrik berbasis IoT yang diterapkan pada terminal soket. Lalu Penelitian lain oleh Zalasena & Paramytha "Sistem *Monitoring* Arus dan Tegangan Berbasis IoT" [7]. Penelitian ini merancang sistem *monitoring* arus dan tegangan listrik menggunakan mikrokontroler ESP8266 NodeMCU dan sensor PZEM-004T.

## 2. Metode Penelitian

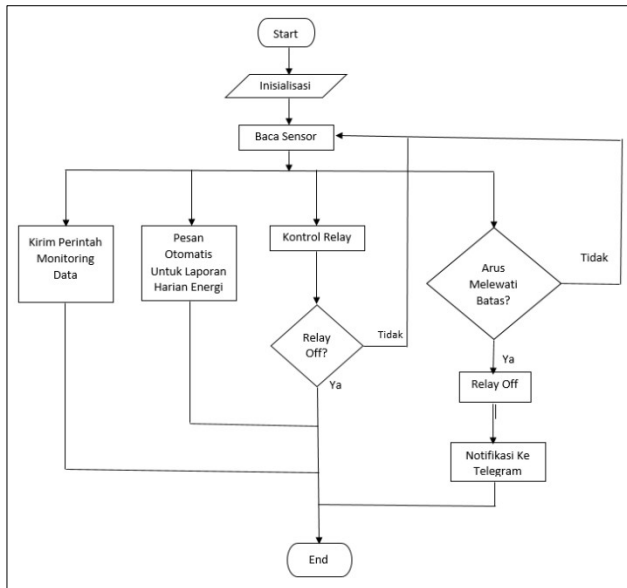
Dalam penelitian ini, metode yang digunakan meliputi studi literatur, perancangan sistem perangkat keras dan lunak, implementasi prototipe, serta pengujian dan analisis data. Pendekatan ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem *smart meter* berbasis Internet of Things (IoT) dengan sensor PZEM 004-T PZEM-004T yang digunakan untuk memantau parameter listrik seperti arus, tegangan, daya, dan energi (kWh) [8] yang terintegrasi dengan aplikasi Telegram guna memantau parameter kelistrikan secara real-time.

### 2.1 Diagram Alir

Pada Gambar 2.1 ditunjukkan alur kerja *smart meter* berbasis IoT mulai dari inisialisasi perangkat, pembacaan sensor, kontrol relay, hingga pengiriman data dan notifikasi ke Telegram secara otomatis berdasarkan kondisi parameter kelistrikan.

\*Korespondensi: [fanruman@gmail.com](mailto:fanruman@gmail.com)

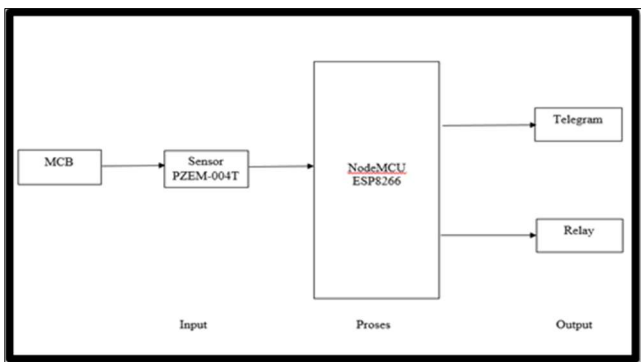
a) Prodi Teknik Elektro, Jurusan Teknik, Universitas Merdeka Malang  
Jl. Terusan Raya Dieng No. 62-64 Malang, Indonesia



GAMBAR 2.1 DIAGRAM ALIR

## 2.2 Blok Diagram

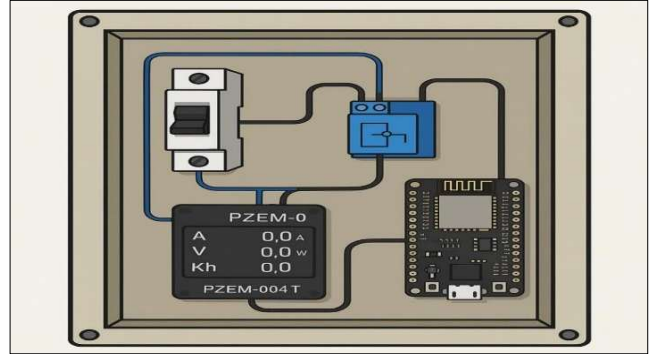
Gambar 2.2 berikut merupakan blok diagram dari sistem. Ditunjukkan pada Gambar 2.2 suatu rangkaian kerja dari *Smart Meter* berbasis IoT yang terdiri dari lima komponen utama, yaitu MCB, sensor PZEM-004T, NodeMCU ESP8266, relay, dan Telegram. MCB berfungsi sebagai pengaman utama sistem yang memutuskan aliran listrik secara otomatis ketika terjadi arus lebih atau korsleting, sekaligus melindungi komponen lainnya. Sensor PZEM-004T bertugas mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan energi (kWh), yang kemudian dikirim secara real-time ke mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini berperan sebagai pusat kendali utama yang memproses data dari sensor, mengendalikan relay berdasarkan kondisi atau perintah, serta menghubungkan sistem ke jaringan internet. Relay digunakan sebagai saklar elektronik otomatis untuk memutus atau menyambung aliran listrik ke beban ketika arus melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Seluruh interaksi pengguna dilakukan melalui aplikasi Telegram, yang berfungsi sebagai antarmuka jarak jauh untuk menerima data monitoring, laporan energi harian, notifikasi otomatis, serta memberikan kontrol terhadap relay secara real-time.



GAMBAR 2.2 BLOK DIAGRAM SISTEM

## 2.3 Perancangan Mekanik

Gambar 2.3 berikut merupakan gambar desain mekanik dari *Smart Meter* untuk pemantauan arus, tegangan dan daya berbasis *Internet Of Things* melalui Telegram. Semua komponen terletak dalam sebuah panel box listrik dengan rincian: MCB, Sensor PZEM 004-T, Esp8266 dan Relay. Semua Komponen saling terhubung satu sama lain dan terkoneksi dengan jaringan wifi sesuai yang telah diprogramkan sehingga bisa dimonitoring dari jarak jauh melalui Telegram.



GAMBAR 2.3 DESAIN MEKANIK

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Kalibrasi Sensor PZEM 004-T

Sebelum digunakan dalam sistem secara keseluruhan, proses pengkalibrasian sensor PZEM-004T perlu dilakukan guna memastikan akurasi pengukuran terhadap parameter listrik seperti arus, tegangan, daya, dan energi [12]. Kalibrasi ini bertujuan untuk menyelaraskan hasil pembacaan sensor dengan nilai aktual, sehingga data yang dikirim dan ditampilkan oleh sistem menjadi lebih *valid* dan dapat diandalkan [13]. Tabel 3.1 menampilkan ringkasan hasil pengukuran dan validasi nilai tegangan oleh sensor PZEM-004T yang ditampilkan di serial monitor. Dapat diamati bahwa hasil pengukuran tegangan pada multimeter dan serial monitor cukup mendekati dengan rata-rata nilai error yang didapat yaitu 2,3 %. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Yasa et al. (2023), yang menyatakan bahwa sistem berbasis ESP32 dan PZEM-004T menunjukkan error tegangan relatif kecil, yaitu sebesar 0,35% hingga 1,45% [14]. Selain itu, Wibowo et al. (2024) juga menyebutkan bahwa sistem monitoring yang dirancang mampu mencapai akurasi sebesar 96,37%, atau dengan kata lain memiliki error relatif kurang dari 4%, sehingga masih berada dalam rentang toleransi pengukuran yang diterima untuk perangkat monitoring listrik berbasis IoT [15].

TABEL 3.1 PENGUKURAN TEGANGAN (V)

No	Multimeter (V)	Serial Monitor (V)	Error (%)
1	229	232,0	3,0
2	230	232,9	2,9
3	233	234,1	1,1
4	232	234,5	2,5
Rata-Rata			2,3

Tabel 3.2 berikut merupakan hasil pengukuran dan validasi nilai arus. Hasil pengukuran arus oleh sensor yang tampil pada serial monitor cukup akurat yang ditunjukkan dengan nilai rata-rata nilai error yaitu 1,02%. Dari semua percobaan pengukuran yang

dilakukan diketahui bahwa nilai error tiap pengukuran tidak terlalu jauh dibandingkan dengan hasil dari alat ukur berupa tang amperemeter.

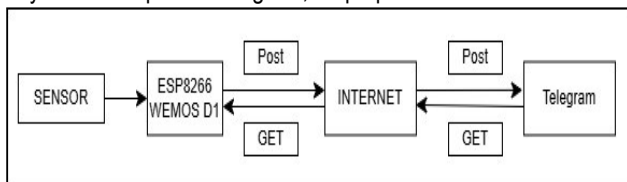
**TABEL 3.2 PENGUKURAN ARUS (A)**

No	Tang Amp (A)	Serial Monitor (A)	Error (%)
1	1,16	1,15	0,01
2	0,16	0,16	0
3	0,24	0,25	4,10
4	0,10	0,10	0
Rata-Rata			1,02

### 3.2 Proses Pengiriman Data Ke Telegram

Untuk mendukung sistem pemantauan dan pengendalian jarak jauh, komunikasi data antara alat dan pengguna menjadi komponen yang sangat penting dalam implementasi *IoT*. Dalam sistem yang dirancang, pengiriman data dilakukan secara otomatis dan *real-time* menggunakan media aplikasi Telegram sebagai antarmuka pengguna. Komunikasi ini dimediasi oleh mikrokontroler ESP8266 Wemos D1 Mini yang terhubung ke jaringan internet dan berfungsi sebagai pengendali utama dalam proses pertukaran data. Berikut ini dijelaskan bagaimana data dikumpulkan dari sensor, diproses oleh mikrokontroler, serta dikirimkan ke dan dari Telegram melalui protokol *HTTP* dengan metode *GET* dan *POST*.

Gambar 3.1 menggambarkan alur komunikasi sistem *IoT* berbasis ESP8266 Wemos D1 Mini yang terhubung dengan sensor listrik dan melakukan pertukaran data secara dua arah dengan aplikasi Telegram melalui jaringan internet. Proses ini membentuk komunikasi dua arah antara alat dan pengguna. ESP8266 mengirimkan data (*POST*). Pasif ESP8266 menunggu dan merespons perintah (*GET*). Dengan sistem ini, pengguna dapat memantau dan mengendalikan kondisi kelistrikan secara *real-time* hanya melalui aplikasi Telegram, tanpa perlu berada di lokasi alat.



**GAMBAR 3.1 PROSES PENGIRIMAN DATA KE TELEGRAM**

### 3.3 Pengujian Keseluruhan Komponen Terhadap Beban

Pengujian keseluruhan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem *smart meter* untuk pemantauan arus, tegangan dan daya berbasis *IoT* melalui Telegram secara menyeluruh. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak berjalan sesuai perancangan, serta sistem mampu mengirimkan data parameter listrik secara *real time*. Gambar 3.2 – Gambar 3.5 berikut merupakan hasil empat pengujian yang dilakukan dengan beban bervariasi dengan tampilan pada aplikasi Telegram.

Pada gambar 3.2 ditampilkan hasil pengujian yang dilakukan pada sebuah beban berupa dispenser air dengan mode *cooling* guna untuk memantau parameter listrik secara keseluruhan mulai dari arus, tegangan, dan daya dari pada beban. Terlihat data parameter listrik yang ditampilkan pada Telegram diperoleh nilai arus 0,84 A, tegangan 235,20 V, dan daya 96,20 W.



**GAMBAR 3.2 PENGUJIAN KE-1 BEBAN DISPENSER MODE COOLING**

Gambar 3.3 merupakan hasil pengujian kedua yang dilakukan pada sebuah beban berupa dispenser air dengan mode *heating*. Data parameter listrik yang dilihat secara keseluruhan yaitu arus 0,80 A, tegangan 234,10 V, dan daya 147,50 W.



**GAMBAR 3.3 PENGUJIAN KE-2 BEBAN DISPENSER MODE HEATING**

Pada Gambar 3.4 ditampilkan hasil pengujian ketiga yang dilakukan dengan beban dispenser pada mode *heating* dan *fast boil*. Data parameter listrik yang tampil pada Telegram yaitu nilai arus 1,64 A, tegangan 232,10 V, dan daya 381,40 W.



**GAMBAR 3.4 PENGUJIAN KE-3 BEBAN DISPENSER MODE HEATING DAN FAST**

#### Boil

Pada Gambar 3.5 ditampilkan pengujian kelima dengan beban sebuah kulkas pendingin Polytron tipe SCN 140. Data parameter listrik yang dilihat secara keseluruhan yaitu arus 1,56 A, tegangan 238,90 V, dan daya 250,70 W.



**GAMBAR 3.5 PENGUJIAN KE-4 BEBAN KULKAS PENDINGIN**

Dari keempat pengujian alat yang telah dilakukan dapat dilihat pada tampilan di Telegram data parameter listrik yang diukur. Tabel 3.3



menampilkan rekapitulasi pengujian alat secara keseluruhan. Berdasarkan Tabel 3.3 dapat diamati bahwa terdapat hubungan yang proporsional antara nilai arus dan daya listrik yang dikonsumsi oleh beban. Pada beban 1, dengan arus sebesar 0,84 A dan tegangan 235,20 V, tercatat daya sebesar 96,20 W. Sementara itu, pada beban 3, arus meningkat menjadi 1,64 A dengan tegangan 232,10 V, sehingga daya juga meningkat signifikan menjadi 381,40 W. Meskipun nilai tegangan antar beban hanya mengalami fluktuasi kecil di kisaran 232–239 V, perubahan daya cenderung mengikuti besar arus. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menangkap variasi arus dan menghitung daya secara real-time dengan baik, serta dapat dilihat dari Telegram untuk pemantauan jarak jauh. Berdasarkan hasil pengujian terhadap beberapa jenis beban, dapat diamati bahwa variasi daya listrik yang terukur berbanding lurus dengan perubahan arus beban, sementara tegangan relatif stabil pada kisaran 232–239 V. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menangkap dinamika perubahan beban secara real-time dan menghitung daya secara konsisten. Nilai-nilai parameter listrik yang ditampilkan melalui Telegram sesuai dengan karakteristik beban yang diuji, sehingga validitas sistem dalam pemantauan jarak jauh dapat dibuktikan secara eksperimental.

TABEL 3.3 PENGUJIAN KESELURUHAN ALAT

Beban	Arus(A)	Tegangan(V)	Daya(W)
1	0,84	235,20	96,20
2	0,80	234,10	147,50
3	1,64	232,10	381,40
4	1,56	238,90	250,70

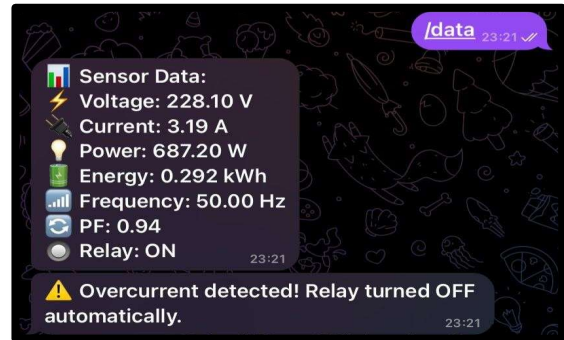
### 3.4 Pengendalian Beban melalui Telegram

Pengendalian beban dalam sistem *smart meter* berbasis IoT melalui Telegram merupakan salah satu fitur utama yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan instalasi listrik. Sistem ini mengintegrasikan sensor PZEM-004T, mikrokontroler ESP8266, dan modul relay yang dapat dikendalikan secara otomatis maupun manual melalui Telegram. Sistem dirancang untuk memantau parameter listrik seperti arus, tegangan, dan daya secara real-time. Ketika arus melebihi ambang batas yang telah ditentukan (dalam hal ini 2 Ampere), ESP8266 secara otomatis akan memutuskan aliran listrik dengan mengaktifkan relay ke posisi OFF. Hal ini bertujuan untuk mencegah *overcurrent* yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik atau bahkan kebakaran. Pengujian yang dilakukan pada berbagai jenis beban, seperti dispenser, kulkas, magic com, laptop, solder, dan gerinda menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemantauan dan pengendalian dengan baik. Sebagai contoh, pada pengujian dispenser dengan mode heating, fast boil, dan cooling, arus tercatat sebesar 3.19 A, yang melebihi batas aman. Sistem secara otomatis memutuskan aliran listrik melalui relay dan mengirimkan notifikasi ke Telegram bahwa proteksi aktif karena *overcurrent*. Sebaliknya, pada beban seperti laptop dengan arus 0.15 A, sistem tetap menjaga relay dalam posisi ON karena beban masih dalam kondisi aman.

Kontrol manual juga dapat dilakukan oleh pengguna melalui perintah Telegram, seperti perintah /on dan /off untuk mengaktifkan atau mematikan beban secara langsung. Ini memberikan fleksibilitas tambahan bagi pengguna dalam mengelola beban

sesuai kebutuhan. Pada Gambar 3.6 ditampilkan pengendalian beban secara otomatis melalui Telegram. Pada kondisi itu relay langsung memutuskan aliran listrik secara otomatis karena nilai arus melewati batas yaitu 3,19 A dari ambang batas arus yang ditentukan yaitu 2 A.

Pada Gambar 3.7 merupakan tampilan beban listrik dikendalikan secara manual dari jarak jauh melalui Telegram dan itu membutuhkan waktu sekitar 0 sampai 5 detik untuk konektivitas pengontrolan dan beban berhasil dikendalikan.



GAMBAR 3.6 PENGENDALIAN BEBAN SECARA OTOMATIS



GAMBAR 3.7 PENGENDALIAN BEBAN SECARA MANUAL

### 3.5 Analisis Akurasi Data Pembacaan dan Pengiriman Melalui Telegram

Analisis akurasi sistem dilakukan secara menyeluruh dengan mempertimbangkan rantai pengukuran *end-to-end*, yang meliputi pembacaan sensor PZEM-004T, pemrosesan data oleh mikrokontroler ESP8266, serta pengiriman dan penampilan data melalui aplikasi Telegram. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan, arus, dan daya listrik. Berdasarkan hasil kalibrasi sensor yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2, diperoleh error rata-rata pengukuran tegangan sebesar  $\pm 2,3\%$  dari nilai nominal 230 V atau setara dengan error relatif sekitar 1,0%, sedangkan error rata-rata pengukuran arus berada pada kisaran 1–2% dengan error maksimum tidak melebihi 5%. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk sistem monitoring energi listrik berbasis IoT.

Data hasil pembacaan sensor yang diproses oleh ESP8266 kemudian dikirimkan ke aplikasi Telegram melalui jaringan internet menggunakan Telegram Bot API. Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan sistem (Tabel 3.3), nilai arus, tegangan, dan daya yang ditampilkan pada Telegram menunjukkan kesesuaian numerik dengan data yang diproses pada sisi mikrokontroler. Tidak ditemukan perbedaan nilai akibat proses transmisi data, sehingga

dapat disimpulkan bahwa media komunikasi Telegram tidak memberikan kontribusi error tambahan terhadap sistem. Dengan demikian, error total sistem secara dominan berasal dari karakteristik sensor PZEM-004T, sedangkan proses pengiriman data melalui Telegram bersifat lossless terhadap nilai parameter listrik. Secara keseluruhan, sistem memiliki tingkat akurasi lebih dari 95%, sehingga layak digunakan untuk pemantauan dan pengendalian beban listrik secara real-time. Tabel 3.4 menunjukkan bahwa data parameter listrik yang diterima dan ditampilkan melalui aplikasi Telegram memiliki kesesuaian penuh dengan data pembacaan sensor PZEM-004T pada sisi mikrokontroler. Tidak ditemukan perbedaan numerik antara data yang diproses secara internal dan data yang dikirimkan melalui jaringan internet, sehingga error sistem secara keseluruhan didominasi oleh error sensor. Dengan error relatif di bawah 5%, sistem ini dapat dikategorikan memiliki akurasi yang baik untuk aplikasi monitoring energi listrik berbasis IoT.

TABEL 3.4 TABEL KONTRIBUSI ERROR *END-TO-END*

Komponen	Kontribusi Error
Sensor PZEM-004T	$\pm 1-2\%$
ESP8266 processing	$\sim 0\%$
WiFi transmission	0 %
Telegram Bot API	0 %
Tampilan Telegram	0 %

### 3.6 Analisis Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini memiliki fokus pada pengembangan sistem smart meter berbasis IoT melalui platform Telegram, yang tidak hanya melakukan pemantauan parameter kelistrikan secara real-time tetapi juga mampu melakukan pengendalian beban secara otomatis berdasarkan nilai ambang batas arus yang telah ditentukan. Beberapa penelitian sebelumnya memiliki kesamaan dalam hal pemanfaatan mikrokontroler ESP8266 dan sensor PZEM-004T, seperti Ahmad et al. (2022), yang menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor PZEM-004T untuk memantau konsumsi daya melalui web platform ThingSpeak. Sistem ini mendukung pemantauan jarak jauh, namun kontrol beban masih dilakukan secara manual, dan tidak terdapat integrasi dengan aplikasi komunikasi seperti Telegram yang lebih user-friendly [6]. Zalasena & Paramytha (2023), mengembangkan sistem monitoring arus dan tegangan berbasis Blynk dengan tambahan sensor PIR dan MQ-2 untuk keamanan. Meskipun memiliki fitur deteksi keberadaan dan kebakaran, sistem ini lebih berfokus pada monitoring dan keamanan lingkungan, dan tidak menekankan pada efisiensi konsumsi energi atau pengendalian beban otomatis berdasarkan nilai arus [7].

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan pada Sistem Pemantauan dan Pengendalian Kinerja Beban Listrik Melalui Telegram dapat disimpulkan yaitu Sistem yang dirancang berhasil melakukan monitoring parameter kelistrikan (arus, tegangan, daya, dan energi) secara real-time menggunakan sensor PZEM-004T dan mikrokontroler ESP8266. Dari hasil kalibrasi, sistem mampu membaca arus dengan error relatif rata-rata sebesar 1,24% dan tegangan dengan error relatif rata-rata sebesar 1,02%, dengan error maksimum tidak melebihi

5%, sehingga akurasi sistem termasuk dalam kategori baik dan layak digunakan untuk pemantauan lapangan. Kemudian sistem juga mampu melakukan pengendalian beban otomatis melalui relay ketika arus melebihi ambang batas 2A. Hal ini terbukti saat pengujian pada dispenser dengan mode *heating*, *fast boil*, dan *cooling*, yang menghasilkan arus 3,19A, sistem secara otomatis memutus aliran listrik dan mengirimkan notifikasi ke Telegram. Fungsi ini memperkuat proteksi terhadap perangkat elektronik sebelum MCB bekerja secara mekanik. Jika dibandingkan dengan dengan penelitian sebelumnya Penelitian oleh Ahmad et al. menggunakan ThingSpeak sebagai antarmuka monitoring, namun tidak memiliki sistem proteksi aktif. Kemudian Penelitian oleh Zalasena & Paramytha menggunakan Blynk untuk pemantauan, tetapi lebih berfokus pada keamanan (sensor PIR dan MQ-2), bukan pada efisiensi dan kontrol beban berbasis konsumsi listrik.

## Referensi

- [1] M. S. Mhaske, S. S. Raut, dan H. Chavan, "An IoT based Human Detection Quadruped Bot for Rescue," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, hal. 1947–1950, 2020, [Daring]. Tersedia pada: [www.irjet.net](http://www.irjet.net)
- [2] V. V. S. Prasad, S. V., Kumar, P. S., Raju, "No Title," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 8, no. 6, hal. 4498–4501, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v8i6/F9015088619.pdf>
- [3] V. Tiwari, A. Srivastava, dan P. Akilandeswari, "Twitter Spam Detection using Cobweb," hal. 728–736, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.ijert.org/research/iot-based-smart-energy-meter-and-controlling-using-mobile-application-IJERTCONV9IS04018.pdf>
- [4] B. I. Malcolm, "Simulation Of On-Street Parking Under Heterogeneous Urban Traffic Scenarios," *Simulation*, vol. 5, no. 3, hal. 11, 2018.
- [5] S. K. Nursalim1, Wellem F Galla2, Sudirman Syam3, "Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Arus dan Tegangan Listrik Berbasis Telegram," *J. Media Elektro*, vol. XI, no. 2, hal. 76–86, 2022, doi: 10.35508/jme.v0i0.8045.
- [6] P. Power dan U. Control, "Design of Electrical Energy Monitoring System Using NodeMCU," hal. 10–18, 2020.
- [7] M. Kautsar, R. Zalasena, dan N. Paramytha, "Sistem Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis IoT," vol. 06, no. 02, hal. 85–90, 2024.
- [8] N. Nurwijayanti dan B. Zakaria, "Pengendali Alat Listrik Jarak Jauh Guna Memonitor Energi Listrik Berbasis IoT Pada Cluster Smart Home," *IKRAITH-Teknologi*, vol. 7, no. 1, hal. 38–45, 2022, doi: 10.37817/ikraith-teknologi.v7i1.2318.
- [9] C. Beretas, "Internet of Things and Privacy," *Res. Med. Eng. Sci.*, vol. 6, no. 3, 2018, doi: 10.31031/rmes.2018.06.000636.
- [10] M. N. K. Hamdani, I. Sulistiyowati, dan S. D. Ayuni, "Automatic Stove Control System Based on the NodeMCU ESP8266 Microcontroller," *J. Electr. Technol. UMY*, vol. 6, no. 2, hal. 103–111, 2022, doi: 10.18196/jet.v6i2.16308.

- [11] H. Andrianto, Y. Susanthi, V. Jonathan, dan F. Teknik, "Platform Sistem Pemantauan Penggunaan Energi Listrik Berbasis IoT," no. November 2023, hal. 199–212.
- [12] B. F. Jauza dan Y. Rafsyam, "Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Volume 6 Tahun 2021," *Peranc. Apl. Pemantauan dan Pengendali. Suhu Shelter BTS*, vol. 6, hal. 232–236, 2021.
- [13] Marzuarman, Stephan, dan H. Putra, "Perbandingan Tingkat Akurasi Sensor Daya Listrik HLW8012 dan PZEM-004T Berbasis Arduino Uno," *Semin. Nas. Ind. dan Teknol.*, hal. 476–53, 2021.
- [14] D. Innovation, "Machine Learning in Business Analytics: Advancing Statistical Methods for Data-Driven Innovation," hal. 104–111, 2023, doi: 10.32996/jcsts.
- [15] L. Wibowo, R. Wahyusari, T. Yuwono, dan A. Shofia, "IoT-based high-accuracy monitoring system for on-grid photovoltaic power system using NodeMCU ESP8266 and PZEM004T," *J. Mechatronics, Electr. Power, Veh. Technol.*, vol. 15, no. 2, hal. 230–241, 2024, doi: 10.55981/j.mev.2024.823.