

Pemberdayaan Konservasi Energi: Memanfaatkan Potensi *IoT* dengan *NodeMCU Amica* dan *PZEM-004T* untuk Pemantauan dan Efisiensi Energi Cerdas

Empowering Energy Conservation: Unleashing IoT Potential With NodeMCU Amica and PZEM-004T Smart Energy Monitoring and Efficiency

Bambang Trisno¹, Rendy Adiyana Budiman², Sandi Pratama³,
Ridwan Riswana⁴, Tira Septiani⁵, Resa Pramudita^{6*}

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan,
Universitas Pendidikan Indonesia

Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154
bambangtrisno@upi.edu¹, rendyadiyanabudiman@upi.edu², sandipratamaa@upi.edu³,
ridwanriswana@upi.edu⁴, tiraseptiani@upi.edu⁵, resa.pd@upi.edu^{6*}

Abstrak – Penelitian ini mengembangkan sistem rumah pintar berbasis *IoT* untuk meningkatkan efisiensi energi, menggunakan sensor *PZEM-004T* dan *Arduino IDE*. Melalui pendekatan komparatif kuantitatif, sistem ini dibandingkan dengan multimeter standar, menunjukkan kesalahan hanya 0,19% - 0,46%, memastikan akurasi tinggi. Integrasi kontaktor dalam sistem ini membantu mencegah risiko hubungan singkat, meningkatkan keamanan perangkat elektronik. Meskipun belum ada pengujian langsung untuk mengukur penghematan energi, sistem ini menunjukkan kemampuan dalam memantau dan mengukur konsumsi energi dua beban secara bersamaan. Hal ini membuka peluang untuk optimalisasi penggunaan energi dan identifikasi area di mana konsumsi energi dapat dikurangi. Dengan fitur-fitur ini, sistem berpotensi mengurangi pemborosan energi dan menurunkan biaya operasional. Ke depan, sistem ini dapat digunakan untuk pemantauan energi listrik rumah tangga, integrasi dengan *smartphone* untuk kontrol yang lebih mudah, dan pencegahan penggunaan energi berlebihan. Dengan demikian, penelitian ini mendukung pendekatan cerdas dan efisien dalam penggunaan energi rumah tangga.

Kata Kunci: Konservasi energi, pemantauan energi, rumah pintar, *PZEM-004T*.

Abstract – This study develops a smart home system based on *IoT* to improve energy efficiency, using the *PZEM-004T* sensor and *Arduino IDE*. Through a quantitative comparative approach, the system was compared to a standard multimeter, showing a minimal error rate of 0.19% - 0.46%, ensuring high accuracy. The system's integration of a contactor helps prevent short-circuit risks, enhancing the safety of electronic devices. Although direct testing for energy savings has not yet been conducted, the system demonstrates the ability to monitor and measure the energy consumption of two loads simultaneously. This creates opportunities for optimizing energy use and identifying areas for energy reduction. These features suggest the system could potentially reduce energy waste and lower operational costs. The system can be used for household energy monitoring, *smartphone* integration for easier control, and prevention of excessive energy use. This study thus supports an intelligent and efficient approach to household energy.

Keywords: Energy conservation, energy monitoring, smart home, *PZEM-004T*.

TELKA, Vol.10, No.2, Juli 2024, pp. 158~167

ISSN (e): 2540-9123

ISSN (p): 2502-1982

1. Pendahuluan

Penghematan energi merupakan tugas yang sulit di era ini, di mana terjadi lonjakan biaya operasional sementara sumber daya semakin menyusut. Contoh sederhana sering ditemukan dalam pemborosan energi di rumah dengan terus menyalakan lampu dan menggunakan barang-barang elektronik secara berlebihan. Hal sederhana ini merupakan awal dari praktik pemborosan energi yang akan menimbulkan biaya yang sangat besar [1]. Masalah ini telah menjadi isu yang tren dan terus meningkat di setiap negara, termasuk Indonesia [2]. Penggunaan energi berlebih ini hanya bisa terlihat secara total saat membayar tagihan listrik. Hal ini disebabkan oleh kesulitan dalam memantau penggunaan energi setiap barang elektronik di rumah [3]. Kontrol dan penempatan konveksi rumah dalam bentuk sistem rumah pintar merupakan solusi dalam bidang efisiensi [4]. Sistem rumah pintar adalah sistem intrinsik yang menggabungkan banyak hal menjadi satu, seperti pengguna, penyimpanan, dan perangkat responsif lainnya [5]. Otomatisasi sistem rumah pintar kini menjadi hal penting dalam aplikasi *IoT* (*Internet of Things*). Penggunaan *IoT* bisa menjadi upaya manusia untuk meningkatkan kenyamanan dengan sistem nirkabel [6]. Melalui *IoT*, kita dapat mendeteksi berbagai data ancaman keamanan, peringatan dan kontrol tambahan pada tempat tinggal [7]. *Internet of Things* dapat dikembangkan seperti memantau berbagai hal dengan mudah dengan penggunaan beberapa perangkat seperti sensor [8].

Dalam penelitian terdahulu yang relevan, *IoT* digunakan untuk memproyeksikan pertukaran sakelar menjadi serangkaian instalasi listrik dalam bentuk penerangan instalasi dan penggunaan peralatan elektronik yang dapat dikendalikan secara *manual* dan juga dapat dikendalikan melalui media *Internet* yang telah diprogram sebelumnya pada *NodeMCU ESP8266* menggunakan perangkat lunak Arduino IDE [9]. Untuk kontrol jarak jauh, dalam penelitian lain, digunakan *Blynk* dalam bentuk perangkat lunak yang dapat memantau menggunakan *Internet* [10]. Penggunaan *Blynk* juga diterapkan dalam penelitian lain dalam menciptakan sistem kontrol rumah pintar berbasis frekuensi dan *IoT* [11]. Kemudian, dalam studi lain untuk mengontrol energi, sensor PZEM004T digunakan sebagai pembaca data untuk tegangan, kekuatan arus, dan daya listrik aktif [12].

Berdasarkan penelitian yang telah membuat sistem pemantauan energi listrik, kebanyakan dari mereka hanya menggunakan satu jenis sensor PZEM004T untuk memantau satu rumah tangga tanpa mengetahui berapa banyak beban yang dikeluarkan untuk setiap barang elektronik yang digunakan. Oleh karena itu, penulis membuat sistem pemantauan energi listrik menggunakan dua sensor PZEM004T sehingga *output* yang dihasilkan dalam pemantauan lebih spesifik untuk setiap beban perangkat elektronik yang dikeluarkan. Penulis juga menambahkan kontaktor dan relay AC sebagai langkah keamanan agar alat yang digunakan tahan lama. Setiap *output* yang dihasilkan dari setiap sensor akan dikirim ke *spreadsheet* setiap jam sekali dan akan direset setiap bulan sekali.

Untuk dapat memantau energi listrik, tentu sangat terkait dengan Meter kWh dalam mengukur listrik. Hal ini sangat rumit jika harus dilakukan secara *manual* menggunakan meter kWh di setiap bangunan [13]. Prinsip kerja Meter kWh Digital adalah mengukur konsumsi daya setiap jam [14]. Sistem kerja meter kWh digital dapat digantikan oleh modul PZEM-004T yang mampu memantau secara *real time* [15].

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti bermaksud untuk melaksanakan studi yang bertajuk "Pengoptimalan Konservasi Energi: Pemanfaatan Potensi *Internet of things* (*IoT*) dengan *NodeMCU Amica* dan PZEM-004 untuk *Monitoring* Pintar dan Efisiensi Energi". Studi ini bertujuan untuk membantu pemilik rumah dalam mengawasi penggunaan energi listrik. Hal ini memungkinkan pemilik rumah untuk mengetahui jumlah energi listrik yang dikonsumsi oleh tiap-tiap perangkat elektronik yang digunakan di rumah dan memberikan kemampuan untuk mengendalikan daya listrik tersebut melalui perangkat *smartphone*.

2. Metode Penelitian

2.1. Desain Penelitian

Dalam studi "Pengoptimalan Konservasi Energi: Pemanfaatan Potensi *Internet of Things* (*IoT*) dengan *NodeMCU Amica* dan PZEM-004 untuk Pengawasan Cerdas dan Efisiensi Energi",

metode kuantitatif komparatif digunakan. Fokusnya adalah membandingkan parameter dari multimeter dengan perangkat yang dikembangkan, untuk mengevaluasi tingkat kesalahan perangkat berdasarkan parameter multimeter. Penghitungan nilai kesalahan diimplementasikan melalui rumus berikut:

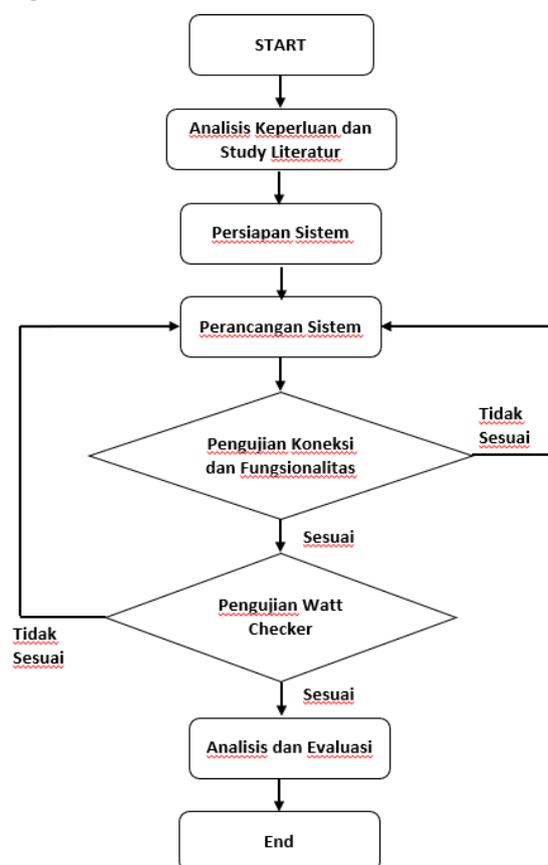
$$\%Error = \left| \frac{(X_{Ar} - X_{Au})}{X_{Au}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Information:

X_{Ar} = Nilai hasil pengukuran dari alat yang dirancang

X_{Au} = Nilai Hasil Pengukuran alat ukur

Peneliti menggunakan *flowchart* untuk memudahkan pembaca memahami alur penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



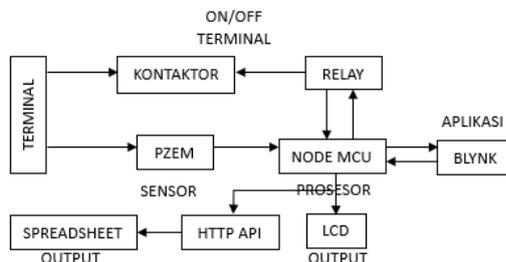
Gambar 1. *Flowchart* desain penelitian.

Tahap awal penelitian adalah studi pustaka, yang melibatkan pengumpulan data, membaca, pencatatan, dan pengelolaan materi penelitian [16]. Tahap kedua adalah analisis dan identifikasi kebutuhan peralatan, esensial untuk menunjang keberhasilan riset [17]. Ini diikuti oleh pembuatan rancangan alat, mencakup desain dan pengembangan alat serta metode untuk efisiensi manufaktur. Tahap keempat adalah verifikasi kerja alat dan penyesuaian jika perlu. Tahap akhir adalah analisis hasil dan diskusi, termasuk membandingkan data multimeter dengan hasil alat yang dikembangkan.

2.2. Perancangan Sistem

Diagram blok diimplementasikan sebagai instrumen dalam perancangan perangkat keras. Sebelum mengembangkan perangkat keras dengan lebih detail dan akurat, penyusunan diagram blok merupakan langkah esensial untuk memahami persyaratan dasar dalam pembuatan alat.

Diagram ini secara umum mengilustrasikan alur dari bagian *input* sampai ke *output* alat. Bagian *input* melibatkan modul *PZEM-004T*, yang berperan sebagai pemantau parameter energi listrik. Sedangkan bagian *output* terdiri dari sebuah LCD yang bertugas menampilkan data hasil pengukuran. Gambar 2 menampilkan representasi *visual* dari diagram blok tersebut.



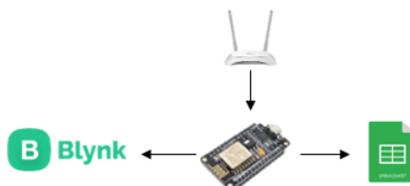
Gambar 2. Diagram blok sistem.

2.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dijalankan secara sistematis dan berurutan untuk memastikan bahwa proses pengumpulan data dilakukan secara efektif dan akurat. Berikut adalah uraian mengenai tahapan-tahapan yang ada dalam penelitian ini:

2.3.1. Integrasi *NodeMCU* dengan *Blynk* dan *Spreadsheet*

Dalam proses perancangan perangkat keras ini, esensial untuk mengenal prinsip kerja dari alat-alat yang diterapkan. Berikut adalah deskripsi mengenai mekanisme kerja alat yang digunakan, yang dapat dilihat pada Gambar 3.

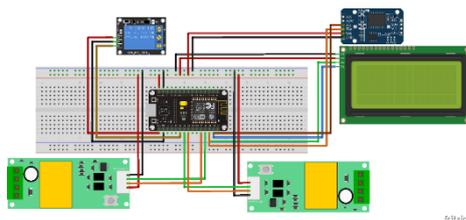


Gambar 3. Desain integrasi *NodeMCU* dengan *Blynk* dan *Spreadsheet*.

Ilustrasi Gambar 3 menunjukkan desain integrasi mikrokontroler *NodeMCU ESP8266* dengan aplikasi *Blynk* dan spreadsheet. Prosesnya dimulai dengan menghubungkan *NodeMCU ESP8266* ke *Blynk* melalui jaringan WiFi, dengan memasukkan nama dan kata sandi WiFi di *Arduino IDE*. Setelah terkoneksi *internet*, mikrokontroler diintegrasikan ke *Blynk* menggunakan kode autentikasi. Ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian listrik secara *real time* melalui *smartphone* dan mengirim data sensor ke *spreadsheet* sebagai catatan konsumsi listrik harian.

2.3.2. Perancangan *Hardware*

Ilustrasi desain perangkat keras dari alat yang telah dikonstruksi disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain *hardware*.

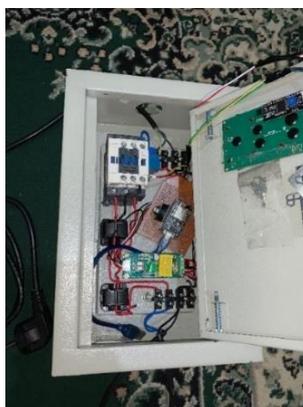
Alat ini dirancang dengan komponen utama seperti adaptor dari PLN yang menurunkan tegangan menjadi DC 5V untuk menghidupkan mikrokontroler *NodeMCU ESP8266*. Mikrokontroler ini terhubung dengan sensor *PZEM-004T* untuk mengukur nilai tegangan, arus, daya, cos phi, energi, dan frekuensi. Modul ini juga terintegrasi dengan *RTC DS3231* untuk menampilkan waktu dan mengatur ulang nilai KWH tiap bulan, serta terhubung ke layar *LCD I2C 20x4*. Relay 5V berfungsi sebagai kontrol daya, yang dapat dioperasikan lewat aplikasi *Blynk*.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini membahas hasil penelitian, termasuk pengujian yang telah dilaksanakan dan analisis terhadap hasil-hasil tersebut.

3.1. Hasil Perancangan Sistem *Hardware*

Pada bagian ini dijelaskan rancangan perangkat keras yang dikembangkan dan dibahas pada bab sebelumnya. Gambar 5 merupakan perangkat *hardware* yang telah diimplementasikan.



Gambar 5. Sistem *hardware*.

3.2. Hasil Pengujian dengan *Watt Checker*

Pengujian alat ini dilaksanakan dengan menjalankan serangkaian uji fungsional pada keseluruhan sistem, termasuk pada aspek perangkat keras dan perangkat lunak. Uji pertama yang dilakukan adalah pemeriksaan keakuratan alat dengan cara membandingkan hasil pengukuran yang diperoleh dari alat rancangan dengan hasil pengukuran yang didapatkan dari alat ukur *Watt Checker*. Aspek yang diukur dalam pengujian ini meliputi parameter energi, tegangan, arus, dan daya.

Tabel 1. Perbandingan hasil pengujian kwh.

Percobaan ke-	Beban listrik	Energi		
		kWh _{Ar}	kWh _{Au}	Error _{kWh} (%)
1.	Setrika	0.2	0.2	0
2.	Pompa air	0.057	0.057	0
3.	Charger laptop	0.007	0,007	0
4.	Televisi	0.04	0.04	0
5.	Penanak nasi	0.60	0.54	11
6.	Kipas (1)	0.006	0.006	0
7.	Kipas (2)	0.08	0.08	0
8.	Kipas (3)	0.07	0.07	0
9.	Pengering rambut	0.26	0.23	13
<i>Rata-rata error</i>				2.6%

Tabel 2. Perbandingan hasil pengujian tegangan

Percobaan ke-	Beban listrik	Tegangan		
		V_{Ar}	V_{Au}	Erör v (%)
1.	Setrika	222	222	0
2.	Pompa air	219	220	0.45
3.	Charger laptop	225	225	0
4.	Televisi	227	228	0.44
5.	Penanak nasi	225	225	0
6.	Kipas (1)	226	227	0.44
7.	Kipas (2)	227	228	0.44
8.	Kipas (3)	225	225	0
9.	Pengering rambut	215	215	0
Rata-rata erör				0.19%

Tabel 3. Perbandingan hasil pengujian arus

Percobaan ke-	Beban listrik	Arus		
		I_{Ar} (A)	I_{Au} (A)	Erör _A (%)
1.	Setrika	1.7	1.7	0
2.	Pompa air	1.7	1.7	0
3.	Charger laptop	0.4	0.4	0
4.	Televisi	0.34	0.34	0
5.	Penanak nasi	1.66	1.63	1.8
6.	Kipas (1)	0.17	0.17	0
7.	Kipas (2)	0.19	0.19	0
8.	Kipas (3)	0.22	0.22	0
9.	Pengering rambut	3.8	3.8	0
Rata-rata erör				0.2%

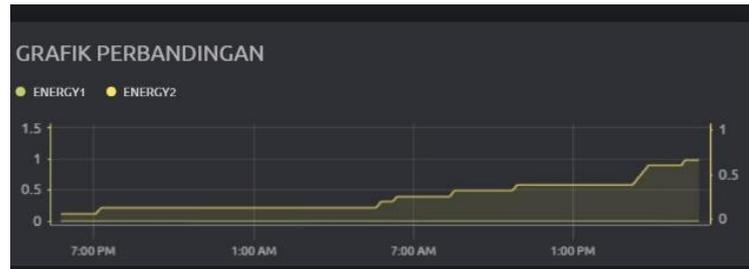
Tabel 4. Perbandingan hasil pengujian daya.

Percobaan ke-	Beban listrik	Daya		
		P_{Ar} (W)	P_{Au} (W)	Erör _w (%)
1.	Setrika	375	374	0.3
2.	Pompa air	360	357	0.8
3.	Charger laptop	46	46	0
4.	Televisi	70	71	1.4
5.	Penanak nasi	371	371	0
6.	Kipas (1)	37.1	37.4	0.8
7.	Kipas (2)	42.3	42.1	0.5
8.	Kipas (3)	49	49	0
9.	Pengering rambut	818	815	0.4
Rata-rata erör				0.46%

Hasil uji menunjukkan tingkat kesalahan pengukuran energi sebesar 2.6%, tegangan 0.19%, arus 0.2%, dan daya 0.46%. Kesalahan ini masih dalam batas yang diterima, yakni di bawah standar maksimal 10%, menandakan bahwa alat yang dikembangkan cukup akurat untuk penggunaannya.

3.3. Uji Beban Fluktuatif

Uji beban fluktuatif adalah prosedur pengujian kinerja sistem atau perangkat elektronik di bawah beban listrik yang berubah-ubah. Tujuannya adalah memastikan operasi yang efisien dan aman meski pada kondisi beban yang tidak stabil.



Gambar 6. Uji beban fluktuatif.

Gambar 6 memperlihatkan grafik pengukuran data pompa air dalam empat interval lima jam, terbagi menjadi empat segmen. Perubahan nilai setiap segmen menegaskan operasi perangkat yang tepat dan efisien, penting untuk verifikasi kinerja berkelanjutan.

3.4. Hasil Pengujian *Monitoring Web*

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi dan memverifikasi kinerja sistem atau alat yang memiliki fitur pemantauan melalui web.

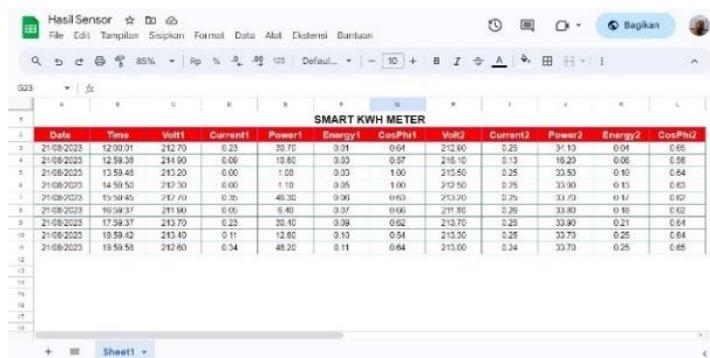


Gambar 7. Load information interface display.



Gambar 8. Power usage graph on load.

Gambar 7 menampilkan data Beban 1, termasuk energi, arus, tegangan, daya, dan faktor daya. Untuk data Beban 2, pengguna bisa beralih ke tab berikutnya. Gambar 8 menunjukkan grafik beban keseluruhan untuk mengidentifikasi konsumsi energi tertinggi, penting untuk analisis distribusi energi dan menentukan area yang perlu efisiensi atau penyesuaian.



	Date	Time	Volt1	Current1	Power1	Energy1	CosPhi1	Volt2	Current2	Power2	Energy2	CosPhi2
1	21/08/2023	12:30:31	242.70	0.25	59.70	0.11	0.64	212.50	0.25	44.13	0.04	0.65
2	21/08/2023	12:59:38	244.00	0.00	10.80	0.00	0.57	216.10	0.13	10.20	0.06	0.56
3	21/08/2023	13:59:48	243.20	0.00	1.00	0.00	1.00	215.50	0.25	30.50	0.10	0.64
4	21/08/2023	14:59:50	247.30	0.00	1.10	0.05	1.00	212.50	0.25	31.90	0.13	0.63
5	21/08/2023	15:59:45	242.00	0.20	49.30	0.16	0.63	213.20	0.25	33.29	0.11	0.62
6	21/08/2023	16:59:37	241.90	0.00	6.40	0.07	0.66	211.90	0.20	33.80	0.18	0.62
7	21/08/2023	17:59:37	243.70	0.23	30.40	0.09	0.62	213.70	0.25	33.90	0.21	0.64
8	21/08/2023	18:59:42	245.40	0.11	12.60	0.10	0.64	215.30	0.25	32.79	0.25	0.64
9	21/08/2023	19:59:58	242.60	0.34	49.20	0.11	0.64	213.00	0.24	32.79	0.25	0.65

Gambar 9. Visualisasi data pada Spreadsheet.

Sistem ini tidak hanya menawarkan visualisasi data melalui aplikasi, tapi juga fitur pengiriman data otomatis ke *Google Spreadsheet*. Gambar 9 menunjukkan bahwa fitur ini memudahkan pengumpulan dan penyajian data energi, arus, tegangan, dan parameter lain dalam format tabel yang terstruktur. Ini memungkinkan analisis efektif dan tinjauan komprehensif dalam satu tampilan, bermanfaat untuk analisis data jangka panjang dan memfasilitasi pengambilan keputusan berdasarkan data yang terkumpul.

3.5. Pembahasan

Eksperimen ini menguji beban dari berbagai peralatan listrik rumah tangga seperti kipas, pengering rambut, pompa air, TV, pengisi daya laptop, penanak nasi, dan setrika. Pengujian dilakukan pada parameter energi, tegangan, arus, dan daya, dengan pembacaan nilai dari alat rancangan dan *multimeter Watt Checker*. Kesalahan pengukuran energi adalah 2.6%, tegangan 0.19%, arus 0.2%, dan daya 0.46%, di bawah toleransi 10%. Perbedaan hasil pengukuran dikaitkan dengan faktor daya beban [18]. Alat ini, menggunakan sensor *PZEM-004T* dan terkoneksi dengan aplikasi *Blynk*, menampilkan pengukuran dan grafik konsumsi energi. Data dikirim otomatis ke *Microsoft Excel*, sesuai dengan konsep *Internet of Things* [19]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perangkat keras terhubung dengan berbagai alat listrik dan mikrokontroler dengan tombol reset dikontrol dari server IoT [20]. Sistem ini mendukung konsumsi energi yang lebih efektif di rumah tangga, sejalan dengan temuan bahwa pemantauan energi rumah pintar dengan integrasi pembelajaran mesin membantu mengelola konsumsi energi [21]. Ini relevan mengingat biaya energi domestik yang signifikan, dengan *Smart home* sebagai solusi efektif mengurangi konsumsi berlebihan [22].

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa prototipe yang dikembangkan efektif dalam memantau konsumsi energi pada perangkat elektronik, dengan tingkat kesalahan 0,19% hingga 0,46%. Hasil ini menunjukkan bahwa alat ini dapat memberikan pengukuran yang akurat dan konsisten, berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk aplikasi rumah tangga. Kemampuan prototipe ini untuk mengukur konsumsi energi pada dua beban secara bersamaan melalui teknologi IoT memberikan fleksibilitas dan kemudahan dalam pemantauan energi. Fitur-fitur seperti aplikasi *mobile* memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi konsumsi energi secara *real-time*, mempermudah analisis penggunaan energi, dan memberikan informasi yang lebih rinci. Integrasi kontaktor dalam prototipe ini membantu mencegah risiko hubungan singkat, meningkatkan keamanan perangkat elektronik, dan mengurangi kemungkinan kerusakan peralatan. Selain itu, fitur ini membantu pengguna dalam mengidentifikasi sumber pemborosan energi dan mengurangi biaya operasional dengan mengoptimalkan penggunaan energi. Penggunaan prototipe ini berpotensi mendukung usaha pengurangan dampak lingkungan dengan mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu. Dengan pemantauan energi yang lebih efisien, pengguna dapat mengambil tindakan untuk mengurangi pemborosan energi dan mencegah penggunaan energi berlebihan, sehingga mendukung upaya keberlanjutan. Rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut

termasuk menguji prototipe pada berbagai jenis beban untuk mengidentifikasi pola penggunaan energi listrik yang lebih rinci. Selain itu, penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi integrasi dengan perangkat pintar lainnya untuk menciptakan sistem rumah pintar yang lebih terhubung dan efisien.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada semua pihak yang mendukung penelitian ini. Terima kasih khusus untuk Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, serta Universitas Pendidikan Indonesia atas sumber daya, bimbingan, dan fasilitas yang diberikan.

Referensi

- [1] M. Mittal, S. Tanwar, B. Agarwal, and L. M. Goyal, "Energy conservation for *IoT* devices: Concepts, Paradigms, and Solutions," 2019.
- [2] K. Hernawan, "Peluang Penghematan Energi pada Boiler di PT Indo Bharat Rayon," *J. Tek. Energi*, vol. 10, no. 1, pp. 19-23, 2021. doi: 10.35313/energi.v10i1.2314.
- [3] S. Salsabila and D. Kasoni, "Prototype Smart home Berbasis Internet of things untuk Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Listrik," *J. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 01-08, 2021. doi: 10.51998/jti.v7i1.345.
- [4] A. Zielonka, A. Sikora, M. Woźniak, W. Wei, Q. Ke, and Z. Bai, "Intelligent Internet of things System for Smart home Optimal Convection," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 17, no. 6, pp. 4308-4317, 2021. doi: 10.1109/TII.2020.3009094.
- [5] A. J. Obaid, "Assessment of Smart home Assistants as an IoT," *Int. J. Comput. Inf. Manuf.*, vol. 1, no. 1, pp. 18-36, 2021. doi: 10.54489/ijcim.v1i1.34.
- [6] T. Chaurasia and P. K. Jain, "Enhanced Smart home Automation System based on Internet of things," in *Proc. 3rd Int. Conf. I-SMAC IoT Soc. Mobile, Anal. Cloud, I-SMAC*, 2019, pp. 709-713. doi: 10.1109/I-SMAC47947.2019.9032685.
- [7] Abdulla, A. I., Abdulraheem, A. S., Salih, A. A., Sadeeq, M. A. M., Ahmed, A. J., Ferzor, B. M., Sardar, O., & Mohammed, S. I. "Internet of Things and Smart Home Security," *Technology Reports of Kansai University*, vol. 62, no. 05, pp. 2465-2474, June 2020.
- [8] B. Artono and F. Susanto, "Wireless Smart home System Menggunakan Internet of things," *J. Teknol. Inf. dan Terap.*, vol. 5, no. 1, pp. 17-24, 2019. doi: 10.25047/jtit.v5i1.74.
- [9] A. Hanif, H. A. Lastya, dan M. Ikhsan, "Control and Monitoring System Design of Internet-Based Electrical Installations," *Proceeding on Computer and Electrical Education Research (PROCESSOR)*, vol. 1, no. 1, pp. 34-47, 2023.
- [10] W. Suryono, A. Setiyo Prabowo, Suhanto, and A. Mu'Ti Sazali, "Monitoring and controlling electricity consumption using Wemos D1 Mini and smartphone," in *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 909, no. 1, 2020. doi: 10.1088/1757-899X/909/1/012014.
- [11] R. O. Dwiansyah and D. A. Prasetya, "Smart home System With Radio Frequency Using Blynk Application," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 2, pp. 177-184, 2022. doi: 10.23917/emit.v22i2.17359.
- [12] E. Sorongan, R. Kango, and S. Suhaedi, "The Application of Energy Management Systems Using the *Internet of things* to Improve the Efficiency of Electrical Energy Usage in the

- MSMEs Sector," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, p. 26, 2023. doi: 10.33387/protk.v10i1.5042.
- [13] M. D. Tobi and V. N. Van Harling, "Wireless electric energy transmission system and its recording system using PZEM004T and NRF24L01 module," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 21, no. 3, pp. 1372-1380, 2021. doi: 10.11591/ijeecs.v21.i3.pp1372-1380.
- [14] J. SON, "Analisa Data Hasil Pengukuran Beban Motor Listrik 1 Fasa pada kWh Analog dan kWh Digital," *Electrician*, vol. 15, no. 3, pp. 181-191, 2021. doi: 10.23960/elc.v15n3.2219.
- [15] Andriana, Zuklarnain, and H. Baehaqi, "Sistem kWh Meter Digital Menggunakan Modul PZEM-004T," *J. TIARSIE*, vol. 16, no. 1, p. 29, 2019. doi: 10.32816/tiarsie.v16i1.43.
- [16] D. Pilendia, "Pemanfaatan Adobe Flash Sebagai Dasar Pengembangan Bahan Ajar Fisika: Studi Literatur," *J. Tunas Pendidik.*, vol. 2, no. 2, pp. 1-10, 2020. doi: 10.52060/pgsd.v2i2.255.
- [17] D. Darmawan et al., "Perencanaan Pengumpulan Data sebagai Identifikasi Kebutuhan Pelatihan Lembaga Pelatihan," *J. Nonform. Educ. Community Empower.*, vol. 5, no. 1, pp. 71-88, 2021. doi: 10.15294/pls.v5i1.30883.
- [18] R. A. Zulmi et al., "Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan," *J. Sport. J. Penelit. Pembelajaran*, vol. 2, no. 6, pp. 24-29, 2018.
- [19] F. Metandi, D. Nurcahyono, and A. Najib, "Workshop *Internet of things (IoT)*," *Community Empower.*, vol. 7, no. 5, pp. 883-889, 2022. doi: 10.31603/ce.7016.
- [20] K. P., "A Sensor based IoT Monitoring System for Electrical Devices using Blynk framework," *J. Electron. Informatics*, vol. 2, no. 3, pp. 182-187, 2020. doi: 10.36548/jei.2020.3.005.
- [21] R. A. Rashid, L. Chin, M. A. Sarijari, R. Sudirman, and T. Ide, "Machine Learning for Smart Energy Monitoring of Home Appliances Using IoT," in *Int. Conf. Ubiquitous Futur. Networks, ICUFN*, vol. 2019-July, pp. 66-71, 2019. doi: 10.1109/ICUFN.2019.8806026.
- [22] M. Zaman Fakhar, E. Yalcin, A. Bilge, "A survey of *smart home* energy conservation techniques," *Expert Systems with Applications*, vol. 213, ISSN 0957-4174, p. 118974, 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118974>.