

PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK 1 FASA PADA RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)

Aprilianto Agung Pradana¹, Prasetyo Yuliantoro^{*1}, Slamet Indriyanto¹

¹Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Indonesia

*e-mail: prasetyo@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak

Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan konsumsi daya listrik sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan sektor ekonomi di negara ini. Penyebab yang menjadikan faktor meningkatnya konsumsi daya listrik adalah dari masyarakat itu sendiri yang boros akan listrik. Maka dari itu dilakukan upaya penghematan listrik dimulai dari penggunaan listrik rumah hingga berskala besar seperti industri. Cara lain agar dapat melakukan penghematan yaitu dengan merancang perangkat yang dapat memantau penghematan daya listrik. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan alat untuk memantau (memonitoring) penggunaan pada salah satu komponen elektronik yang ada di rumah sehingga diketahui device elektronik mana yang paling besar mengonsumsi daya listrik sehingga mudah dilakukan penghematan. Membuat sistem monitoring daya listrik berbasis IoT diharapkan mampu mengatasi masalah di atas, dengan sensor daya listrik PZEM-004T yang berfungsi untuk memindai daya listrik & platform blynk sebagai aplikasi penampil hasil monitoring. Parameter pengujian dalam penelitian ini yaitu akurasi sensor PZEM-004T dalam pengukuran tegangan dan arus. Pengujian pengambilan data pompa air, kipas angin, magic com dengan sensor PZEM-004T. Device monitoring menggunakan WiFi sebagai jalur komunikasi secara online. Berdasarkan hasil pengujian bahwa sistem monitoring mampu memonitoring tegangan, arus, daya, dan beban dari masing-masing unit elektronik dan mengkonversi nilai rupiah per kWh, lalu mengirim data ke LCD dan platform Blynk. Pada pengujian akurasi tegangan dari sensor PZEM-004T didapat nilai rata-rata error percentage sebesar 0,34% dan power listrik sebesar 0,23%. Hasil monitoring dan perkiraan biaya listrik dapat dilihat secara langsung pada aplikasi Blynk pada gadget android.

Kata kunci: Monitoring; NodeMCU; PZEM-004T.

Abstract

Electric power consumption in Indonesia has increased every year in line with population growth and the national economic sector. One of the factors causing an increase in electricity consumption in Indonesia, one of which is caused by the wasteful lifestyle of people in using electric power. Therefore, it is necessary to save electricity starting from household electricity consumption. As one of the efforts in saving the use of electric power can be done by monitoring the use of electric power. Based on these problems, a tool is needed to monitor (monitor) the use of one of the electronic components in the house so that it is known which electronic device consumes the most electric power so that it is easy to make savings. Making an IoT-based electric power monitoring system is expected to be able to overcome the above problems, with the PZEM-004T electric power sensor which functions to scan electric power & the blynk platform as a monitoring result viewer application. The test parameters in this study are the accuracy of the PZEM-004T sensor in measuring voltage and current. Data collection test for water pumps, fans, magic com with the PZEM-004T sensor. Device monitoring uses WiFi as an online communication channel. Based on the test results, the monitoring system is capable of monitoring the voltage, current, power and load of each electronic unit and converting the rupiah value per kWh, then sending data to the LCD and the Blynk platform. In testing the accuracy of the voltage from the PZEM-004T sensor, the average error percentage value is 0.34%. The results of monitoring and estimates of electricity costs can be seen directly on the Blynk application on the Android device.

Keywords: Monitoring; NodeMCU; PZEM-004T.

1. PENDAHULUAN

Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan konsumsi daya listrik seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan sektor ekonomi di negara ini. Perusahaan listrik negara (PLN) sebagai salah satu pemasok listrik AC bertanggung jawab untuk memenuhi kebutuhan listrik di seluruh Indonesia. Produksi batubara di Indonesia di tahun 2018 mencapai hampir 557 juta ton dengan konsumsi dalam negeri sebesar 115 juta ton. Sektor terbesar dalam penggunaan batubara adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Angka pertumbuhan konsumsi energi listrik rata-rata di Indonesia antara tahun 2003 hingga 2020 adalah sebesar 6,5% per tahun, dengan total produksi listrik mendekati 272,34 TWh pada tahun 2020. Beberapa faktor-faktor pencetus yang menyebabkan peningkatan konsumsi daya listrik di Indonesia adalah gaya hidup yang boros dalam penggunaan energi listrik oleh masyarakat itu sendiri. Listrik satu fasa adalah

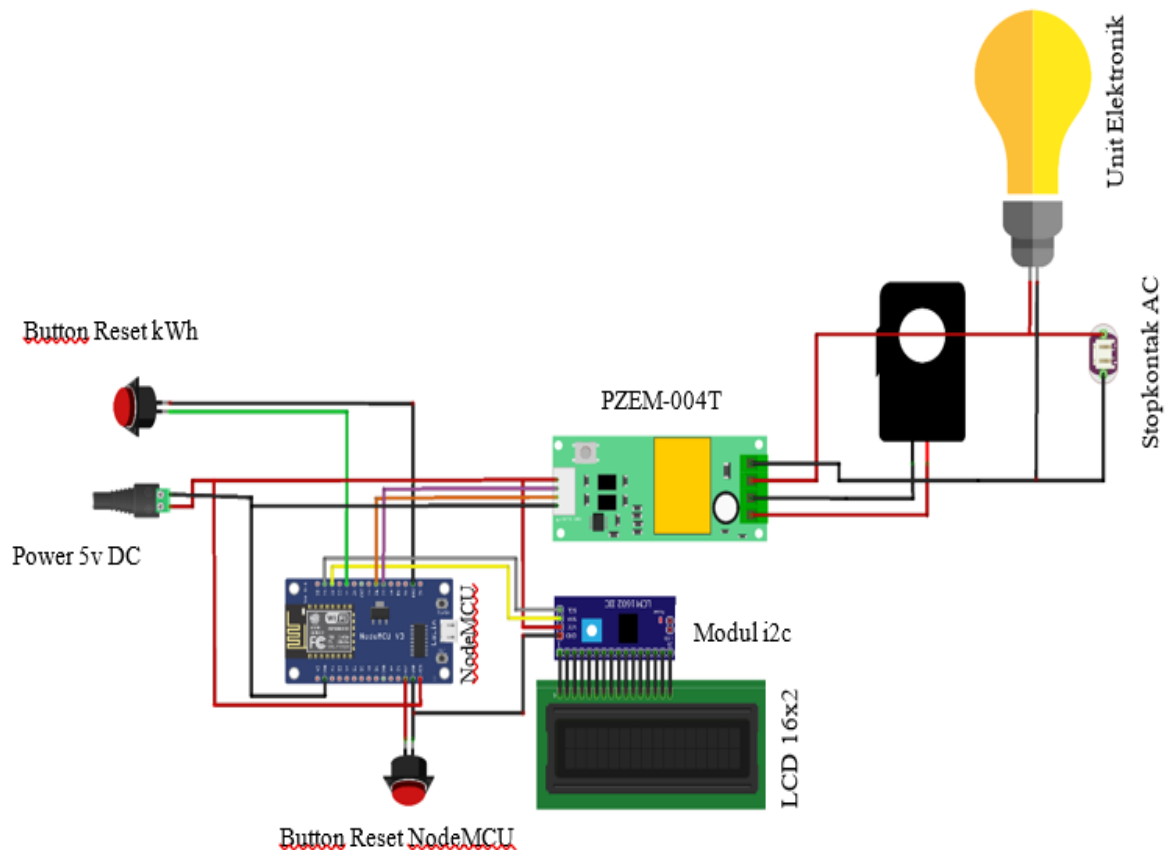
jenis sistem listrik yang menggunakan dua kawat penghantar, yaitu satu kawat fasa dan satu kawat netral. Tegangan listrik satu fasa biasanya adalah 220V dan digunakan untuk keperluan rumah tangga dan perusahaan mikro. Konsumsi listrik satu fasa oleh pelanggan atau perusahaan digunakan sebagai pasokan daya atau tegangan untuk perangkat elektronik [1]. Berdasarkan Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2013 mengenai efisiensi energi dan air, presiden menginstruksikan masyarakat untuk melakukan penghematan energi listrik. [2]. Dikarenakan masalah tersebut, pentingnya kesadaran masyarakat luas akan pentingnya melakukan penghematan energi listrik, dimulai dari penggunaan listrik berskala kecil seperti di rumah tangga. Memantau konsumsi daya listrik menjadi langkah yang penting dalam mengurangi penggunaan daya listrik. menggunakan kWh meter dinilai kurang efektif dalam proses monitoring daya dikarenakan kWh meter hanya menampilkan total daya keseluruhan dan sisa kWh yang tersisa di rumah [3]. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan perangkat untuk memantau (memonitoring) penggunaan pada salah satu komponen elektronik yang ada di rumah sehingga diketahui unit elektronik mana yang paling besar mengonsumsi daya listrik sehingga mudah dilakukan penghematan. Dalam monitoring daya listrik, kita dapat memantau jumlah energi listrik yang digunakan di setiap rumah. Monitoring ini juga berguna untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik dan mencegah pemborosan energi di rumah tangga. Perangkat yang terhubung dengan layanan internet dapat beroperasi secara otomatis melalui kendali jarak jauh atau komputer, menggunakan perintah yang ada dalam perangkat tersebut. Pengguna dapat mengendalikan perangkat ini sesuai keinginan, dan hal ini dikenal sebagai Internet of Things (IoT).

Terdapat berbagai macam kemudahan yang dapat digunakan dalam memanfaatkan teknologi IoT antara lain monitoring AC [4], kontrol densitas debu [5], monitoring dan kontrol pada kolam ikan [6][7], monitoring dan kontrol pada agrikultur [8][9][10]. Penelitian yang membahas tentang efisiensi listrik yang berada pada rumah tangga menggunakan perangkat monitoring yang berfungsi untuk memantau daya listrik. Penelitian tersebut menggunakan perangkat microcontroller WeMos D1 R32 dan sensor PZEM-004T untuk membaca listrik AC. Terdapat komponen lain seperti lampu LED, buzzer, relay, serta catu daya sebagai tools pendukung perangkat monitoring. interface output dari monitoring sendiri terbagi pada dua platform Blynk yaitu android *based* dan *web based*. Hasil pengujian menunjukkan perangkat dapat memberikan hasil monitoring berupa tegangan dengan besar selisih rata-rata 0,7V dan arus dengan besar selisih rata-rata 0,143A. Perangkat monitoring ini dapat melakukan pemantauan listrik rumah, serta memberikan notifikasi pada user di gadget dan perangkat monitoring itu sendiri seperti pemakaian melebihi limit daya yang sudah ditentukan [11]. Penelitian lain memanfaatkan sensor PZEM-004T dan output hasil monitoring terdapat pada aplikasi Blynk. Penelitian ini mengirimkan data nilai tegangan dan arus dengan menggunakan koneksi internet ke aplikasi Blynk untuk ditampilkan data berupa nilai tegangan dan arus agar user dapat mengetahui besar daya listrik yang terpakai saat ini. Untuk pengujian beban daya listrik penulis menggunakan kipas angin, dispenser, rice cooker, setrika, laptop, gadget, powerbank, dan televisi. hasil pengujian menunjukkan bahwa device sudah berhasil bekerja dengan baik serta dapat menampilkan biaya pemakaian listrik pada LCD dan aplikasi Blynk dengan memiliki persentase error tegangan sebesar 0,004% & arus sebesar 0,1% [12]. Penelitian lain menggunakan sensor tegangan ZMPT101B VS01 dan sensor arus ACS712. Perangkat menggunakan 2 buah NodeMCU ESP8266 sebagai client dan server, dimulai dari data yang terbaca oleh client lalu dikirimkan ke local server kemudian dikirimkan ke cloud server. Dimana pada client terdapat sensor tegangan dan relay sebagai saklar elektrik yang berfungsi untuk menghubungkan ataupun memutus tegangan arus listrik. mikrokontroler ini juga berfungsi sebagai jembatan komunikasi antara sensor dengan internet dan database. untuk antarmuka monitoring penulis menggunakan aplikasi android serta database menggunakan MySQL. peneliti menggunakan metode pengujian akurasi sensor tegangan ZMPT101B, akurasi sensor arus ACS712, dan pengujian aktuator. Hasil yang dicapai dalam penelitian ini yaitu Pada komunikasi antara client dan server terdapat keterlambatan pengiriman data selama ± 6 detik. Lalu didapatkan galat pada pembacaan sensor tegangan dengan nilai 1.60%. kemudian Untuk pengujian sensor arus didapatkan galat sebesar 9.93% [13]. Penelitian lainnya bertujuan untuk memantau penggunaan daya listrik serta proteksi pada beban listrik menggunakan Arduino Mega 2560 serta android secara *real time*. Metode penelitian ini menggunakan *reverse engineering*, yaitu suatu metode pengembangan sebuah produk tertentu yang dijadikan sebagai bahan acuan untuk menghasilkan sebuah produk baru dengan pengembangan pada komponen tertentu. Hasil pembuatan alat ini berupa prototype sistem monitoring serta proteksi pada daya listrik. Pada alat ini masing-masing ruangan arus dan tegangan dapat dilihat pemakaiannya, serta untuk pembatasan daya yang dipakai oleh pengguna pada masing-masing ruangan sebesar 2 Ampere (440 Watt), jika melebihi dari batas pemakaian maka sistem akan secara otomatis akan mematikan stop kontak [14].

Berbagai penelitian yang dikemukakan menunjukkan pentingnya pengembangan perangkat pengukuran dan pemantauan daya listrik dengan memanfaatkan teknologi IoT. Penelitian yang dilakukan memiliki kebaruan berupa data yang berbeda dalam menggunakan sensor dan teknologi yang sama. Penelitian yang dilakukan juga mengamati kualitas pengiriman data pada perangkat internet pada parameter *delay*. Parameter tersebut sangat penting selama proses pemantauan.

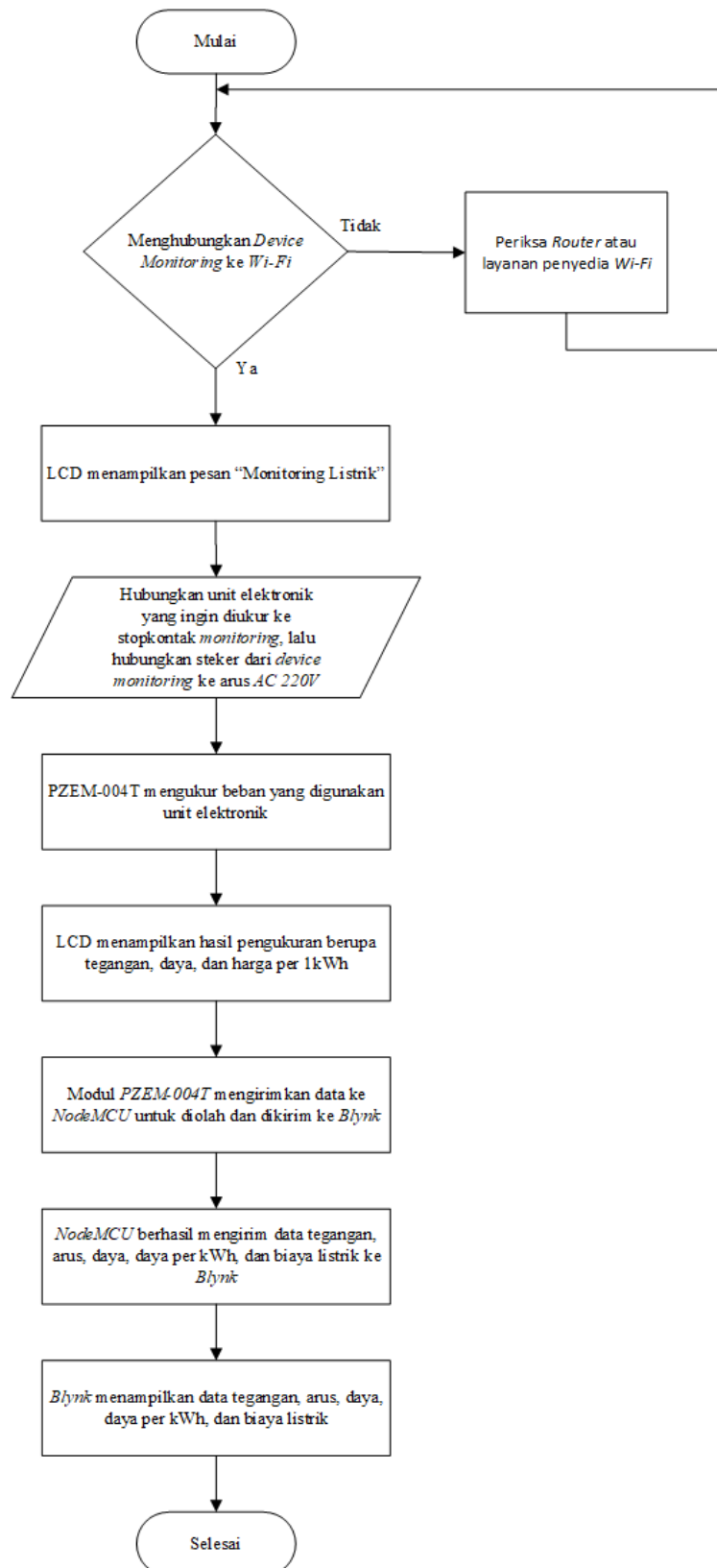
2. METODE

Proses penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mengidentifikasi konsep sistem dan menemukan celah dalam penelitian tersebut. Penelitian kemudian dilanjutkan pada tahap perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, dan pembuatan sistem perangkat yang dikembangkan.



Gambar 1. Desain Perancangan Hardware

Device monitoring yang dikembangkan terdiri dari mikrokontroler serta komponen elektronika pendukung lainnya. Mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU v3 dengan driver CH340G dan sudah terdapat fitur WiFi. Pin yang digunakan pada penelitian ini hanya pada PIN D1, D2, D4, D6, D7, RST, dan 3 GND. Terdapat komponen tambahan seperti 2 *pushbutton* yang berfungsi untuk *reset* NodeMCU apabila terjadi *error* atau jika ada masalah dengan koneksi internet tombol ini dihubungkan ke pin RST, kemudian tombol yang lainnya berfungsi sebagai *reset* kWh, tombol ini dihubungkan dengan pin D4. Untuk PZEM-004T sendiri ini sudah dihubungkan dengan stopkontak lalu ke steker listrik AC 220v yang kemudian di paralelkan dengan PZEM-004T, ini berfungsi sebagai pengukur beban unit elektronik. Untuk perakitan perangkat monitoring sendiri dimulai dari menyiapkan box elektronik, lalu melubangi sebesar ukuran LCD 16x2 dan pushbutton, kemudian tanamkan LCD 16x2 dan pushbutton pada lubang yang telah dibuat selanjutnya, lalu di lem agar lebih kuat. Step selanjutnya yaitu merekatkan modul PZEM-004T kedalam box. Setelah itu dilanjut dengan menjumper kabel. Untuk PZEM-004T sendiri menghubungkan pin 5v & GND ke power jack, lalu pin TX ke D6 NodeMCU begitupun dengan RX ke D7. Perangkat yang dikembangkan seperti pada desain Gambar 1 akan dibuat untuk diuji apakah memiliki kemampuan seperti tujuan awal penelitian. Perangkat memiliki tujuan untuk mengukur daya perangkat listrik dalam rumah tangga dan dapat mengitamkan rekaman data penggunaan listrik menggunakan *platform* IoT agar pengamatan dapat dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alir Perangkat Lunak Perangkat

Gambar 2 menunjukkan bagaimana perangkat lunak dari perangkat yang dikembangkan bekerja dalam sistem pemantauan daya listrik pada rumah tangga. Langkah awal adalah perangkat mencoba terhubung dengan jaringan internet yang ada dalam rumah. Setelah jaringan internet terhubung, maka perangkat akan mulai mengukur tegangan dan daya yang terhubung langsung dengan perangkat. Pengukuran tersebut

dilakukan dengan memanfaatkan sensor tegangan, arus, dan daya AC yang terhubung dengan perangkat. Setelah pengukuran berhasil dilakukan, perangkat akan mengirimkan laporan hasil pembacaan serta perhitungan beban daya listrik ke IoT platform blynk.

3. HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian terdiri dari pengambilan data perangkat setelah dilakukan beberapa proses pengujian. Pengujian yang dilakukan selama penelitian antara lain pengujian pembacaan tegangan dan daya listrik menggunakan berbagai macam beban, dan pengujian delay pengiriman data monitoring pada aplikasi blynk.

Tabel 1. Pengujian Pembacaan Tegangan dengan Berbagai Macam Beban.

No.	Beban Listrik	Tegangan (V)		Error (%)
		PZEM-004T	Multitester	
1	Pompa Air	218	218	0,00%
		218	218	0,00%
		218	218	0,00%
		218	217	0,46%
		218	218	0,00%
		218	218	0,00%
		218	221	1,36%
		218	220	0,91%
		218	220	0,91%
		218	220	0,91%
2	Kipas Angin	217	216	0,46%
		217	216	0,46%
		217	217	0,00%
		216	217	0,46%
		217	217	0,00%
		217	217	0,00%
		217	217	0,00%
		218	218	0,00%
		217	217	0,00%
		217	217	0,00%
3	Setrika	216	214	0,93%
		216	215	0,47%
		216	215	0,47%
		218	218	0,00%
		218	218	0,00%
		218	220	0,91%
		218	220	0,91%
		219	220	0,45%
		215	215	0,00%
		215	215	0,00%
	Rata-Rata		217,3	217,56667

Tabel 2. Pengujian Pembacaan Daya Dengan Berbagai Macam Beban.

No.	Unit Elektronik	Beban (W)		Error (%)
		PZEM-004T	Multitester	
1	Pompa Air	293	290	1,03%
		290	290	0,00%
		290	290	0,00%
		290	290	0,00%
		290	290	0,00%
		290	290	0,00%
		290	290	0,00%
		290	290	0,00%
		290	290	0,00%
		290	290	0,00%
2	Kipas Angin	27	27	0,00%
		27	27	0,00%
		27	27	0,00%
		27	27	0,00%
		28	27	3,70%
		27	27	0,00%
		27	27	0,00%
		27	27	0,00%
		27	27	0,00%
		27	27	0,00%
3	Setrika	443	442	0,23%
		443	442	0,23%
		443	442	0,23%
		443	442	0,23%
		443	442	0,23%
		443	442	0,23%
		443	442	0,23%
		443	442	0,23%
		443	442	0,23%
		443	442	0,23%
Rata-Rata		253,46667	253	0,23%

Hasil pengujian pembacaan tegangan dan daya yang dilakukan menggunakan perangkat yang dikembangkan dapat diamati pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pengujian dilakukan untuk mengetahui berapa besar galat pengukuran tegangan pada bacaan sensor PZEM-004T. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan masing-masing unit elektronik seperti pompa air, kipas angin, dan setrika secara ke stopkontak yang ada pada device monitoring. Kemudian setelah didapat data tegangan di komparasi menggunakan rumus error dengan perhitungan persentase error rata-rata sebesar 0,34% yang berarti menandakan bahwa sensor beroperasi dengan baik. Data pada Tabel 2 menunjukkan berapa besar galat pengukuran beban listrik pada bacaan sensor PZEM-004T. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan masing-masing unit elektronik seperti pompa air, kipas angin, dan setrika secara ke stopkontak yang ada pada device monitoring. Kemudian setelah didapat data beban di komparasi menggunakan rumus error dengan perhitungan persentase error rata-rata sebesar 0,23% yang berarti menandakan bahwa sensor beroperasi dengan baik.

Tabel 3. Data Hasil Monitoring Menggunakan Perangkat yang Dikembangkan

No.	Beban Listrik	Tegangan	Arus	Daya	Beban (kWh)	Durasi Pengujian (Menit)	Harga Pemakaian kWh (@, Jam)
1	Setrika	215V	2.05A	445W	0,038	60	51,38
2	Kipas Angin	219V	0.13A	30W	0,035	60	47,32
3	Pompa Air	217V	1.54A	292W	0,222	60	300,14
4	Charger HP	220V	0.17A	20W	0,014	60	18,93
5	Laptop	220V	0.40A	45W	0,037	60	50,02
6	Kipas Angin "B"	220V	0,16A	35W	0,054	60	73
7	Lampu LED	220V	0,14A	20W	0,019	60	25,69
8	TV Tabung	214V	0.29A	34W	0,035	60	47,32
9	Magic Com	219V	1.87A	422W	0,229	60	309,601
10	Pompa Aquarium	218V	0,06A	9W	0,001	60	13,52
Total				1352	0,684	600	Rp.936,921

Data pada Tabel 3 merupakan hasil dari pengujian yang dilakukan untuk mengetahui besar daya keseluruhan dan biaya pemakaian listrik. Terdapat 10 perangkat elektronik yang diujikan. Pengujian dimulai dengan menentukan golongan listrik PLN, dikarenakan penulis menggunakan golongan listrik R1M 900VA sebagai pengujian maka dikenakan tarif per 1 kWhnya sebesar 1.352 rupiah. Selanjutnya dilakukan pemantauan pada setrika, kipas angin, dan pompa air selama masing-masing 1 jam. Dari data hasil pengujian Tabel 3 didapat hasil ketika setrika, kipas angin dan pompa air dinyalakan dalam waktu yang bersamaan maka menghasilkan daya sebesar 1352W. Selanjutnya ada total beban sebesar 0,684 kWh, Lalu setelah didapat nilai kWh dari pemantauan sebesar 0,684 kWh maka akan dikalikan dengan harga dari pln sebesar 1.352 rupiah, Dan jika semua alat listrik dihidupkan maka harga pemakaian total selama 1 jam sebesar Rp.936,921. Untuk perhitungan arus, daya, dan beban telah dikalkulasi secara otomatis oleh sensor PZEM-004T, jadi penulis hanya mengalikan total kWh dengan tarif listrik dasar PLN.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Delay Menggunakan Platform Blynk

No	Waktu Pengiriman NodeMCU	Waktu Tampil Platform Blynk	Delay (Sec)
1	15.25.53	15.25.54	1.238
2	15.25.55	15.25.56	1.633
3	15.25.57	15.25.58	1.845
4	15.26.01	15.26.02	1.129
5	15.26.05	15.26.06	1.954
6	15.26.10	15.26.11	1.666
7	15.26.18	15.26.20	2.165
8	15.26.21	15.26.22	1.811
9	15.26.30	15.26.31	1.705
10	15.26.33	15.26.34	1.951
Rata-rata Delay			1.710

Pengujian pengiriman data digunakan untuk mengamati durasi pengiriman data sensor PZEM-004T dari perangkat monitoring ke platform Blynk dapat diamati pada Tabel 4. Eksperimen ini dilakukan sebanyak 10 kali pengiriman data. Pengujian dilakukan dengan menggunakan serial monitor dan platform Blynk. Serial monitor berfungsi sebagai pengirim data, sementara platform Blynk berfungsi sebagai penerima. Data yang dikirim meliputi tegangan, arus, daya, dan harga pemakaian.

4. DISKUSI

Berdasarkan hasil pengujian dan implementasi menunjukkan bahwa perangkat memiliki kinerja sesuai dengan tujuan. Perangkat mampu mengukur tegangan dan daya listrik serta hasil perhitungan beban daya listrik yang dikonsumsi oleh pengguna. Perangkat berfokus pada perhitungan beban konsumsi dan pengujian data *delay* untuk pengiriman yang membuat penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring daya listrik menggunakan sensor PZEM-004T berbasis IoT sudah dibuat dan dapat bekerja dengan baik. Device monitoring juga dapat membaca beban listrik hingga maksimal 900VA dan menghitung biaya per kWh secara otomatis serta menampilkannya pada LCD dan aplikasi blynk. Sensor listrik AC PZEM-004T memiliki akurasi dan performa yang baik untuk mengukur tegangan. Dengan nilai rata-rata error percentage sebesar 0,34%. Sehingga sensor ini dapat digunakan untuk mengukur tegangan listrik AC dengan cukup akurat; Sensor listrik AC PZEM-004T memiliki akurasi dan performa yang baik untuk mengukur power listrik. Dengan nilai rata-rata error percentage sebesar 0,23%. Sehingga sensor ini dapat digunakan untuk mengukur power listrik AC dengan cukup akurat. Pengujian latency pengiriman data dari device monitoring ke Blynk dengan menggunakan stopwatch dapat berjalan dengan baik. Hal ini dibuktikan melalui beberapa pengujian pengiriman data dengan nilai rata-rata delay yaitu sebesar 1,710 detik dari total pengujian yang ada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Telkom Purwokerto yang telah mendukung penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Wibisono, "Model MPPT Metode Fractional Short Circuit Current Menggunakan JST - AG untuk Solar Panel," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 1, no. 01, pp. 63–69, Jan. 2019, doi: 10.20895/jtece.v1i01.37.
- [2] D. D. Avgoustaki and G. Xydis, "Energy cost reduction by shifting electricity demand in indoor vertical farms with artificial lighting," *Biosyst. Eng.*, vol. 211, pp. 219–229, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2021.09.006.
- [3] G. Ares, B. Ha, and S. R. Jaeger, "Consumer attitudes to vertical farming (indoor plant factory with artificial lighting) in China, Singapore, UK, and USA: A multi-method study," *Food Res. Int.*, vol. 150, p. 110811, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.foodres.2021.110811.
- [4] M. A. Afandi, S. Nurandi, and I. K. A. Enriko, "Automated Air Conditioner Controller and Monitoring Based on Internet of Things," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 11, no. 1, p. 83, Apr. 2021, doi: 10.22146/ijeis.64563.
- [5] A. K. Putri, A. Prakasa, and M. A. Afandi, "Sistem Pemantau Densitas Debu Gudang Elektronik: Perancangan dan Analisanya," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 81–86, Dec. 2021, doi: 10.20895/jtece.v3i2.367.
- [6] N. F. N. Azizah, H. Pujiharsono, and M. A. Afandi, "Sistem Pengendali Suhu dan Kadar pH pada Kolam Ikan Lele Berbasis IoT pada Desa Kutaringin Kabupaten Banjarnegara," *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.)*, vol. 6, no. 1, p. 65, Nov. 2022, doi: 10.30595/jrst.v6i1.11693.
- [7] A. A. W. Aisyah, H. Pujiharsono, and M. A. Afandi, "Sistem Monitoring dan Kontrol Pakan Budidaya Ikan Lele menggunakan NodeMCU berbasis IoT," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 108–116, Jul. 2022, doi: 10.20895/jtece.v4i2.533.
- [8] M. A. Afandi, F. Fadhlani, R. A. Rchmanto, and H. Widyantara, "Perangkat Budidaya Microgreen berbasis Internet of Things," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 10, no. 3, p. 581, Jul. 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i3.581.
- [9] M. A. Afandi, I. Hikmah, and C. Agustinah, "Microcontroller-based Artificial Lighting to Help Growth the Seedling Pakcoy," *J. Nas. Tek. ELEKTRO*, vol. 10, no. 3, Nov. 2021, doi: 10.25077/jnte.v10n3.943.2021.
- [10] H. R. Maulida, F. T. Syifa, and M. A. Afandi, "Analisis dan Perancangan Prototipe untuk Memonitoring Lahan Perkebunan Teh menggunakan LoRa," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 117–127, Jul. 2022, doi: 10.20895/jtece.v4i2.538.

- [11] M. Nursamsi Adiwiranto and C. Budi Waluyo, "Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Serta Estimasi Biaya Pada Peralatan Rumah Tangga Berbasis Internet of Things," *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 13–22, 2021.
- [12] S. M. Ibrahim, Ridyandhika Riza, Bakti Yulianti, "RANCANG BANGUN MONITORING PEMAKAIAN ARUS LISTRIK PLN BERBASIS IoT," *Univ. Marsekal Suryadarma*, no. 1, pp. 43–51.
- [13] I. Chairunnisa and W. Wildian, "Rancang Bangun Alat Pemantau Biaya Pemakaian Energi Listrik Menggunakan Sensor PZEM-004T dan Aplikasi Blynk," *J. Fis. Unand*, vol. 11, no. 2, pp. 249–255, 2022.
- [14] A. Shodiq, S. Baqaruzi, and A. Muhtar, "Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Daya Berbasis Internet Of Things," *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 18–26, 2021.