

Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan Sensor PZEM 003 Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Iswahyudi¹, Sutikno¹, Saybill Nur Baiqqolbi¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jalan Karimata 49 Jember

E-mail: muhammadiswahyudi@unmuhjember.ac.id (*)

Naskah Masuk: 28 April 2025; Diterima: 20 Agustus 2025; Terbit: 31 Agustus 2025

ABSTRAK

Abstrak - Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari yang kemudian diubah menjadi energi listrik dengan bantuan sel surya. PLTS dipercaya merupakan salah satu sumber energi alternatif dimasa depan yang ramah lingkungan. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang pesat telah mendorong munculnya berbagai inovasi, salah satunya adalah *Internet of Things* (IoT). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sebuah sistem kontrol yang dapat digunakan untuk memantau dan mengendalikan kinerja sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) secara real-time. Pada perancangan alat ini menggunakan komponen utama ESP32 sebagai mikrokontroler dan sensor PZEM 003. Data hasil pembacaan sensor ditampilkan pada display LCD 20x4 dan aplikasi mobile menggunakan platform *ThingSpeak*. Hasil Pengujian keseluruhan prototipe sistem monitoring PLTS berbasis *Internet of Things* (IoT) berfungsi dengan baik. Pada pengujian durasi pengiriman data didapatkan rata-rata selisih waktu pembacaan data dari alat ke aplikasi *ThingSpeak* sebesar 410ms. Alat yang dirancang memiliki tingkat akurasi yang sangat baik. Berdasarkan hasil pengujian pembacaan tegangan tingkat akurasi pembacaan tegangan oleh sensor PZEM 003 adalah 99,98%, tingkat akurasi pembacaan arus 98,08%, dan tingkat akurasi pembacaan daya 98,33%.

Kata kunci: Panel Surya, PLTS, ESP32, PZEM003, *ThingSpeak*

ABSTRACT

Abstract - Solar Power Plant (PLTS) is a power plant that utilizes sunlight which is then converted into electrical energy with the help of solar cells. PLTS is believed to be one of the alternative energy sources in the future that is environmentally friendly. The rapid development of information and communication technology has encouraged the emergence of various innovations, one of which is the *Internet of Things* (IoT). This research aims to design and create a control system that can be used to monitor and control the performance of solar power generation systems (PLTS) in real-time. The design of this tool uses the main components of the ESP32 as a microcontroller and the PZEM 003 sensor. The sensor reading data is displayed on a 20x4 LCD display and mobile application using the *ThingSpeak* platform. The overall test results of the *Internet of Things* (IoT)-based PLTS monitoring system prototype function properly. In testing the duration of data transmission, the average difference in data reading time from the device to the *ThingSpeak* application is 410ms. The designed tool has a very good level of accuracy. Based on the results of the voltage reading test, the accuracy of the voltage reading by the PZEM 003 sensor is 99.98%, the accuracy of the current reading is 98.08%, and the accuracy of the power reading is 98.33%.

Keywords: Solar PV, PLTS, ESP32, PZEM003, *ThingSpeak*

Copyright © 2025 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dipercaya merupakan salah satu sumber energi alternatif dimasa depan yang ramah lingkungan [1]. Secara global, peningkatan sistem PLTS terpasang merupakan yang tertinggi dibanding dengan sumber energi alternatif lainnya seperti angin dan air. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang pesat telah mendorong munculnya berbagai inovasi, salah satunya adalah *Internet of Things* (IoT). IoT memungkinkan berbagai perangkat fisik terhubung dan berkomunikasi satu sama lain melalui internet [2]. Penerapan IoT dalam bidang energi terbarukan, khususnya pada sistem tenaga surya, menawarkan potensi yang besar untuk meningkatkan efisiensi dan pemantauan kinerja sistem.

Mikrokontroler ESP32 merupakan pilihan yang sangat baik untuk proyek IoT karena menawarkan kombinasi yang menarik dan kinerja tinggi, fleksibilitas, dan efisiensi daya [3]. *ThingSpeak* adalah platform IoT yang powerful untuk proyek sederhana hingga menengah. Platform ini cocok untuk pemula maupun pengembang yang ingin membangun sistem IoT, menyimpan dan menganalisa data tanpa repot mengelola server sendiri [4]. Dengan kata lain, *ThingSpeak* menjadi jembatan antara dunia fisik perangkat keras dan dunia digital aplikasi di *smartphone* atau pc.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan berbagai upaya dalam pengembangan sistem pemantauan dan pengendalian energi terbarukan berbasis *Internet of Things* (IoT) [5], [6], dan [7]. Berdasarkan latar belakang tersebut, adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu mengembangkan aplikasi mobile untuk memantau dan mengontrol PLTS berbasis IoT dan mengetahui bagaimana kinerja dari sensor PZEM 003 untuk mengukur data sensor tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Tujuan penelitian ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan kemudahan dalam pemanfaatan energi surya.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Panel Surya

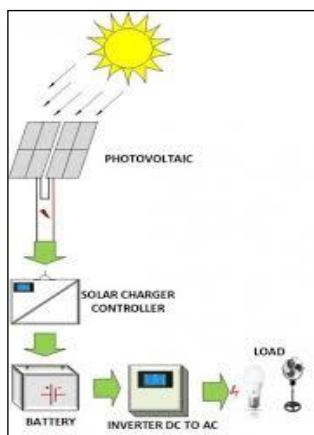
Panel surya adalah perangkat yang dirancang untuk menangkap dan mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi ini bekerja berdasarkan prinsip efek fotovoltaiik, di mana sel surya yang terdapat dalam panel menangkap sinar matahari dan mengonversinya menjadi arus listrik searah (DC). Panel surya banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari pembangkit listrik skala besar hingga penggunaan rumah tangga dan perangkat portabel [8]. Terdapat beberapa jenis panel surya yang umum digunakan, yaitu: Panel Surya Monokristalin, Panel Surya Polikristalin, Panel Surya Thin-Film.



Gambar 1. Panel surya

2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari yang kemudian diubah menjadi energi listrik dengan bantuan sel surya [9]. Dengan mengintegrasikan IoT dengan PLTS, maka pemantauan dan pengendalian sistem PLTS dapat dilakukan secara real-time dan lebih efisien. Pemantauan dan pengendalian yang efektif terhadap PLTS sangat penting untuk memastikan kinerja sistem tenaga surya yang optimal. Melalui aplikasi mobile, pengguna dapat dengan mudah memantau status pengisian baterai, tegangan, arus, dan parameter lainnya secara real-time.

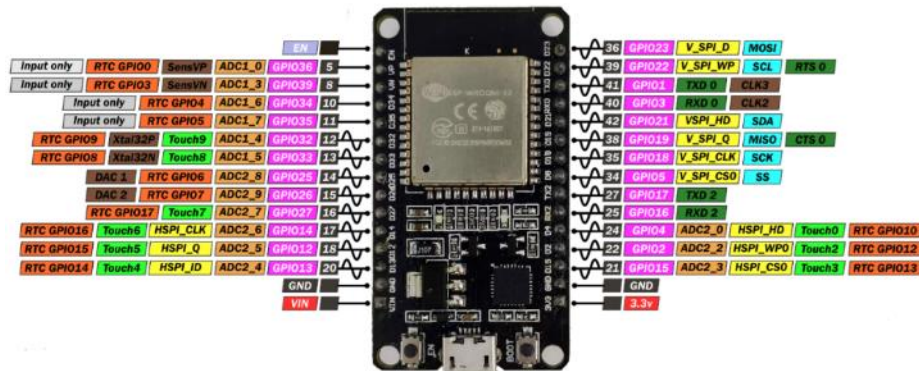


Gambar 2. Sistem kerja PLTS

Sistem PLTS bekerja dengan cara panel surya mengubah sinar matahari menjadi listrik arus searah (DC). Listrik DC ini kemudian diubah menjadi arus bolak-balik (AC) yang bisa digunakan oleh peralatan rumah tangga melalui sebuah alat bernama inverter.

2.3. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* dan merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Salah satu kelebihan yang dimiliki oleh ESP32 adalah sudah terdapat Wifi dan Bluetooth di dalamnya, yang akan sangat mempermudah pembuatan sistem IoT yang memerlukan koneksi wireless. Fitur-fitur tersebut tidak ada di dalam ESP8266, sehingga ESP32 merupakan sebuah upgrade dari ESP8266. Mikrokontroler ESP32 merupakan pilihan yang sangat baik untuk proyek IoT karena menawarkan kombinasi yang menarik dan kinerja tinggi, fleksibilitas, dan efisiensi daya [10]. Mikrokontroler ESP32 dilengkapi fitur Wi-Fi dan Bluetooth bawaan, serta kemampuan pemrosesan yang kuat [11]. ESP32 memungkinkan pengembangan perangkat IoT yang inovatif dan terhubung dengan mudah.



Gambar 3. Mikrokontroler ESP32

2.3 Sensor PZEM-003

Sensor PZEM-003 adalah modul sensor yang digunakan untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, daya aktif, dan energi listrik. Sensor ini sering digunakan dalam proyek IoT dan sistem pemantauan daya karena kemampuannya dalam memberikan data real-time dengan antarmuka komunikasi serial (UART). PZEM-003 biasanya digunakan dalam sistem monitoring konsumsi daya rumah tangga atau industri kecil [12]. PZEM-003 adalah modul yang mempunyai protocol *Modbus RTU* dengan *interface* / port komunikasi RS485. Sensor PZEM-003 memiliki kemampuan untuk mengukur nilai tegangan, arus, daya, dan energi. Sensor PZEM-003 memiliki daya operasional rendah sehingga cocok jika di aplikasikan pada penelitian ini.



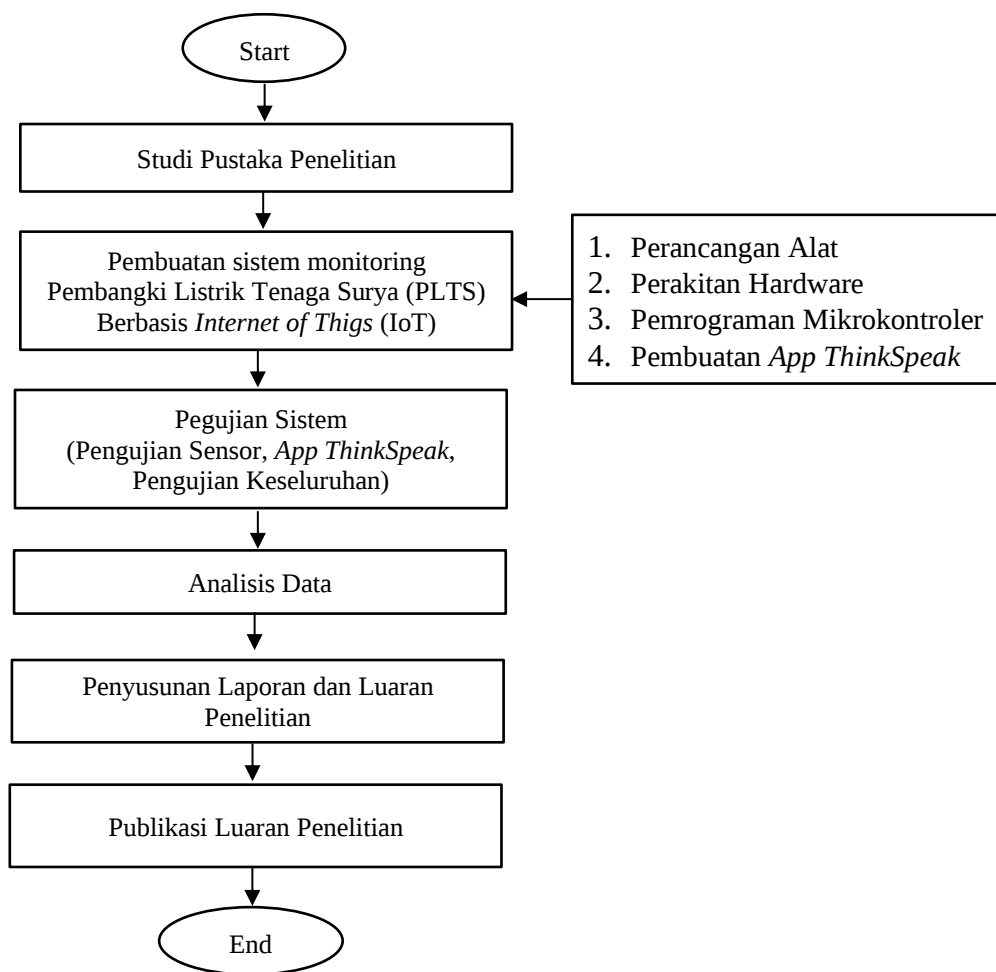
Gambar 4. Modul PZEM-003

2.4 ThingSpeak

ThingSpeak adalah platform IoT yang powerful untuk proyek sederhana hingga menengah. *ThingSpeak* sendiri merupakan salah satu platform yang cukup terkenal, khususnya bagi para pengguna di Indonesia. Platform ini cocok untuk pemula maupun pengembang yang ingin membangun sistem IoT, menyimpan dan menganalisa data tanpa repot mengelola server sendiri. Dengan kata lain, *ThingSpeak* menjadi jembatan antara dunia fisik perangkat keras dan dunia digital aplikasi di *smartphone* atau pc. *ThingSpeak* sendiri merupakan salah satu platform yang cukup terkenal, khususnya bagi para pengguna di Indonesia. Platform ini cocok untuk pemula maupun pengembang yang ingin membangun sistem IoT, menyimpan dan menganalisa data tanpa repot mengelola server sendiri [4]. *ThingSpeak* menjadi jembatan antara dunia fisik perangkat keras dan dunia digital aplikasi di *smartphone* atau pc.

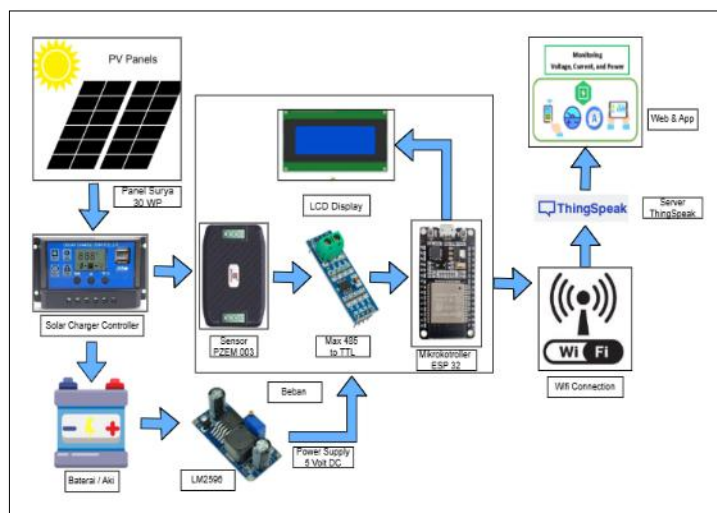
3. METODE PENELITIAN

Dalam pelaksanaan penelitian, beberapa tahap penelitian disusun agar luaran penelitian dapat tercapai. Diagram Alir Penelitian seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Skema pelaksanaan pada penelitian ini terbagi menjadi 4 bagian, yaitu perancangan alat, perakitan hardware, pemograman mikrokontroler, dan pembuatan App Mobile dengan menggunakan platform *ThingSpeak*.



Gambar 6. Blok diagram alat keseluruhan

Dari blog diagram perancangan alat diatas dapat dijelaskan masing – masing fungsi blok diagram diatas adalah sebagai berikut:

- 1) Panel Surya yang digunakan pada penelitian ini memiliki daya 30 WP yang kemudian dihubungkan dengan Solar Charger Controller (SCC).
- 2) *Solar Charger Controller* (SCC) berfungsi sebagai kontrol charging yang terhubung dengan sumber penyimpanan baterai (aki) dan beban (load).
- 3) Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor PZEM-003. Sensor PZEM-003 mampu mengukur tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan Panel Surya 30 WP.
- 4) Keluran dari sensor PZEM-003 berupa data digital. Data digital yang dihasilkan dapat dibaca menggunakan komunikasi secara modbus RTU.
- 5) Mikrokontoller ESP32 adalah mikrokontroller yang digunakan pada penelitian ini. Mikrokontroller ESP32 berfungsi menerima, memproses, dan menampilkan data yang berasal dari sensor PZEM-003.
- 6) Display LCD 20x4 dipasang pada alat ini. Display LCD berfungsi menampilkan hasil pembacaan sensor secara langsung di panel. Display LCD menampilkan nilai tegangan, arus dan daya.
- 7) Mikrokontroller ESP32 sudah dilengkapi modul WIFI. Mikrokontroller ESP32 berfungsi sebagai modul komunikasi mikrokontroller dengan koneksi WIFI yang tersedia. ESP32 harus dihubungkan terlebih dahulu dengan koneksi WIFI yang tersedia sebelum dapat digunakan. Koneksi WIFI dapat berasal dari Handphone ataupun router.
- 8) Aplikasi *ThingSpeak* adalah sebuah platform *Internet of Thing* (IOT) yang *open source*. Pengguna dapat memanfaatkan server yang disediakan oleh aplikasi *ThingSpeak* untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor. Hasil pembacaan sensor ditampilkan dalam bentuk tampilan barmeter unit voltage, ampere, dan daya dari panel surya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sensor PZEM 003

Sensor PZEM-003 adalah modul yang dirancang untuk mengukur parameter listrik DC, termasuk tegangan, arus, daya, dan energi. Berikut adalah tabel hasil pengujian sensor PZEM-003 dengan mutimeter digital.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tegangan

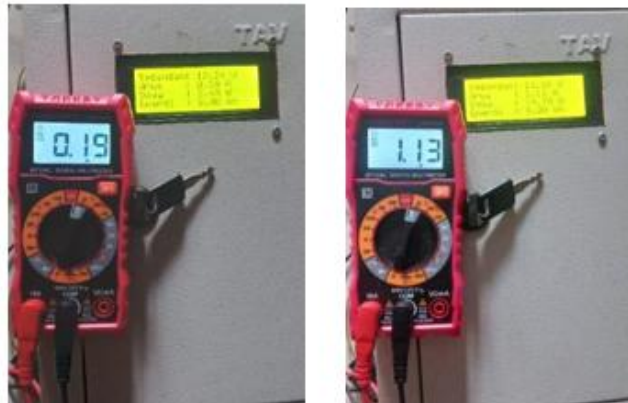
No	Tegangan PSU (Volt)	PZEM 003 (Volt)	Multimeter Digital (Volt)	Error %
1	6,8	6,84	6,84	0,00
2	7,4	7,38	7,38	0,00
3	8,4	8,38	8,38	0,00
4	9,2	9,20	9,20	0,00
5	10,4	10,37	10,37	0,00
6	11,0	11,01	11,01	0,00
7	12,1	12,13	12,14	0,08
8	13,8	13,83	13,82	0,07
9	14,5	14,53	14,53	0,00
10	16,1	11,01	11,01	0,00
Error Rata-rata				0,02



Gambar 7. Hasil pengujian tegangan

Tabel 2. Hasil Pengujian Arus

No	Tegangan PSU (Volt)	Arus PZEM-003 (Amp)	Arus Multimeter (Amp)	Error %
1	12,10	0	0	0,00
2	12,16	0	0	0,00
3	12,19	0,11	0,10	9,09
4	12,23	0,18	0,19	5,56
5	12,48	0,56	0,57	1,79
6	12,73	0,64	0,63	1,56
7	12,79	0,69	0,69	0,00
8	12,91	0,86	0,85	1,16
9	13,16	1,13	1,13	0,00
10	13,26	1,26	1,26	0,00
Error Rata-rata				1,92



Gambar 8. Hasil pengujian arus

Setelah dilakukan pengujian didapatkan rata-rata error % hasil pengukuran tegangan menggunakan PZEM 003 adalah sebesar 0,77%. Rata-rata error % hasil pengukuran arus menggunakan PZEM 003 adalah sebesar 1,92%.

4.2 Pengujian Aplikasi *ThingSpeak*

Pengujian keberhasilan pembuatan aplikasi *Internet of Things* (IoT) dengan *ThingSpeak*, guna memastikan bahwa aplikasi dan perangkat IoT berinteraksi dengan baik. Dari perbandingan data yang diperoleh tersebut dapat dilihat apakah data pada aplikasi *ThingSpeak* sama dengan data yang ditampilkan di LCD 20x4.

Tabel 3. Hasil Perbandingan waktu yang terbaca display LCD dan *ThingSpeak*

Percobaan Ke-	Waktu terbaca Di LCD	Waktu Terbaca Di <i>ThingSpeak</i>	Selisih Waktu (ms)
1	10:43:05.030	10:43:50.520	490
2	10:43:12.407	10:43:12.877	470
3	10:43:19.807	10:43:20.302	495
4	10:43:27.175	10:43:27.565	390
5	10:43:34.581	10:43:34.974	393
6	10:43:42.008	10:43:42.400	392
7	10:43:49.395	10:43:49.788	393
8	10:43:56.779	10:43:57.125	346
9	10:44:04.135	10:44:04.512	377
10	10:44:11.541	10:44:11.898	357
Jumlah			4103
Rata-rata			410

Pada pengujian didapatkan rata-rata selisih waktu pembacaan data dari alat ke aplikasi *ThingSpeak* sebesar 410ms. Hal ini menunjukkan bahwa antara waktu yang terbaca pada alat dengan waktu yang terkirim ke *ThingSpeak* tergolong cukup cepat. Cepat atau lambatnya data yang terkirim ke aplikasi *ThingSpeak* dipengaruhi oleh jaringan internet. apabila jaringan internet stabil maka data yang terkirim ke aplikasi *ThingSpeak* tidak berbeda jauh dengan waktu yang tampil pada alat.

4.3 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian selanjutnya yaitu dilakukan pengujian keseluruhan sistem untuk mengetahui kehandalan dari sistem yang dibuat. Ketelitian dari sistem pengukuran ditentukan dengan melakukan pengukuran secara berulang. Pengujian akan dilakukan selama 3 hari dengan rentang waktu dimulai pukul 05.00 – pukul 18.00. Pengambilan data dilaksanakan Gedung C Lab Terpadu Universitas Muhammadiyah Jember.



Gambar 9. Alat monitoring PLTS

Dari hasil percobaan monitoring sistem PLTS secara selama 3 hari dapat diambil beberapa catatan diantaranya:

1. Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya mencapai maksimal berkisar pada pukul 09.00 – 14.00 yaitu hingga mencapai 17,64 Volt pada hari ke-2 pukul 10.00.
2. Arus yang dihasilkan oleh panel surya mencapai maksimal pada pukul 08.00 – 09.00 hingga mencapai 0,84 Ampere pada hari ke-1 pukul 08.00
3. Daya yang dihasilkan oleh panel surya mengalami penurunan mulai pukul 09.00 – 14.00. Hal ini disebabkan baterai sudah terisi penuh atau full charging.
4. Total Energi yang dihasilkan oleh panel surya 30 WP selama 3 hari percobaan yaitu 83 Watt Hour.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan fokus penelitian yang telah diuraikan dalam latar belakang masalah, maka kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian keseluruhan sistem pada penelitian ini adalah:

- a. Pembuatan dan perancangan alat prototype monitoring PLTS menggunakan sensor PZEM-003 sebagai sensor pembaca Tegangan (V), Arus (I), Daya (P), dan Total Energy (KWH) dapat berfungsi dengan baik.
- b. Alat yang dirancang memiliki tingkat akurasi yang sangat baik. Berdasarkan hasil pengujian tingkat kesalahan atau error yang didapatkan yaitu
 - 1) Tingkat kesalahan pembacaan tegangan oleh sensor PZEM 003 adalah 0,02%.
 - 2) Tingkat kesalahan pembacaan arus oleh sensor PZEM 003 adalah 1,92%.
 - 3) Tingkat kesalahan pembacaan daya oleh sensor PZEM 003 adalah 1,66%.
- c. Sistem monitoring PLTS berbasis *Internet of Things (IoT)* berfungsi dengan baik. Pada pengujian durasi pengiriman data didapatkan rata-rata selisih waktu pembacaan data dari alat ke aplikasi *ThingSpeak* sebesar 410ms.
- d. Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan sistem total rata-rata energi yang dihasilkan oleh PLTS selama 3 hari percobaan adalah sebesar 83 Wh.

REFERENSI

- [1] R. Rauf, F. Rachim, A. T. Dahri, H. Andre, dan R. A. M. Napitupulu, *Matahari sebagai Energi Masa Depan| Panduan Lengkap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*, vol. 1. 2023.
- [2] Wilianto dan A. Kurniawan, "Sejarah , Cara Kerja Dan Manfaat Internet Of Things," *J. MATRIX*, vol. 8, no. 2, hal. 36–41, 2009.
- [3] I. Iswahyudi, D. Irawan, dan M. Brian, "Technological Innovation : IoT-based Smart Greenhouse for Optimizing Red Garlic Growth," vol. 2, no. 1, hal. 11–19, 2024.
- [4] The MathWorks, "ThingSpeak," 2025. [https://www.mathworks.cn/help/thingspeak/Wilianto, & Kurniawan, A. \(2018\). Sejarah , Cara Kerja Dan Manfaat Internet of Things](https://www.mathworks.cn/help/thingspeak/Wilianto_&Kurniawan_A_(2018).Sejarah_Cara_Kerja_Dan_Manfaat_Internet_of_Things).
- [5] C. L. Aritonang, M. Maison, dan Y. R. Hais, "Sistem Monitoring Tegangan, Arus, dan Intensitas Cahaya pada Panel Surya dengan Thingspeak," *Jurnal Engineering*, vol. 2, no. 1. hal. 11–24, 2020.
- [6] M. Junaldy, S. R. U. A. Sompie, dan S. Patras, "Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 8, no. 1. hal. 9–14, 2019.
- [7] D. A. Ratnasari, B. Suprianto, dan F. Baskoro, "Monitoring Daya Listrik Pada Panel Surya Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram," *Indones. J. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 1, hal. 1–10, 2022.
- [8] L. A. Gunawan *et al.*, "Rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya portable," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, hal. 65–71, 2021.
- [9] M. A. Auliq, Fitriana, dan S. Robitoh, "Studi Implementasi Smart Grid Solar PV System Di Gedung G Universitas Muhammadiyah Jember," *ELKOM*, vol. 1814, no. 2, hal. 87–95, 2020.
- [10] A. Iswahyudi Brahma, D. Irawan, dan M. Brian, "Technological Innovation : IoT-based Smart Greenhouse for Optimizing Red Garlic Growth," *Int. Appl. Sci.*, vol. 2, no. 1, hal. 11–19, 2024.
- [11] Espressif Systems, "ESP32-S2 Series," 2021. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s2_datasheet_en.pdf.
- [12] M. Ramdan dan E. Damayanti, "Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of Things," vol. 4, hal. 15142–15155, 2024.