

## IMPLEMENTASI PLTS OFF-GRID 200 WP DENGAN SISTEM MONITORING BEBAN BERBASIS ARDUINO UNO

Muhammad Aji Anggoro<sup>1</sup>, Amperawan<sup>2</sup>

Sarjana Terapan Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Sriwijaya<sup>1</sup>  
Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Sriwijaya<sup>2</sup>

[ajianggoro1902@gmail.com](mailto:ajianggoro1902@gmail.com)<sup>1</sup>, [amperawan@polsri.ac.id](mailto:amperawan@polsri.ac.id)<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Energi listrik merupakan energi yang sangat sangat dibutuhkan bagi kehidupan manusia modern saat ini. Salah satunya energi listrik dapat dihasilkan dari energi surya atau panas matahari. Energi surya merupakan energi terbarukan untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya yang bertujuan untuk menyediakan pasokan energi terbarukan pada rumah tangga dengan cara mengimplementasikan menggunakan sistem PLTS off-grid dengan kapasitas 200 Wp yang dapat berfungsi secara efektif. Implementasi sistem PLTS off-grid dilakukan dengan beberapa metode dengan cara literatur, konsultasi, serta observasi. Berdasarkan Implementasi sistem PLTS off-grid 200 WP dengan monitoring beban berbasis arduino uno untuk hasil pengujian panel surya menunjukkan bahwa panel surya mampu menghasilkan tegangan dan arus sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan serta diketahui bahwa konversi energi mencapai efisiensi tinggi ketika cuaca dalam kondisi optimal. Pada sensor PZEM-004T menunjukkan hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya yang akurat dan real-time. Dari hasil pengujian ini membuktikan bahwa integrasi sensor PZEM-004T dalam sistem monitoring beban berbasis Arduino Uno pada PLTS off-grid memberikan manfaat yang signifikan dalam hal akurasi pengukuran dan efisiensi energi.

**Kata kunci :** *Arduino Uno, Energi Listrik, Energi Surya, PLTS.*

### ABSTRACT

*Electrical energy is energy that is very much needed for modern human life today. One of them electrical energy can be generated from solar energy or solar heat. Solar energy is a renewable energy for solar power generation systems that aim to provide renewable energy supplies to households by implementing using an off-grid PLTS system with a capacity of 200 Wp that can function effectively. The implementation of the off-grid PLTS system is carried out by several methods by means of literature, consultation, and observation. Based on the implementation of the 200 WP off-grid PLTS system with arduino uno-based load monitoring for solar panel test results show that solar panels are able to produce voltage and current in accordance with the expected specifications and it is known that energy conversion reaches high efficiency when the weather is in optimal conditions. The PZEM-004T sensor shows accurate and real-time voltage, current, and power measurements. The test results prove that the integration of the PZEM-004T sensor in the Arduino Uno-based load monitoring system for off-grid solar power plants provides significant benefits in terms of measurement accuracy and energy efficiency.*

**Keywords :** *Arduino Uno, Electric Energy, Solar Energy, Solar Power Plant.*

## 1. PENDAHULUAN

Komponen penting dalam kehidupan manusia saat ini adalah energi listrik. Namun di Indonesia, bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas alam masih menjadi sumber energi listrik utama di Indonesia. Harus ada inovasi untuk menggantikan bahan bakar ini karena bahan bakar ini langka dan dapat mencemari lingkungan. Energi terbarukan, khususnya energi surya, merupakan salah satu alternatif yang dapat diandalkan [1].

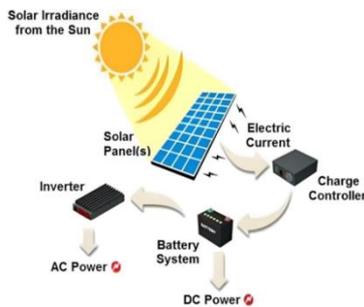
Energi matahari berasal dari sinar matahari dan partikel-partikel di atmosfer. Energi surya ini, yang sering dikenal sebagai energi matahari, adalah salah satu dari sedikit elemen yang tidak berubah di alam semesta. Dengan demikian, listrik tenaga surya mengacu pada penggunaan aktif energi matahari sehari-hari yang, jika digunakan dengan benar, tidak akan pernah habis. Insolasi, atau radiasi harian yang mencapai permukaan bumi dalam satu hari dan satu jam, biasanya dinyatakan dalam satuan Watt/m<sup>2</sup>-detik, yang menunjukkan intensitas atau kekuatannya [2].

Implementasi pembangkit listrik tenaga surya tidak hanya memerlukan pemahaman teknis mengenai instalasi dan komponen yang diperlukan, tetapi juga harus mempertimbangkan aspek *monitoring* dan kontrol agar sistem dapat beroperasi dengan efisien. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan pembangkit listrik tenaga surya *off-grid* yang efisien dan efektif, dilengkapi dengan sistem monitoring berbasis Arduino Uno.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

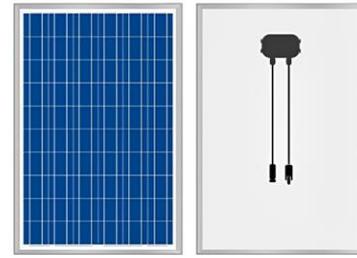
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sumber energi terbarukan yang utamanya menghasilkan listrik dari radiasi matahari. Ada beberapa keuntungan dari PLTS, tidak terkecuali sistem ini. Beberapa hal positif termasuk sumber energi yang tidak terbatas, perawatan yang mudah, pengoperasian yang tidak berisik, dan ramah lingkungan [3].



Gambar 1. Prinsip Kerja PLTS [12]

### 2.2 Panel Surya

Panel surya adalah gadget yang dapat menghasilkan listrik dari radiasi matahari. Daya yang dihasilkan sinar matahari hanya berupa listrik arus searah (DC)[4]. Sel fotovoltaik, yang diterjemahkan menjadi “listrik-cahaya”, adalah istilah lain untuk panel surya. Dengan menyerap energi matahari dan menciptakan arus listrik antara dua lapisan dengan muatan yang berbeda, sel surya, juga dikenal sebagai sel PV, memanfaatkan efek fotovoltaik [4].



Gambar 2. Panel Surya *polycrystalline* [13]

### 2.3 Solar Charge Controller

Pengisian baterai dan panel surya dikontrol oleh *Solar Charge Controller* (SCC), sebuah komponen dari Sistem Teknologi Saluran Listrik (PLTS). Selain membantu memperpanjang masa pakai baterai dan menjamin efektivitas pengisian daya panel surya ke baterai, SCC akan memastikan bahwa baterai tidak mengalami kelebihan muatan atau kekurangan muatan, yang dapat memperpendek masa pakai baterai [5].



Gambar 3. Solar Charge Controller  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

### 2.4 Baterai / Aki

Salah satu bagian dari sistem PLTS yang memiliki penyimpanan energi listrik cadangan adalah baterai. Selain sebagai sumber tegangan keluaran yang lebih dapat diandalkan untuk sistem, energi yang tersimpan dalam baterai berfungsi sebagai sumber daya cadangan atau backup yang biasanya digunakan ketika panel surya tidak dapat menghasilkan listrik, seperti pada malam hari atau pada saat cuaca mendung [6].



Gambar 4. Baterai  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

## 2.5 Inverter

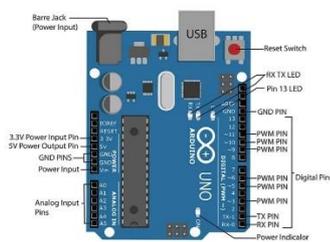
Tujuan dari rangkaian inverter adalah untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang ditentukan oleh desain rangkaian. Bergantung pada arsitektur rangkaian, inverter dapat menghasilkan bentuk gelombang arus listrik AC seperti persegi, sinus, sinus yang dimodifikasi, dan lebar pulsa yang dimodulasi [7].



Gambar 5. Inverter  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

## 2.6 Arduino Uno

Mikroprosesor ATmega328 digunakan oleh board pada Arduino Uno [8]. Sistem pemantauan beban untuk pembangkit listrik tenaga surya pada penelitian ini menggunakan Arduino sebagai pusat kendali.



Gambar 6. Arduino Uno [14]

## 2.7 Sensor PZEM-004T

Dengan bantuan Arduino atau mikrokontroler lainnya, sensor PZEM-004T dapat digunakan untuk mengukur tegangan,

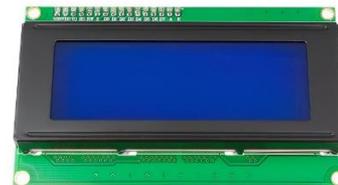
arus, dan daya aktif. Ketika melacak penggunaan energi listrik, sensor ini sangat berguna [9].



Gambar 7. Sensor PZEM-004T [15]

## 2.8 Liquid Crystal Display (LCD)

Suatu bentuk tampilan elektronik yang menggunakan teknologi logika CMOS disebut LCD, atau layar kristal cair. Alih-alih menciptakan cahaya, LCD memantulkan cahaya dari sekelilingnya dan memancarkan cahaya dari lampu latar atau memantulkannya ke panel depan [10].



Gambar 8. Liquid Crystal Display  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

## 2.9 Step Down

Dengan penggunaan teknologi *step down*, catu daya tegangan tinggi dapat diturunkan ke tingkat yang lebih rendah agar sesuai dengan kebutuhan perangkat listrik.



Gambar 9. Step Down  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

## 2.10 Software Arduino IDE

Alat yang digunakan untuk membuat program untuk lingkungan modul Arduino disebut Arduino IDE (*Integrated*

*Development Environment*). Oleh karena itu, alat yang digunakan untuk membuat program untuk papan Arduino adalah Arduino IDE [11].

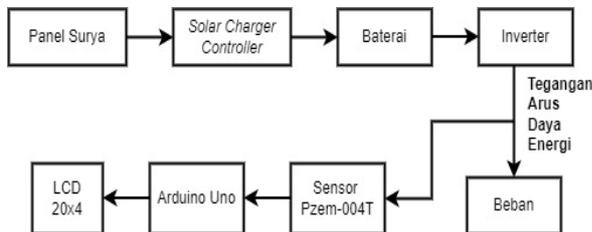


Gambar 10. Tampilan Awal Arduino IDE  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

### 3. METODOLOGI

#### A. Blok Diagram

Ketika membangun sebuah sistem pembangkit listrik tenaga surya, diagram blok sangat penting karena dapat membantu menggambarkan keseluruhan operasi sistem dari perspektif alat. Gambar 11 menunjukkan diagram blok pembangkit listrik tenaga surya.



Gambar 11. Blok Diagram Sistem PLTS  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

#### B. Flowchart

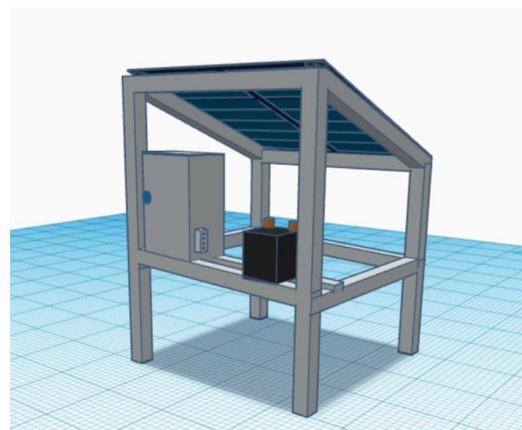
Diagram alir mencoba menjelaskan setiap tahap operasi sistem, dimulai dengan prosedur penggunaan alat awal untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Gambar 12 menunjukkan diagram alir untuk sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya.



Gambar 12. Flowchart Sistem PLTS  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

#### C. Perancangan Mekanik

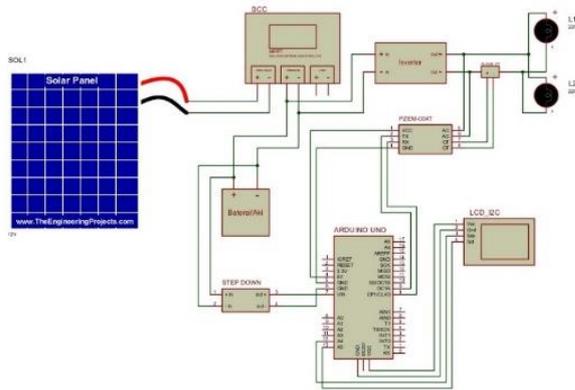
Perancangan mekanik adalah proses merancang peralatan yang digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai sumber energi terbarukan bagi rumah tangga. Dalam perancangan ini di buat dengan menggunakan aplikasi SketchUp yang dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. 3D design PLTS  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

D. Perancangan Elektrikal

Perancangan elektrikal adalah proses pembuatan diagram rangkaian dan tata letak yang menunjukkan hubungan antara komponen-komponen dalam sistem secara keseluruhan. Diagram skematik dan layout rangkaian ini dibuat menggunakan perangkat lunak Proteus.



Gambar 13. Skematik Rangkaian Monitoring PLTS  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

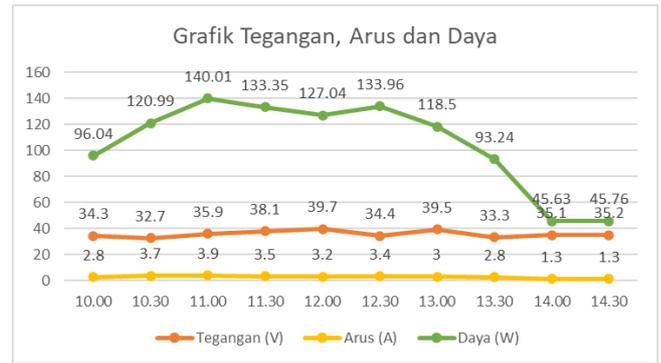
A. Pengujian Panel Surya

Pengujian panel surya dilakukan untuk memperoleh parameter-parameter yang ada pada panel surya, pengujian ini penting untuk memastikan kualitas dan kinerjanya sebelum digunakan dalam instalasi PLTS. Pengujian ini dilakukan pengukuran intensitas cahaya, tegangan dan arus keluaran panel surya.

Tabel 1. Pengukuran Panel Surya

Jam	Radiasi matahari (W/m <sup>2</sup> )	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00 – 10.30	424,3	31	34,3	2,8	96,04
10.31 – 11.00	670,2	31,3	32,7	3,7	120,99
11.01 – 11.30	820,7	32,5	35,9	3,9	140,01
11.31 – 12.00	837,4	33,3	38,1	3,5	133,35
12.01 – 12.30	882,8	33,9	39,7	3,2	127,04
12.31 – 13.00	923,3	36,6	39,4	3,4	133,96
13.01 – 13.30	713,2	36,3	39,5	3	118,5
13.31 – 14.00	433,1	34,3	33,3	2,8	93,24
14.01 – 14.30	212,7	34	35,1	1,3	45,63
14.31 – 15.00	216,7	33,7	35,2	1,3	45,76

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)



Gambar 14. Grafik Tegangan, Arus dan Daya Panel Surya

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Berdasarkan pengujian pada Tabel 1, yang mengukur tegangan, arus, daya, dan intensitas cahaya, menunjukkan seberapa besar pengaruh kekuatan sinar matahari terhadap tegangan, arus, dan output daya panel surya. Jumlah intensitas cahaya dinaikkan dan diturunkan secara tidak merata antara pukul 10:00, saat menghasilkan radiasi 424,3 W/m<sup>2</sup>, dan pukul 14:30, saat menghasilkan radiasi 216,7 W/m<sup>2</sup>. Ini juga tidak melihat kenaikan yang merata jika tegangan yang dihasilkan antara pukul 10:00 dan 14:30 antara 33,2 dan 39,7 volt. Serupa dengan bagaimana arus listrik yang dihasilkan tidak meningkat secara seragam dari 1,3 ampere ke 3,9 ampere, cuaca mendung selama bulan pengujian, juga menyebabkan peningkatan yang tidak merata pada suhu sekitar dari 31,6 °C ke 31,1 °C.

B. Pengujian Sistem PLTS Terhadap Beban AC

Pada pengujian sensor Pzem-004T beban AC dilakukan pada titik pengujian dimana titik pengujian ini berada pada keluaran inverter yang langsung menggunakan beban AC. Adapun pada pengujian beban AC dilakukan untuk melihat *persentase error* dengan menggunakan perhitungan *persentase error* dimana nilai *error* atau kesalahan dapat didapat dari nilai perhitungan nilai pengukuran dibagi nilai perhitungan yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 2 dan untuk rumusnya menjadi:

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Nilai Monitoring} - \text{Nilai Perhitungan Manual}}{\text{Nilai Perhitungan Manual}} \times 100\% \quad \dots (1)$$

Tabel 2. Pengujian Nilai Tegangan AC

Jam	Pembacaan Sistem Monitoring (V)	Pembacaan Alat Ukur (V)	Selisih	Persentase Error (%)
13.00	174,50	174	0,5	0,2
14.00	174,40	174	0,4	0,2
15.00	173,90	175	1,1	0,6
16.00	173,80	174	0,2	0,1
17.00	173	174	1	0,5

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Tujuan dari pengujian tegangan AC adalah untuk mengevaluasi kemampuan dan keampuhan sensor, seperti yang dapat disimpulkan dari temuan Tabel 2 tentang perbandingan tegangan AC dengan alat pengukur yang disebutkan di atas.

Menurut data Tabel 2, pembacaan sensor meningkat seiring dengan penurunan tegangan sumber dan kenaikan tegangan sumber. Jumlah terbesar, 1,1%, terkait dengan ketidakakuratan pengukuran tegangan. Tabel 3 menyajikan persentase rata-rata kesalahan pengukuran, yang ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{rata - rata kesalahan} &= \frac{\text{jumlah persentase kesalahan}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{1,6}{5} \times 100\% \\ &= 0,32\% \end{aligned}$$

Tabel 3. Pengujian Nilai Arus AC

Jam	Pembacaan Sistem Monitoring (A)	Pembacaan Alat Ukur (A)	Selisih	Persentase Error (%)
13.00	0,20	0,21	0,01	0,047
14.00	0,20	0,21	0,01	0,047
15.00	0,21	0,21	0	0
16.00	0,21	0,22	0,01	0,047
17.00	0,21	0,21	0	0

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai arus yang terbaca pada multimeter memiliki nilai tertinggi ketika jam 16.00 sebesar 0.22 A dan terendah pada percobaan yang pertama, kedua, ketiga, dan kelima dengan nilai 0,21 A dan *persentase error* yang tertinggi pada jam 13.00, 14.00, dan 16.00 dengan nilai 0.047% dan *persentase error* terendah pada jam 15.00 dan jam 17.00 dengan nilai 0% dimana rata-rata *persentase error* yang didapat berdasarkan lima jam percobaan dengan beban yang sama adalah sebesar 0,028%. *Persentase* rata-rata kesalahan pengukuran dapat dihitung

sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{rata - rata kesalahan} &= \frac{\text{jumlah persentase kesalahan}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{0,141}{5} \times 100\% \\ &= 0,028\% \end{aligned}$$

Tujuan dari penghitungan nilai daya aktual adalah untuk memastikan apakah pembacaan daya pada sensor sesuai dengan nilai penghitungan manual. Untuk melakukan hal ini, kalikan tegangan sumber output inverter 174V dengan arus yang diukur dengan multimeter dan 0,6 cosphi yang terdapat pada kotak lampu. Ini akan menghasilkan daya aktual yang diberikan oleh beban, yaitu sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \cos\phi \quad \dots (2)$$

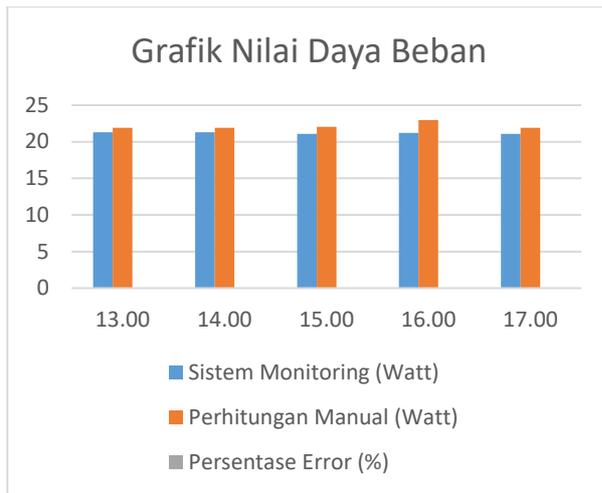
Tabel 4. Pengujian Nilai Daya Beban

Jam	Pembacaan Sistem Monitoring (Watt)	Perhitungan Manual (Watt)	Selisih	Persentase Error (%)
13.00	21,30	21,92	0,62	0,02
14.00	21,30	21,92	0,62	0,02
15.00	21,10	22,05	0,95	0,04
16.00	21,20	22,96	1,76	0,07
17.00	21,10	21,92	0,82	0,03

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai 21,92-22,96 W dihasilkan dari nilai yang dikumpulkan antara pukul 13.00 dan 17.00. Daya diperoleh untuk mengevaluasi beban dengan mengalikan pembacaan multimeter tegangan, arus, dan faktor daya. 21.10-21.30 W adalah hasil pengujian dengan sistem pemantauan yang ditampilkan pada LCD. *Persentase* rata-rata kesalahan pengukuran dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{rata - rata kesalahan} &= \frac{\text{jumlah persentase kesalahan}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{0,18}{5} \times 100\% \\ &= 0,036\% \end{aligned}$$



Gambar 15. Grafik Nilai Daya Beban  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Grafik pada Gambar 19 menunjukkan nilai persentase kesalahan yang dihitung dari nilai arus dan tegangan yang terbaca pada multimeter dan nilai yang terbaca pada sistem pemantauan. Nilai kesalahan tertinggi, sebesar 0,07%, terjadi pada pukul 16.00, dan persentase kesalahan terendah, sebesar 02%, terjadi pada pukul 13.00 dan 14.00. Rata-rata persentase kesalahan di antara lima percobaan adalah 0,064%.

## 5. KESIMPULAN

Implementasi sistem PLTS *off-grid* 200 WP dengan monitoring beban berbasis arduino uno dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian menunjukkan panel surya mampu menghasilkan tegangan dan arus sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan serta pada konversi energi mencapai efisiensi tinggi ketika cuaca dalam kondisi optimal, meskipun terdapat fluktuasi yang dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan intensitas sinar matahari dan pada efisiensi tersebut dapat mengalami penurunan signifikan saat cuaca mendung atau hujan.

Pada sensor PZEM-004T memberikan pengukuran tegangan, arus, dan daya yang akurat dan real-time serta pengujian menunjukkan hasil bahwa integrasi sensor PZEM-004T dalam sistem monitoring beban berbasis Arduino Uno pada PLTS *off-grid* memberikan manfaat yang signifikan dalam hal

akurasi pengukuran dan efisiensi energi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kodir, A. Bahar, and C. W. Kusumah, "Perencanaan PLTS Untuk Rumah Tinggal Dengan Kapasitas Daya Terpasang 450 VA," *J. Ilm. Elektrokrisna*, vol. 9, 2021.
- [2] H. Riafinola, I. K. L. N. Suciningtyas, I. Sholihuddin, and W. R. Puspita, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Penggunaan Listrik Rumah Tangga," *J. Appl. Electr. Eng.*, vol. 6, no. 2, 2022.
- [3] A. N. Sifa, A. J. Firdaus, and M. Khambali, "Rancang Bangun Pembangkit Tenaga Surya (PLTS) 200WP Untuk Suplai Daya Sistem Kendali Dan Monitoring Pemeliharaan Tanaman Media Air," *J. ORBITH*, vol. 19, no. 2, pp. 187–200, 2023.
- [4] S. Meliala, R. Putri, S. Saifuddin, and M. Sadli, "Perancangan Penggunaan Panel Surya Kapasitas 200 WP On Grid System pada Rumah Tangga di Pedesaan," *J. Electr. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 100–111, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/arti cle/view/3544>
- [5] T. K. Sari and T. U. Kalsum, "Rancang Bangun Sistem Gerak Panel Surya Berbasis Arduino Uno," *GATOTKACA J. (Teknik Sipil, Inform. Mesin dan Arsitektur)*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [6] Y. Apriani, D. Dipociala, Z. Saleh, and W. Oktaviani, "Automatic Transfer Switch (ATS) Berbasis Sensor Tegangan Baterai Untuk PLTS," *Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 1, pp. 44–51, 2023, doi: 10.23960/elc.v17n1.2420.

- [7] P. Burhan, S. H. Wibowo, and M. A. Watoni, "Studi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Kapasitas 250 WP Pengajar Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Banjarmasin," *J. INTEKNA*, vol. 22, no. 2, pp. 108–115, 2022.
- [8] A. S. Sandi, I. A. Ashari, R. A. Setiawan, and R. B. B. Sumantri, "Implementasi Sensor Mq-2 Sebagai Alat Deteksi Asap Rokok Menggunakan Atmega328," *METHOMIKA J. Manaj. Inform. dan Komputerisasi Akunt.*, vol. 5, no. 2, pp. 110–115, 2021, doi: 10.46880/jmika.vol5no2.pp110-115.
- [9] M. A. S. Antara and Suteja I Wayan Arsa, "Analisis Arus, Tegangan, Daya, Energi, Dan Biaya Pada Sensor PZEM-004T Berbasis NODEMCU ESP8266," *PATRIA ARTHA Technol. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 76–84, 2021.
- [10] M. Natsir, D. B. Rendra, and A. D. Y. Anggara, "Implementasi IOT Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya," *J. PROSISKO (Pengembangan Ris. dan Obs. Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 6, no. 1, pp. 69–72, 2019.
- [11] Y. Prabowo, A. Narendro, T. Wisjhnuadji, and S. Siswanto, "Uji Akurasi Modul Kwh Meter Digital Pzem-004T Berbasis Pengendali Digital Esp32," *SKANIKA Sist. Komput. dan Tek. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 85–96, 2023, doi: 10.36080/skanika.v6i2.3064.