

## Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Web

Abdurahman<sup>a1</sup>, Elfirza Rosiana<sup>a2</sup>, Heri Kusnadi<sup>a3</sup>, Toto Raharjo<sup>a4</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Lektro Fakultas Teknik Universitas Pamulang  
Jl. Raya Puspitek. Buaran. Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan. Banten 15310

[dosen00943@unpam.ac.id](mailto:dosen00943@unpam.ac.id)

[dosen00689@unpam.ac.id](mailto:dosen00689@unpam.ac.id)

[dosen00931@unpam.ac.id](mailto:dosen00931@unpam.ac.id)

[dosen00930@unpam.ac.id](mailto:dosen00930@unpam.ac.id)

### Abstraks

Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring panel surya berbasis web untuk meningkatkan efisiensi pemantauan dan pemeliharaan. Tujuannya adalah menyediakan informasi real-time mengenai kinerja panel surya, memungkinkan deteksi dan penanganan masalah secara cepat dan efisien. Sistem ini mengumpulkan data dari sensor yang membaca arus dan tegangan, mengubah sinyal analog menjadi digital menggunakan mikrokontroler, dan menampilkan serta menyimpan data tersebut di web. Hasil penelitian menunjukkan panel surya menghasilkan daya rata-rata 79,67 W dengan tegangan dan arus yang meningkat pada siang hari. Inverter menunjukkan efisiensi tinggi dengan daya rata-rata 76,90 W dan tegangan stabil 221 V, menghasilkan efisiensi sistem sebesar 96,52%. Pengukuran tegangan DC menunjukkan perbedaan kecil antara alat dan pengukuran manual, dengan total error 16,60 V dan rata-rata error 0,55 V. Kesimpulannya, sistem monitoring berbasis web ini efektif dalam meningkatkan efisiensi dan reliabilitas pemeliharaan panel surya, serta berkontribusi signifikan terhadap optimalisasi penggunaan energi terbarukan.

**Kata kunci:** Sistem monitoring, solar panel, web-based, real-time, efisiensi, energi terbarukan.

## Web Based Solar Panel Monitoring System

### Abstract

This research develops a web-based solar panel monitoring system to increase monitoring and maintenance efficiency. The goal is to provide real-time information on solar panel performance, enabling rapid and efficient detection and handling of problems. This system collects data from sensors that read current and voltage, converts analog signals to digital using a microcontroller, and displays and stores the data on the web. The research results show that solar panels produce an average power of 79.67 W with increasing voltage and current during the day. The inverter shows high efficiency with an average power of 76.90 W and a stable voltage of 221 V, resulting in a system efficiency of 96.52%. DC voltage measurements show small differences between tool and manual measurements, with a total error of 16.60 V and an average error of 0.55 V. In conclusion, this web-based monitoring system is effective in increasing the efficiency and reliability of solar panel maintenance, and contributes significantly to optimizing the use of renewable energy.

**Keywords:** Monitoring system, solar panels, web-based, real-time, efficiency, renewable energy.

### I. PENDAHULUAN

Energi terbarukan, khususnya energi surya, semakin menjadi pilihan utama untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menurunkan emisi karbon. Panel surya merupakan salah satu teknologi yang paling umum digunakan untuk menangkap dan mengkonversi energi matahari menjadi listrik. Namun, efektivitas panel surya sangat bergantung pada pemantauan dan pemeliharaan yang tepat untuk memastikan kinerja optimal.

Salah satu masalah utama dalam penggunaan panel surya adalah kurangnya sistem pemantauan yang efisien dan real-time. Banyak sistem pemantauan saat ini masih bersifat manual dan tidak memberikan informasi yang cukup akurat dan cepat untuk mendeteksi dan menangani masalah yang terjadi. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan efisiensi dan reliabilitas panel surya, serta kerugian ekonomi yang signifikan karena tidak optimalnya pemanfaatan energi yang dihasilkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem monitoring panel surya berbasis web yang dapat memberikan informasi real-time mengenai kinerja panel

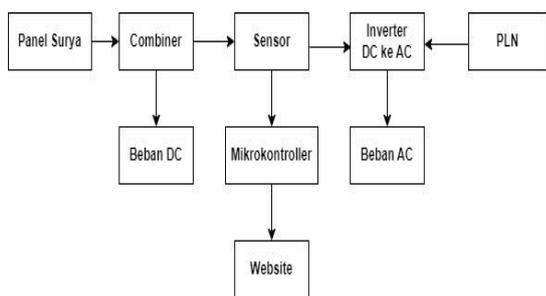
surya. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi anomali dan masalah operasional secara cepat dan efisien, sehingga pengguna dapat mengambil tindakan pemeliharaan yang tepat waktu. Sistem ini juga bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pemantauan dan pemeliharaan panel surya melalui penggunaan teknologi sensor dan mikrokontroler untuk mengubah sinyal analog menjadi digital, yang kemudian ditampilkan dan disimpan dalam basis data berbasis web.

Dengan adanya sistem monitoring berbasis web ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap optimalisasi penggunaan energi terbarukan, mengurangi biaya pemeliharaan, dan meningkatkan reliabilitas serta umur panjang panel surya. Penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan solusi yang lebih praktis dan efektif dalam pengelolaan dan pemantauan panel surya, sehingga dapat mendorong adopsi yang lebih luas terhadap teknologi energi terbarukan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini dirancang suatu alat yang dapat memonitoring arus dan tegangan pada panel surya lalu hasilnya ditampilkan ke website.[1] Modul sensor ACS712 digunakan untuk membaca besarnya nilai arus.[2] Arduino Uno digunakan sebagai prosesor dan ethernet digunakan sebagai penghubung yang menjembatani jaringan internet dengan komputer server.[3]

Sistem panel surya yang digunakan adalah sistem On Grid. Berdasarkan blok diagram Gambar 1. arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya akan dideteksi oleh sensor. Sensor arus dan tegangan terhubung dengan pin analog mikrokontroler.[4] Keluaran dari sensor ini adalah sinyal analog yang harus dirubah terlebih dahulu kedalam sinyal digital. Perubahan sinyal tersebut menggunakan ADC (analog to digital converter) yang ada didalam mikrokontroler arduino Uno.[5] Data lalu diproses oleh mikrokontroler dan akan ditampilkan pada layar display dan website.



Gambar 1. Blok diagram sistem

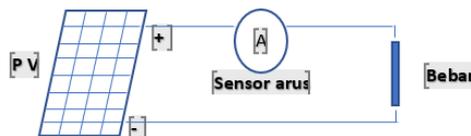
Arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya digabungkan. Penggabungan tersebut menggunakan 2 rangkaian yaitu paralel dan seri. Hal ini dilakukan untuk mengejar spesifikasi inverter yang digunakan.

Pada keluaran arus dan tegangan dari panel surya bisa langsung digunakan untuk alat-alat yang menggunakan beban DC. Akan tetapi untuk alat-alat listrik yang menggunakan beban AC harus menggunakan keluaran dari inverter DC to AC. Inverter yang digunakan khusus

untuk OnGrid maka tegangan yang dihasilkan solar panel dan tegangan yang berasal dari PLN dapat digabungkan.[6]

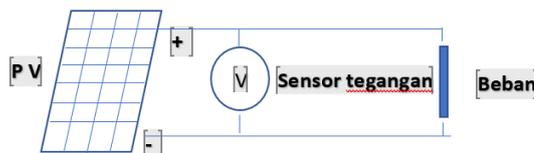
A. Rangkaian sensor arus dan tegangan dengan panel surya

Arus dan tegangan yang keluar dari solar panel dibaca oleh sensor arus dan tegangan. Pada dasarnya sinyal yang dikeluarkan merupakan sinyal analog. Pada arduino sinyal ini akan dirubah menjadi sinyal digital dengan bantuan ADC internal 10 bit. Setelah data diolah melalui ADC internal, hasilnya akan ditampilkan di website.



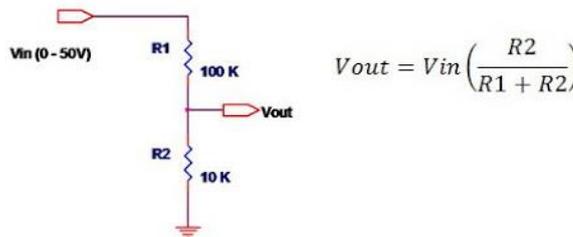
Gambar 2. Rangkaian panel surya dengan sensor arus

Arus yang dihasilkan panel surya akan melewati sensor arus ACS712 kemudian sensor arus mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk dibaca.[7]



Gambar 3. Rangkaian panel surya dengan sensor tegangan

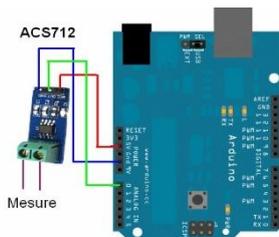
Rangkaian diatas merupakan rangkaian sensor tegangan dengan panel surya. Sensor tegangan merupakan rangkaian pembagi tegangan yang dipasang secara paralel. Dalam rangkaian tersebut antara R1 dan R2 harus dibagi sesuai kebutuhan seperti gambar 4 dibawah ini.[8]



Gambar 4. Rangkaian pembagi tegangan

Pada gambar 4 merupakan rangkaian pembagi tegangan. rangkaian tersebut digunakan untuk mengukur tegangan DC yang keluar dari solar panel. Keluaran dari rangkaian ini dihubungkan dengan pin analog Arduino. Karena sinyal tersebut merupakan dinyal analog. Pada arduino sinyal ini akan dirubah menyadi sinyal digital. Pada Arduino terdapat ADC internal 10 bit. Setelah data diolah dalam mikrokontroler hasilnya akan ditampilkan pada website.[9]

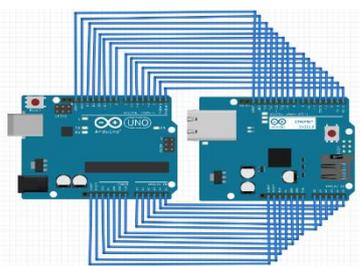
B. Rangkain ACS712 dengan Arduino



Gambar 5. Rangkaian Arduino dengan ACS12

Pada gambar 5 merupakan rangkaian Arduino dengan Sensor ACS712 digunakan untuk mengukur arus yang keluar dari solar panel. Keluaran dari sensor ini merupakan sinyal analog sehingga harus dihubungkan dengan pin analog dari Arduino. Pin 0 analog Arduino terhubung dengan pin out Sensor ACS712. Pin ground dan 5 volt Arduino terhubung dengan pin ground dan pin vcc pada Sensor ACS712.[10]

C. Rangkaian Arduino dengan Ethernet shield



Gambar 6. Rangkaian Arduino dengan Ethernet shield

Rangkaian diatas merupakan rangkaian Arduino dengan Ethernet shield. digunakan untuk menghubungkan Arduino dengan internet yaitu menggunakan kabel LAN dan Rj45. Ethernet shield merupakan modul yang pin-pinnya sudah sesuai dengan berdasarkan dimensi Arduino. Sehingga mudah untuk memasangnya yaitu tinggal memasukan Ethernet shield saja diatas Arduino.[11]

Data tegangan, arus, dan daya dikumpulkan secara real-time dari sensor yang terhubung ke panel surya. Mikrokontroler digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital, yang kemudian dikirim ke server web untuk disimpan dalam basis data. Data ini diakses dan ditampilkan melalui antarmuka web untuk pemantauan kinerja panel surya.

Data yang dikumpulkan dianalisis untuk menilai kinerja panel surya dan sistem monitoring. Parameter utama yang dianalisis meliputi tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan pada berbagai waktu dalam sehari. Data ini digunakan untuk mengidentifikasi pola kinerja dan mendeteksi anomali yang mungkin terjadi.

Validasi data dilakukan untuk memastikan keakuratan pengukuran yang dihasilkan oleh sistem. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari alat dengan pengukuran manual yang dilakukan menggunakan alat ukur standar yang telah dikalibrasi.

Langkah-langkah validasi meliputi, pengukuran manual yaitu pengukuran tegangan dan arus dilakukan secara manual pada interval waktu yang sama dengan pengukuran sistem monitoring.

Perbandingan data yaitu data yang dihasilkan oleh sistem dibandingkan dengan data manual untuk mengidentifikasi error absolut dan error relatif.

Analisis error yaitu error dihitung untuk menilai perbedaan antara pengukuran sistem dan pengukuran manual. Error yang kecil menunjukkan bahwa sistem monitoring memiliki tingkat akurasi yang baik

III Hasil dan Pembahasan

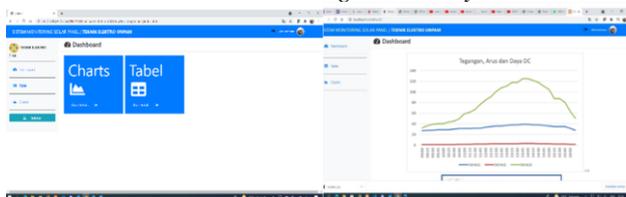
Tegangan dan arus yang berasal dari solar panel masuk kedalam inverter dengan kapasitas 1000 W. Inverter yang digunakan adalah inverter Grid Tie karena pemasangan solar panel inline dengan saluran listrik PLN.



Gambar 7. Panel surya. inverter dan sistem hardware

Solar panel yang dipasang secara seri dengan masing-masing kapasitas 100wp. Berdasarkan asumsi datasheet tersebut maka total daya yang dihasilkan mencapai 200wp. Sedangkan tegangan solar panel pada keadaan open sirkuit sebesar 21.5V pada tiap lembarnya. Sehingga total dari tegangannya menjadi 42V DC dan ini sesuai dengan spesifikasi inverter yang menerima tegangan open sirkuit antara 42V – 45V.

A. GUI Web Sistem Monitoring Panel Surya



Gambar 8. Tampilan Web Panel Surya

Gambar 8 merupakan tampilan web panel surya. pada menu utama terdapat dua pilihan menu yaitu Chart dan Tabel. Menu Charts digunakan untuk menampilkan grafik data. Menu Tabel digunakan untuk menampilkan data dalam format tabel.[12]

Dalam membangun system monitoring berbasis web digunakan Bahasa pemrograman php, html, javascript dan DBMS menggunakan mySql yang sudah terintegrasi dengan XAMPP.

B. Data output dari panel surya

TABEL 1. DATA OUTPUT DARI PANEL SURYA

Data Output Pv				
No	Waktu ( Jam )	Tegangan ( Volt )	Arus ( Amper )	Daya ( Watt )
1	09:00	27	1.2	32.4
2	09:15	28	1.3	36.4

3	09:30	28	1.4	39.2
4	09:45	29	1.4	40.6
5	10:00	29	1.4	40.6
6	10:15	29	1.5	43.5
7	10:30	30	1.5	45
8	10:45	31	1.6	49.6
9	11:00	31	1.9	58.9
10	11:15	31	2	62
11	11:30	32	2.1	67.2
12	11:45	32	2.4	76.8
13	12:00	34	2.5	85
14	12:15	35	2.6	91
15	12:30	36	2.8	100.8
16	12:45	36	3	108
17	13:00	37	3	111
18	13:15	38	3.1	117.8
19	13:30	38	3.1	117.8
20	13:45	39	3.2	124.8
21	14:00	39	3.2	124.8
22	14:15	38	3.2	121.6
23	14:30	38	3.1	117.8
24	14:45	37	3	111
25	15:00	36	2.9	104.4
26	15:15	35	2.5	87.5
27	15:30	35	2.3	80.5
28	15:45	32	2	64
29	16:00	28	1.8	50.4
Jumlah		968.00	67.00	2,310.40
Rata2		33.38	2.31	79.67

Pada tabel 1. merupakan tegangan, arus dan daya yang keluar dari panel surya. Daya yang keluar merupakan hasil dari rumus daya yaitu  $P = V \times I$ . Tegangan yang keluar dari solar panel merupakan tegangan DC. agar daya tersebut dapat digunakan oleh beban listrik yang terdapat di rumah maka harus dirubah dulu kedalam tegangan AC. Data output dari panel surya yang disajikan menunjukkan tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan pada berbagai waktu dari jam 09:00 hingga 16:00.

Tegangan mulai dari 27Volt pada pukul 09:00 dan meningkat secara bertahap hingga mencapai puncaknya pada 39Volt sekitar pukul 14:00. Setelah pukul 14:00, tegangan mulai menurun perlahan hingga mencapai 28Volt pada pukul 16:00. Rata-rata tegangan yang dihasilkan adalah 33.38V.

Arus yang dihasilkan panel surya meningkat dari 1.2A pada pukul 09:00 hingga mencapai puncaknya sebesar 3.2A pada pukul 14:00. Setelah pukul 14:00, arus mengalami penurunan secara bertahap hingga mencapai 1.8A pada pukul 16:00. Rata-rata arus yang dihasilkan adalah 2.31A.

Daya yang dihasilkan juga meningkat dari 32.4W pada pukul 09:00 hingga mencapai puncaknya sebesar 124.8W pada pukul 14:00. Daya mulai menurun setelah pukul 14:00, dan pada pukul 16:00 daya yang dihasilkan adalah 50.4W. Rata-rata daya yang dihasilkan adalah 79.67W.

Panel surya menunjukkan kinerja puncak antara pukul 12:00 hingga 14:00 dengan daya maksimum yang dihasilkan pada pukul 14:00 sebesar 124.8W. Pada periode ini, baik tegangan maupun arus mencapai nilai

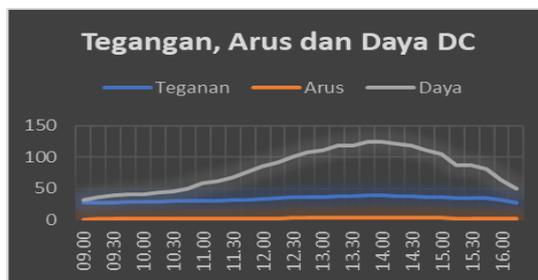
tertinggi, yang menunjukkan efisiensi maksimal dari panel surya.

Setelah pukul 14:00, terdapat penurunan yang konsisten dalam semua parameter (tegangan, arus, dan daya). Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh perubahan posisi matahari dan sudut insidensi cahaya matahari terhadap panel surya.

Pada pagi hari, dari pukul 09:00 hingga 12:00, terdapat peningkatan bertahap dalam semua parameter. Ini menunjukkan bahwa panel surya mulai bekerja lebih efisien seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya matahari.

Total tegangan yang dihasilkan selama periode ini adalah 968V, total arus adalah 67A, dan total daya adalah 2310.4W. Rata-rata nilai menunjukkan kinerja harian dari panel surya, dengan rata-rata tegangan 33.38V, rata-rata arus 2.31A, dan rata-rata daya 79.67W.

Apabila dibuat grafik maka akan terlihat pada gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. Grafik Tegangan Arus dan Daya DC

C. Data Output dai Inverter

TABEL 2  
DATA OUTPUT DARI INVERTER

Data Output Inverter				
No	Waktu (Jam)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1	09:00	219	0.2	39.42
2	09:15	219	0.2	39.42
3	09:30	220	0.2	39.60
4	09:45	220	0.3	59.40
5	10:00	220	0.3	59.40
6	10:15	221	0.3	59.67
7	10:30	220	0.3	59.40
8	10:45	220	0.4	79.20
9	11:00	221	0.4	79.56
10	11:15	221	0.4	79.56
11	11:30	221	0.4	79.56
12	11:45	221	0.5	99.45
13	12:00	222	0.5	99.90
14	12:15	222	0.5	99.90
15	12:30	222	0.5	99.90
16	12:45	222	0.5	99.90
17	13:00	221	0.6	119.34
18	13:15	222	0.6	119.88
19	13:30	223	0.6	120.42
20	13:45	222	0.6	119.88
21	14:00	220	0.5	99.00
22	14:15	221	0.4	79.56
23	14:30	222	0.4	79.92
24	14:45	222	0.4	79.92

25	15:00	223	0.3	60.21
26	15:15	222	0.3	59.94
27	15:30	221	0.2	39.78
28	15:45	220	0.2	39.60
29	16:00	219	0.2	39.42
Jumlah		6,409.00	11.20	2,230.11
Rata-rata		221.00	0.39	76.90

Pada tabel 2, terdapat data output dari inverter, tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh inverter adalah 221V. Tegangan ini relatif stabil sepanjang hari, dengan variasi kecil dari 219V hingga 223V. Arus rata-rata adalah 0.39A. Arus yang dihasilkan bervariasi dari 0.2A hingga 0.6A, dengan peningkatan yang signifikan pada siang hari ketika intensitas sinar matahari lebih tinggi.

Daya rata-rata yang dihasilkan oleh inverter adalah 76.90 W. Daya yang dihasilkan meningkat seiring dengan peningkatan arus dan stabil pada waktu tengah hari. Nilai daya tertinggi tercatat sebesar 120.42 W pada pukul 13:30, sedangkan nilai daya terendah adalah 39.42 W pada beberapa waktu pagi dan sore.

**D. Perhitungan Efisiensi Sistem**

Untuk menghitung efisiensi sistem secara keseluruhan, perlu membandingkan daya output inverter dengan daya input dari panel surya.

Daya total yang dihasilkan oleh panel surya (dari data sebelumnya) sebesar 2,310.40 W dan daya total yang dikeluarkan oleh inverter sebesar 2,230.11 W. Dengan demikian dapat dihitung efisiensi inverter tersebut menggunakan rumus:

$$\eta = (P_{in}/P_{out}) \times 100\% \quad [13] \tag{1}$$

$$\eta = (2,230.11 \text{ W}/2,310.40 \text{ W}) \times 100\%$$

$$\eta = 96.52\%$$

Sistem memiliki efisiensi sebesar 96.52%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar energi yang dihasilkan oleh panel surya berhasil diubah menjadi daya listrik yang dapat digunakan oleh inverter. Ini merupakan nilai efisiensi yang sangat baik untuk sistem panel surya.

**E. Error sistem**

TABEL 3.  
ERROR YANG DIPEROLEH

TEGANGAN DC				
NO	WAKTU ( Jam )	Alat ( Volt )	Manual	Error
2	09.15	28	28.6	0.6
3	09.30	28	29	1
4	09.45	29	29.6	0.6
5	10.00	29	29.9	0.9
6	10.15	29	30	1
7	10.30	30	30.4	0.4
8	10.45	31	31.4	0.4
9	11.00	31	31.6	0.6
10	11.15	31	32	1
11	11.30	32	32.5	0.5
12	11.45	32	32.7	0.7

13	12.00	34	34.9	0.9
14	12.15	35	35.6	0.6
15	12.30	36	36.3	0.3
16	12.45	36	36.7	0.7
17	13.00	37	37.4	0.4
18	13.15	38	38.3	0.3
19	13.30	38	38.8	0.8
20	13.45	39	39.5	0.5
21	14.00	39	39.9	0.9
22	14.15	38	38.4	0.4
23	14.30	38	38.1	0.1
24	14.45	37	37.6	0.6
25	15.00	36	36.4	0.4
26	15.15	35	35.7	0.7
27	15.30	35	35.3	0.3
28	15.45	35	35	0
29	16.00	32	32.1	0.1
30	16.15	28	28.4	0.4
Jumlah		1,003	1,019.60	16.6
Rata2		33.43	33.99	0.55

Error mengindikasikan perbedaan antara hasil pengukuran alat dengan pengukuran manual. Error dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Error} = |\text{nilai manual} - \text{nilai alat}| \tag{14}$$

$$\text{Rata-rata Error} = \text{Total error} / \text{Jumlah pengukuran} \tag{3}$$

$$\text{Rata-rata Error} = 16.6 \text{ V} / 30 = 0.55 \text{ V}$$

Data tegangan DC yang diukur oleh alat dan secara manual menunjukkan adanya perbedaan kecil namun konsisten antara kedua metode pengukuran. Total tegangan yang diukur oleh alat selama periode yang ditentukan adalah 1,003 Volt, sedangkan pengukuran manual menghasilkan total tegangan sebesar 1,019.60 Volt. Rata-rata tegangan yang diukur oleh alat adalah 33.43 Volt, sedikit lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata tegangan manual sebesar 33.99 Volt.

Error yang tercatat selama periode pengukuran adalah sebesar 16.6 Volt dengan rata-rata error sebesar 0.55 Volt. Error ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang konstan namun kecil antara pengukuran alat dan pengukuran manual.

Secara keseluruhan, meskipun terdapat sedikit perbedaan antara pengukuran alat dan pengukuran manual, hasilnya cukup konsisten dan dapat diterima untuk keperluan monitoring tegangan. Rata-rata error yang rendah menunjukkan bahwa alat pengukur memiliki tingkat akurasi yang baik, meskipun ada ruang untuk peningkatan presisi.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang berjudul “Design and Implementation of IoT based PV Integrated Power Monitoring System”, [15] pembahasannya lebih berfokus pada konektivitas dan aksesibilitas data daripada analisis mendalam dari kinerja sistem.

**IV KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil ujicoba yang dilakukan terkait dengan sistem monitoring panel surya berbasis web, berikut beberapa kesimpulannya.

Sistem monitoring panel surya dapat mengambil data dengan baik, ditandai dengan pengukuran pada tegangan DC yang menunjukkan perbedaan kecil antara hasil pengukuran alat dan pengukuran manual, dengan total error sebesar 16,60 V dan rata-rata error sebesar 0,55 V.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan pemahaman yang lebih baik tentang efisiensi sistem panel surya dan inverter serta akurasi alat pengukur yang digunakan dalam pemantauan sistem energi terbarukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel surya menghasilkan daya rata-rata sebesar 79,67 W, dengan tegangan dan arus yang meningkat pada siang hari, mencapai puncaknya pada tengah hari. Inverter menunjukkan efisiensi tinggi dengan daya rata-rata 76,90 W dan tegangan stabil sebesar 221 V, menghasilkan efisiensi keseluruhan sistem sekitar 96,52%.

Penelitian lebih lanjut dapat fokus pada metode kalibrasi otomatis yang dapat diintegrasikan ke dalam sistem monitoring. Melakukan kalibrasi alat pengukur secara berkala untuk mengurangi error dan meningkatkan akurasi pengukuran.

Selain itu bisa juga mengembangkan algoritma yang lebih canggih untuk mendeteksi anomali dalam kinerja panel surya. Algoritma tersebut bisa menggunakan mesin learning sehingga dapat menganalisis data historis dan mendeteksi pola yang tidak biasa.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada dosen program studi Teknik elektro yang sudah membantu penelitian ini. Tidak lupa kepada Universitas Pamulang yang telah memberikan dukungan, agar dosen terus melakukan penelitian dan mempublikasikannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. R. H. Imam Wahyudi Farid, Ciptian Wieried Priananda, Iqbal Aulia Lazuardi, Raden Venantius Hari Ginardi, "Automatic Transfer Switch with Website Monitoring for On-grid Solar Home System," in *2021 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture and Industrial Automation (ICAMIMIA), IEEE*, 2022, pp. 316–319. doi: 10.1109/ICAMIMIA54022.2021.9807774.
- [2] Ravi Teja, "Interfacing ACS712 Current Sensor with Arduino – Measure Current with Arduino," *electronics*, 2024. <https://www.electronicshub.org/interfacing-ac712-current-sensor-with-arduino/>
- [3] Puneeth Kumar, "A Complete Guide On Ethernet Network Shield 5100 For Arduino UNO," *makerguides*, 2022. <https://www.makerguides.com/ethernet-network-shield-5100-arduino-uno/>
- [4] F. Integrated, H. E. Linear, and C. Sensor, "ACS712," pp. 1–12.
- [5] Alfian Kurniawan, "Pembahasan Lengkap ADC (Analog to Digital Converter)," *teknikelektro.com*, 2021. <https://www.teknikelektro.com/2021/12/adc.html>
- [6] inverter.com, "On Grid Inverter: Basics, Working Principle and Function," *inverter.com*, 2024. <https://www.inverter.com/on-grid-inverter-basics-working-principle-and-function>
- [7] I. G. N. W. Wijaya, I. K. Parti, and L. F. Wiranata, "Monitoring PLTS dan PLTB kincir vertikal dengan sistem hybrid berbasis Internet Of Things (IoT)," *J. Appl. Mech. Eng. Green Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 140–145, 2021, doi: 10.31940/jametechn.v2i3.140-145.
- [8] M. Taif, M. Y. Hi. Abbas, and M. Jamil, "Penggunaan Sensor Acs712 Dan Sensor Tegangan Untuk Pengukuran Jatuh Tegangan Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler Dan Modul Gsm/Gprs Shield," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, 2019, doi: 10.33387/protek.v6i1.1009.
- [9] A. Abdurahman, H. Kusnadi, and L. Utomo, "Sistem Monitoring Output Solar Panel Menggunakan Labview," *Epic J. Electr. Power Instrum. Control*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.32493/epic.v3i1.3796.
- [10] T. P. Satya, F. Puspasari, H. Prisyanti, and E. R. Meilani Saragih, "Perancangan Dan Analisis Sistem Alat Ukur Arus Listrik Menggunakan Sensor Acs712 Berbasis Arduino Uno Dengan Standard Clampmeter," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 39–44, 2020, doi: 10.241176/simet.v11i1.3548.
- [11] Arduino, "Arduino - Arduino Ethernet Shield," pp. 1–42, 2015, [Online]. Available: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>
- [12] F. Rohman and M. Iqbal, "Implementasi Iot Dalam Rancang Bangun Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Arduino," *Pros. SNATIF Ke-3*, pp. 96–101, 2016.
- [13] E. Sulistiawati and B. E. Yuwono, "Analisis Tingkat Efisiensi Energi Dalam Penerapan Solar Panel Pada Atap Rumah Tinggal," *Pros. Semin. Intelekt. Muda*, vol. 1, no. 2, pp. 325–330, 2019, doi: 10.25105/psia.v1i2.6658.
- [14] M. juhan dwi Suryanto and T. Rijanto, "Rancang Bangun Alat Pencatat Biaya Pemakaian Energi Listrik pada Kamar Kos Menggunakan Modul Global System For Mobile Communications (GSM) 800L Berbasis Arduino Uno," *Jur. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 47–55, 2019.
- [15] S. Brinda, R. Singh, P. B. Savitha, R. Singh, and T. Ahmad, "Design and Implementation of IoT based PV Integrated Power Monitoring System," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1295, no. 1, p. 12012, 2023, doi: 10.1088/1757-899x/1295/1/012012.