

Internet of Things-Based Current and Voltage Monitoring System for a 50 Wp Solar Panel to Evaluate Performance and Energy Efficiency

Verna Albert Suoth^{1*}, Dolfie Paulus Pandara¹⁾, Hesky Stevy Kolibu¹⁾

¹⁾Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sam Ratulangi University, Manado, Indonesia

*Corresponding author: vernasuoth@unsrat.ac.id

ABSTRACT

The utilization of small-scale solar panels, particularly those with a capacity of 50 Wp, has become increasingly widespread in household systems and remote areas. However, the lack of adequate monitoring systems makes it difficult for users to identify actual panel performance, causing efficiency degradation to often go undetected at an early stage. This study aims to develop a current and voltage monitoring system for a 50 Wp solar panel based on the Internet of Things (IoT) that is capable of providing real-time performance data to support performance evaluation and more efficient energy management. The system was developed using current and voltage sensors, an ESP32 microcontroller, and a cloud-based IoT application for data visualization. The test results indicate that the system is able to monitor daily variations in current and voltage with good accuracy and stable data transmission. The measured output power of the solar panel ranges from 1 to 1.4 W, or approximately 2–3% of the nominal capacity, which is influenced by solar radiation intensity, panel temperature, and system losses. The proposed IoT-based monitoring system has proven effective in recording the actual performance of the solar panel and providing real-time information that is useful for performance evaluation and optimization of small-scale solar energy utilization.

Keywords: Current monitoring; Internet of Things; solar panels; renewable energy; voltage monitoring

Sistem Monitoring Arus dan Tegangan Panel Surya 50 Wp Berbasis Internet of Things untuk Evaluasi Kinerja dan Efisiensi Energi

ABSTRAK

Pemanfaatan panel surya skala kecil, khususnya berkapasitas 50 Wp, semakin luas digunakan pada sistem rumah tangga dan daerah terpencil. Namun, keterbatasan sistem pemantauan menyebabkan pengguna sulit mengetahui kinerja panel secara aktual, sehingga penurunan efisiensi sering tidak terdeteksi sejak dini. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring arus dan tegangan panel surya 50 Wp berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu menyajikan data kinerja secara real-time guna mendukung evaluasi performa dan pengelolaan energi yang lebih efisien. Sistem dibangun menggunakan sensor arus dan tegangan, mikrokontroler ESP32, serta aplikasi IoT berbasis cloud untuk visualisasi data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau variasi arus dan tegangan sepanjang hari dengan akurasi yang baik dan transmisi data yang stabil. Daya keluaran panel surya terukur berada pada kisaran 1–1,4 W atau sekitar 2–3% dari kapasitas nominal, yang dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, suhu panel, dan rugi-rugi sistem. Sistem monitoring berbasis IoT ini terbukti efektif dalam merekam kinerja panel secara aktual dan menyediakan informasi real-time yang berguna untuk evaluasi performa serta optimalisasi pemanfaatan energi surya skala kecil.

Kata kunci: Energi terbarukan; *Internet of Things*; monitoring arus; monitoring tegangan; panel surya

(Article History: Received 09-10-2025; Accepted 03-02-2026; Published 28-03-2026)

PENDAHULUAN

Penggunaan energi surya sebagai sumber energi terbarukan semakin meningkat seiring kebutuhan akan energi bersih dan ramah lingkungan. Menurut (Arifin *et al.*, 2017) Panel surya yang merupakan pengonversi energi matahari menjadi listrik memiliki output yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti intensitas sinar matahari, suhu, dan arah sinar. Fluktuasi ini menyebabkan performa dan efisiensi panel surya sulit untuk dipantau secara manual dan real-time dengan menggunakan alat ukur konvensional.

Pemantauan arus dan tegangan secara akurat dan real-time sangat penting untuk menilai kinerja panel surya dan mendeteksi masalah seperti penurunan efisiensi atau kerusakan lebih dini. Namun, metode monitoring manual seringkali tidak efisien dan sulit dilakukan terutama bagi pengguna awam. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan mendesak untuk mengembangkan sistem monitoring yang cerdas, adaptif, dapat diakses secara jarak jauh, dan mudah digunakan (Permana, 2025)

Kemajuan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang besar untuk menjawab kebutuhan tersebut (Pamungkas *et al.*, 2022; Rouhillah *et al.*, 2022). Dengan mengintegrasikan sensor pengukur arus dan tegangan pada panel surya serta pengolahan data menggunakan mikrokontroler berbasis IoT, data kinerja dapat dikirim secara real-time ke platform aplikasi yang dapat diakses kapan saja dan di mana saja (Saravanan & Lingeshwaran, 2019). Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemantauan dan kontrol, tetapi juga mendukung optimalisasi pemanfaatan energi surya, perlindungan perangkat, dan pengelolaan energi secara lebih efektif (Sari *et al.*, 2024).

Dalam satu dekade terakhir, banyak penelitian telah mengembangkan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) untuk memperoleh data arus, tegangan, daya, dan suhu panel surya secara real-time (Gunoto *et al.*, 2022; Deyi *et al.*, 2024). Penelitian oleh (Sari *et al.*, 2024) mengimplementasikan sistem monitoring arus listrik menggunakan sensor ACS712 dan aplikasi Blynk yang mampu mengirim data arus, suhu, kelembaban, dan daya secara real-time ke platform internet. Demikian pula (Assyatiri, 2025) merancang sistem monitoring kinerja panel surya 50Wp dengan sensor INA219 dan protokol MQTT yang menghasilkan data tegangan, arus, suhu, dan intensitas cahaya dengan akurasi tinggi serta mudah dipantau. Selain itu, penelitian lain (Inayah *et al.*, 2023) mendesain sistem monitoring performa panel surya 50Wp berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor INA219, DHT22 dengan aplikasi Blynk. Sistem ini berhasil menampilkan data tegangan, arus, daya, dan suhu secara real-time dengan tingkat galat yang rendah (tegangan ~0,59%, arus ~0,0001%, daya ~1,03%, suhu ~2,09%) sehingga dapat diandalkan untuk pemantauan jarak jauh. Penelitian tersebut juga menyoroti pengaruh kuat sinyal internet dalam performa sistem monitoring (Deyi *et al.*, 2024; Bhau *et al.*, 2023; Wicaksana & Nurpulaela, 2023).

Studi-studi lain mengadopsi berbagai teknologi sensor dan protokol komunikasi seperti Web-SCADA, Wireless Sensor Network (WSN), dan platform cloud untuk optimasi pemantauan panel surya. Penerapan IoT memungkinkan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak sehingga pengguna dapat memantau kinerja panel surya kapan saja dan di mana saja melalui smartphone atau komputer, meningkatkan efisiensi pemeliharaan serta pengelolaan energy (Ramdan & Damayanti, 2024).

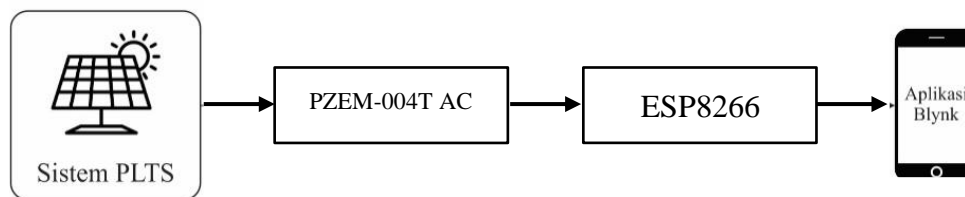
Penelitian-penelitian tersebut menegaskan bahwa penerapan sistem monitoring IoT sangat efektif dan semakin terjangkau untuk panel surya berkapasitas kecil seperti 50Wp. Sistem monitoring ini tidak hanya membantu deteksi dini kerusakan atau penurunan performa panel surya, tetapi juga mendukung pengembangan lanjutan seperti sistem tracking posisi panel surya agar mendapatkan intensitas cahaya optimal secara otomatis (Sutikno et al., 2023).

Peneliti memilih topik ini untuk memberikan solusi praktis dan berteknologi tinggi dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemanfaatan panel surya 50Wp, karena masih kurangnya sistem monitoring yang terintegrasi dengan IoT yang terjangkau dan mudah diimplementasikan pada kapasitas panel kecil. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa implementasi sistem monitoring real-time yang terjangkau dan dapat diadaptasi untuk panel surya kecil, khususnya pada daerah yang belum memiliki sistem monitoring digital serta mempercepat transisi ke penggunaan energi terbarukan yang lebih optimal, mandiri, dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan pengembangan (research and development) yang bertujuan merancang, membangun, dan menguji sistem monitoring arus dan tegangan pada panel surya 50Wp berbasis Internet of Things (IoT). Fokus pengembangan diarahkan pada integrasi sensor, mikrokontroler, dan platform monitoring real-time.

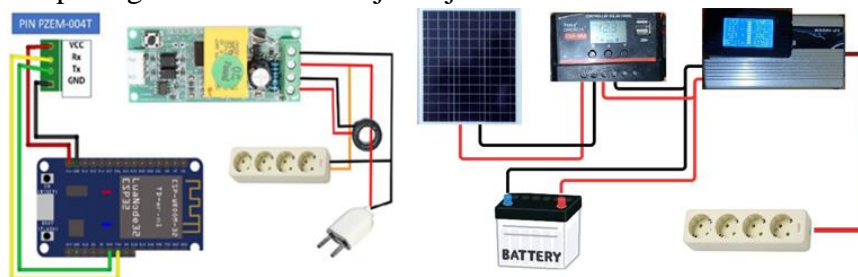
Perancangan Perangkat Keras



Gambar 1. Perancangan Alat

Perancangan hardware mencakup tiga blok utama:

- Panel Surya: Panel 50 Wp menghasilkan tegangan 11–18 V tergantung intensitas cahaya.
- Sensor : Sensor PZEM-004T AC berfungsi untuk mengukur parameter listrik Arus dan Tegangan arus dan Tegangan pada jaringan listrik AC.
- ESP8266: sebagai modul Wi-Fi yang dapat menghubungkan perangkat elektronik (seperti mikrokontroler) ke internet dan mikrokontroler mandiri dengan prosesor 32-bit
- Aplikasi Blynk: Memiliki fungsi utama untuk memungkinkan pengguna memantau dan mengontrol perangkat hardware dari jarak jauh melalui internet



Gambar 2. Sistem monitoring arus dan tegangan menggunakan Panel Surya 50 Wp

Seperti terlihat pada Gambar 2. Sistem rangkaian alat terdiri dari panel surya sebagai sumber energi, sensor arus dan tegangan yang terhubung ke mikrokontroler ESP32, serta modul WiFi untuk komunikasi data secara real-time ke platform aplikasi monitoring. Sensor arus dan tegangan dapat membaca parameter listrik secara akurat dan mengirim data secara kontinu melalui jaringan internet.

Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dibuat menggunakan Arduino IDE melalui tahapan berikut:

1. Konfigurasi pembacaan sensor PZEM-004T AC.
2. Kalibrasi nilai ADC untuk menghasilkan data arus (A) dan tegangan (V).
3. Pengolahan data untuk menghitung daya $P=V \times I$
4. Pengiriman data ke Blynk melalui protokol HTTP/MQTT.
5. Menampilkan data pada widget gauge, grafik, dan dashboard digital.

Proses Kalibrasi Sensor

Kalibrasi Sensor Tegangan

Menggunakan multimeter digital sebagai acuan:

$$V_{real} = V_{ADC} \times k$$

Dengan k adalah rasio pembagi tegangan.

Kalibrasi Sensor Arus

Output dari sensor PZEM-004T AC dikonversi menggunakan persamaan:

$$I = \frac{V_{out} - V_{zero}}{S}$$

Dimana:

- V_{zero} = tegangan offset (sekitar 2.5 V)
- S = sensitivitas sensor

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur untuk mengkaji teknologi sensor arus dan tegangan, karakteristik panel surya, serta sistem monitoring berbasis IoT dari penelitian terdahulu. Tahap ini memberikan landasan teoritis dan membantu menentukan kontribusi penelitian.

Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, yang meliputi penyusunan rangkaian hardware, pemilihan komponen, dan penentuan arsitektur komunikasi IoT. Sensor ACS712 dan voltage divider dirancang agar dapat bekerja secara terintegrasi dengan NodeMCU ESP8266 sebagai pusat pemrosesan data. Selanjutnya dilakukan pengembangan perangkat lunak, yaitu pemrograman NodeMCU menggunakan Arduino IDE untuk pembacaan sensor, kalibrasi data, dan pengiriman informasi ke platform Blynk. Evaluasi algoritma dilakukan agar sistem dapat mengirim data secara kontinu tanpa jeda berlebih. Setelah perangkat keras dan lunak selesai, dilakukan implementasi dan integrasi. Rangkaian sensor disambungkan ke panel surya dan NodeMCU, kemudian diuji untuk memastikan semua komponen bekerja sesuai rancangan.

Tahap berikutnya adalah pengujian sistem. Pengambilan data dilakukan pada pagi, siang, dan sore hari untuk mengevaluasi perubahan performa panel surya dalam kondisi radiasi alami. Parameter tegangan, arus, dan daya dicatat oleh sistem IoT dan dibandingkan

dengan hasil pengukuran multimeter. Kemudian dilakukan validasi dan analisis data, meliputi perhitungan error, analisis stabilitas transmisi data, karakteristik performa panel berdasarkan waktu, serta reliabilitas sistem secara keseluruhan. Analisis ini bertujuan memastikan akurasi dan fungsi real-time monitoring dari sistem yang dikembangkan.

Akurasi pengukuran sistem dievaluasi menggunakan persentase galat sebagai berikut:

$$\%error = \left| \frac{X_{IoT} - X_{Referensi}}{X_{Referensi}} \right| \times 100\%$$

Evaluasi keandalan IoT dilakukan dengan menganalisis:

- Delay transmisi data
- Stabilitas pengiriman (indikasi packet loss)

Pendekatan ini sejalan dengan metode evaluasi sistem monitoring energi berbasis IoT pada penelitian terdahulu (Prasetyawati *et al.*, 2023; Deyi *et al.*, 2024).

Analisis Data

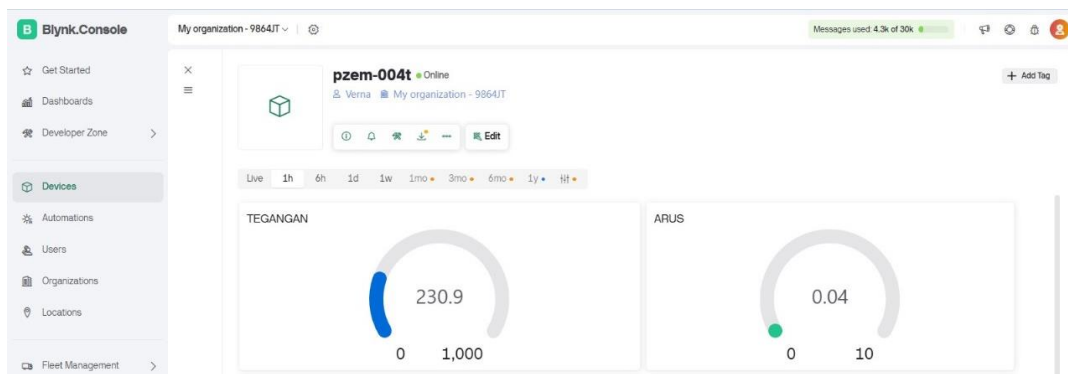
Data dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif dan komparasi nilai error antara data monitoring sistem dengan pengukuran multimeter dilakukan untuk menentukan akurasi sistem. Analisis kestabilan transmisi dan frekuensi delay data juga dilakukan untuk menilai keandalan sistem monitoring

Analisis data meliputi :

- Statistik deskriptif untuk menggambarkan distribusi data arus dan tegangan
- Perhitungan persentase error untuk menentukan tingkat akurasi sistem monitoring dengan nilai error diharapkan di bawah 5%.
- Evaluasi kestabilan transmisi data dengan menganalisis frekuensi delay dan packet loss untuk mengetahui reliabilitas sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan dengan mengambil data arus dan tegangan panel surya pada berbagai kondisi pencahayaan dan beban. Data yang dikirim oleh sistem monitoring ditampilkan pada aplikasi Blynk, tampak pada Gambar 3, memberikan tampilan nilai digital real-time. Hal ini memungkinkan pengguna memantau performa panel surya kapan saja dan di mana saja secara praktis tanpa harus hadir di lokasi.



Gambar 3. Data hasil pengukuran menggunakan Aplikasi Blynk

Analisis hasil pengukuran menunjukkan sistem monitoring mampu memberikan data dengan tingkat akurasi sangat baik jika dibandingkan dengan alat ukur manual seperti multimeter digital. Data arus dan tegangan yang direkam membantu mengidentifikasi kondisi optimal kerja panel dan deteksi dini adanya penurunan performa. Selain itu, pengiriman data berjalan dengan stabil tanpa keterlambatan signifikan atau kehilangan paket berarti, menunjukkan keandalan sistem komunikasi IoT.

Pengujian Alat

Hasil pengujian dilakukan dengan mengambil data pada pagi, siang, dan sore hari. Parameter yang diukur meliputi tegangan panel surya, tegangan baterai, tegangan inverter, arus, beban, dan intensitas cahaya matahari (solarimeter).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Pagi Jam 10.00-11.00 WITA

No	Waktu (m)	Tegangan Panel Surya (V)	Tegangan Baterai (V)	Sistem IoT		Beban (kWh)	Solarimeter
				Tegangan Inverter (V)	Arus (A)		
1	0	12,5	12,09	226	0.11	3.23	101
2	5	12,8	12,71	226	0.11	3.23	212
3	10	12,1	12,72	226	0.11	3.23	204
4	15	12,4	12,55	225	0.11	3.23	84
5	20	12,3	12,47	224	0.11	3.23	52
6	25	12,9	12,56	225	0.11	3.23	216
7	30	12,5	12,55	225	0.11	3.23	279
8	35	12,3	12,52	225	0.11	3.23	107
9	40	12,5	12,51	224	0.11	3.23	108
10	45	12,3	12,38	224	0.11	3.23	128
11	50	12,4	12,35	224	0.11	3.23	127
12	55	12,3	12,33	224	0.11	3.23	94
13	60	12,1	12,3	224	0.11	3.23	75

Tabel 2. Hasil Pengukuran Siang Jam 12.00-13.00 WITA

No	Waktu (m)	Tegangan Panel Surya (V)	Tegangan Baterai (V)	Sistem IoT		Beban (kWh)	Solarimeter
				Tegangan Inverter (V)	Arus (A)		
1	0	12,01	12,26	224	0.11	3.23	97
2	5	12	12,18	224	0.12	3.23	35
3	10	12,01	12,16	223	0.12	3.23	37
4	15	11,09	12,11	224	0.12	3.23	42
5	20	11,9	12,06	223	0.12	3.24	49
6	25	11,9	12,03	223	0.12	3.24	47
7	30	11,8	12	223	0.12	3.24	49
8	35	11,8	11,95	223	0.12	3.24	49
9	40	11,6	11,9	223	0.11	3.24	39
10	45	11,6	11,85	223	0.11	3.24	42
11	50	11,5	11,85	223	0.11	3.24	39
12	55	11,4	11,75	223	0.11	3.24	53
13	60	11,5	11,71	223	0.11	3.24	48

Tabel 3. Hasil Pengukuran Sore Jam 14.00-15.00 WITA

No	Waktu (m)	Tegangan Panel Surya (V)	Tegangan Baterai (V)	Sistem IoT		Beban (kWh)	Solarimeter
				Tegangan Inverter (V)	Arus (A)		
1	0	12,01	12,26	224	0.11	3.23	97
2	5	12	12,18	224	0.12	3.23	35
3	10	12,01	12,16	223	0.12	3.23	37
4	15	11,09	12,11	224	0.12	3.23	42
5	20	11,9	12,06	223	0.12	3.24	49
6	25	11,9	12,03	223	0.12	3.24	47
7	30	11,8	12	223	0.12	3.24	49
8	35	11,8	11,95	223	0.12	3.24	49
9	40	11,6	11,9	223	0.11	3.24	39
10	45	11,6	11,85	223	0.11	3.24	42
11	50	11,5	11,85	223	0.11	3.24	39
12	55	11,4	11,75	223	0.11	3.24	53
13	60	11,5	11,71	223	0.11	3.24	48

Dari tabel hasil pengujian, dimana terjadi perbedaan daya yang dihasilkan panel surya 50 wp, dimana :

- Pagi hari (Tabel 1): Tegangan panel berada di kisaran 12,1–12,9 V, arus relatif stabil 0,11 A, dengan daya rata-rata 1,33–1,42 W.
- Siang hari (Tabel 2): Tegangan panel sedikit menurun menjadi 11,4–12,0 V dengan arus 0,11–0,12 A. Daya keluaran tercatat sekitar 1,25–1,44 W.
- Sore hari (Tabel 3): Tegangan panel turun drastis hingga 9,9 V, arus rata-rata 0,10 A, dengan daya sekitar 0,98 W.

Selain itu, pemantauan tegangan baterai menunjukkan tren penurunan dari kondisi penuh pada pagi hari (sekitar 12,7 V) menjadi 10–11 V pada sore hari. Hal ini menandakan bahwa suplai daya dari panel tidak mencukupi untuk mengisi baterai secara optimal ketika intensitas cahaya menurun.

Interpretasi Hasil

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi waktu dan intensitas cahaya. Grafik hasil monitoring memperlihatkan bahwa tegangan relatif stabil di pagi hari, sedikit menurun di siang hari akibat suhu panel meningkat, dan turun tajam di sore hari seiring menurunnya intensitas radiasi matahari.

Meskipun arus yang dihasilkan relatif konstan (0,10–0,12 A), daya keluaran panel surya sangat dipengaruhi oleh fluktuasi tegangan. Hal ini sesuai dengan persamaan dasar:

$$P=VI$$

di mana P adalah daya (Watt), V tegangan (Volt), dan I arus (Ampere).

Daya keluaran panel surya yang terukur hanya mencapai sekitar 2–3% dari kapasitas nominal 50 Wp. Kondisi ini dapat dijelaskan secara teknis karena daya nominal panel ditentukan berdasarkan Standard Test Condition (STC), yaitu intensitas radiasi 1000 W/m² dan suhu sel 25°C. Pada kondisi lapangan, intensitas radiasi yang lebih rendah serta peningkatan suhu panel menyebabkan penurunan tegangan kerja dan daya keluaran (derating effect), sebagaimana juga dilaporkan oleh Arifin *et al.* (2017) dan Sutikno *et al.* (2023)

Selain itu, rugi-rugi sistem seperti resistansi kabel, efisiensi inverter, serta karakteristik baterai turut berkontribusi terhadap rendahnya daya terukur. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Ramdan & Damayanti, 2024), yang menunjukkan bahwa kinerja panel surya

skala kecil sangat dipengaruhi oleh kondisi operasional nyata dibandingkan spesifikasi pabrikan.

Peran IoT dalam penelitian ini tidak hanya sebagai media tampilan data, tetapi sebagai sistem pemantauan real-time yang memungkinkan pengguna mengetahui kondisi panel surya tanpa harus berada di lokasi. Data arus dan tegangan dikirim secara kontinu ke platform cloud dan divisualisasikan melalui aplikasi Blynk, sehingga pengguna dapat melakukan evaluasi kinerja panel dan pengambilan keputusan terkait pengelolaan beban secara cepat.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem monitoring arus dan tegangan panel surya 50 Wp berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu menyajikan data kinerja secara real-time dengan akurasi yang baik. Sistem memungkinkan pemantauan jarak jauh terhadap kondisi panel dan baterai, sehingga mendukung evaluasi kinerja dan pengelolaan energi yang lebih efisien. Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya aktual panel surya hanya mencapai sekitar 2–3% dari kapasitas nominal akibat pengaruh intensitas radiasi matahari, suhu panel, dan rugi-rugi sistem. Sistem monitoring ini berperan penting sebagai alat evaluatif untuk memahami kinerja riil panel surya skala kecil dan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan integrasi analisis prediktif atau penerapan pada sistem berkapasitas lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M., Margareta, D.O. & Trimaryana, O.F. (2017). Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Konversi Sel Surya Berbasis Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC). *Jurnal Integrasi*, 9(1), 24–27.
- Assyatiri, M.N.A. (2025). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya 50 Wp Berbasis Internet Of Things. Jember: Politeknik Negeri Jember. Tersedia pada: <https://sipora.polije.ac.id/40819/>.
- Bhau, G.V., Deshmukh, R.G., Kumar, T.R., Chowdhury, S., Sesharao, Y. & Abilmazhinov, Y. 2023. IoT based solar energy monitoring system. *Materialstoday: Proceedings*, 80(3), 3697-3701. DOI: [10.1016/j.matpr.2021.07.364](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.364)
- Deyi, D., Satriyo, S., Syamsudin, M., Rianda, R. & Hadikusuma, M.I. (2024). Monitoring Tegangan, Arus, dan Daya Pada PLTS 20WP Berbasis Internet of Things (IoT). *The Journal of Network Systems and Power Sources*, 3(2), 116–120. DOI: 10.58466/entries.v3i2.1644.
- Permana, K.S. Elektro, J.T. & Bali, P. N. (2025). Pengembangan Sistem Monitoring dan Control Panel Surya Berbasis IoT [Skripsi]. Politeknik Negeri Bali, Denpasar.
- Gunoto, P., Rahmadi, A. dan Susanti, E. (2022). Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel Surya Berbasis Internet of Things. *Sigma Teknika*, 5(2), 285–294. DOI: 10.33373/sigmateknika.v5i2.4555.
- Inayah, I., Hayati, N., Nurcholis, A., Dimayati, A. & Prasetya, M.G. (2023). Realtime Monitoring System of Solar Panel Performance Based on Internet of Things Using Blynk Application. *Elinvo: Electronics, Informatics, and Vocational Education*, 7(2), 135–143. DOI: 10.21831/elinvo.v7i2.53365.
- Pamungkas, I.F., Kartini, U.T., Wrahatnolo, T. & Joko, J. (2022). Sistem Monitoring Daya Listrik Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknik Elektro*, 11(2), 236–245.

- Prasetyawati, F.Y., Harjunowibowo, D., Fauzi, A., Utomo, B. & Harmanto, D. (2023). Calibration and Validation of INA219 as Sensor Power Monitoring System using Linear Regression. *AIUB Journal of Science and Engineering*, 22(3), 240–249. DOI: 10.53799/AJSE.V22I3.595.
- Ramdan, M. & Damayanti, E. (2024). Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of Things. *Digital Repository Unila*, 4(4), 15142–15155.
- Rouhillah, R., Ikhsan, R. & Farih, F. (2022). Sistem Monitoring Daya Output Photovoltaic Berbasis IoT. *J-Innovation*, 11(2), 50-55. DOI: [10.55600/jipa.v11i2.151](https://doi.org/10.55600/jipa.v11i2.151)
- Saravanan, D. & Lingeswaran, T. (2019). Monitoring of solar panel based on IoT. *2019 IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN)*, 1–5.
- Sari, L.O., Saputra, M.F.E. & Safrianti, E. (2024). Sistem Monitoring Arus Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) pada Solar Panel di Laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) UIN Suska Riau. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(1), 205–211. DOI: 10.57152/malcom.v4i1.1033.
- Sutikno, T., Alfahri, J. & Purnama, H.S. (2023). Monitoring Tegangan dan Arus Pada Panel Surya Menggunakan IoT. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 22(1), 153. DOI: 10.24843/mite.2023.v22i01.p20.
- Wicaksani, E. & Nurpulaela, L. (2023). Perancangan Aplikasi Sistem Monitoring Arus, Tegangan dan Daya Berbasis IOT. *JATI: (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(3), 1907–1912.