



Sistem Monitoring Iot Pada Inverter Hybrid Plts Untuk Efisiensi Pemanfaatan Energi Listrik

Gihon Alexander R. Tambunan ¹, Bekti Yulianti, S.T., M.T.²

¹Gihon Alexander R. Tambunan., Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma,
Indonesia

²Bekti Yulianti, S.T., M.T., Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Indonesia

Email : gihonalexander@gmail.com

Received 28 Agustus 2025 | Revised 10 September 2025 | Accepted 29 September 2025

Abstract

An IoT-based monitoring system using Home Assistant has been implemented to optimize energy usage in a hybrid solar power system. This system utilizes a NodeMCU ESP8266 microcontroller along with PZEM-017 and PZEM-004T sensors to accurately monitor power from solar panels, batteries, and the utility grid. Test results show that the sensors are highly accurate, with an error percentage of less than 1%. The system has proven to be effective, successfully extending battery usage duration by approximately 131.7% (from 233 minutes to 9 hours). This demonstrates that the implemented monitoring system effectively optimizes solar energy utilization and reduces reliance on the power grid.

Keywords: Home Assistant, IoT, Hybrid Inverter, PZEM-004T, PZEM-017

Abstrak.

Sistem monitoring IoT berbasis Home Assistant telah di implementasikan untuk mengoptimalkan penggunaan energi pada system tenaga surya hibrida. Sistem ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 serta sensor PZEM-017 dan PZEM-004T untuk memantau daya dari panel surya, baterai, dan listrik PLN secara akurat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor-sensor tersebut sangat akurat, dengan persentase error di bawah 1%. Sistem ini terbukti efektif, berhasil memperpanjang durasi penggunaan baterai sekitar 131,7% (dari 233 menit menjadi 9 jam). Hal ini membuktikan bahwa sistem monitoring yang dibuat sukses mengoptimalkan pemanfaatan energi surya dan mengurangi ketergantungan pada listrik PLN.

Kata Kunci: Home Assistant, IoT, Inverter Hibrida, PZEM-004T, PZEM-017

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved



I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan teknologi. Ketergantungan pada sumber energi fosil menimbulkan kekhawatiran terkait dampak lingkungan dan ketersediaan sumber daya yang terbatas. Sebagai alternatif, energi terbarukan, khususnya energi surya, menjadi solusi yang menjanjikan dan semakin populer diimplementasikan, termasuk di Indonesia yang memiliki potensi radiasi surya melimpah. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memanfaatkan panel surya untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik DC, yang kemudian diubah menjadi AC oleh inverter agar dapat digunakan oleh peralatan rumah tangga atau industri.

Perkembangan teknologi PLTS melahirkan sistem inverter *hybrid*, yang mampu mengelola beberapa sumber energi sekaligus, seperti panel surya, jaringan listrik PLN (grid), dan baterai penyimpanan. Fleksibilitas ini memungkinkan optimalisasi pemanfaatan energi, misalnya dengan memaksimalkan penggunaan energi surya saat siang hari, menyimpan kelebihan energi ke baterai, dan menggunakan energi dari grid atau baterai saat produksi surya tidak mencukupi atau pada malam hari.

Namun, kompleksitas pengelolaan sumber energi pada inverter *hybrid* ini menuntut adanya sistem pemantauan (monitoring) yang efektif. Tanpa monitoring yang memadai, pengguna kesulitan mengetahui performa sistem secara *real-time*, jumlah energi yang dihasilkan dari panel surya, energi yang diambil dari atau dikirim ke grid, status pengisian baterai, serta konsumsi daya pada beban. Ketidakjelasan informasi ini dapat menghambat upaya optimalisasi pemanfaatan daya listrik dan potensi efisiensi sistem tidak tercapai sepenuhnya.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi monitoring yang canggih dan terintegrasi. Sistem monitoring berbasis IoT memungkinkan pengumpulan data dari berbagai sensor secara *real-time* dan menampilkannya melalui platform terpusat yang mudah diakses. Penelitian ini mengusulkan implementasi sistem monitoring IoT yang dirancang khusus untuk inverter *hybrid* panel surya. Sistem ini akan menggunakan *platform Home Assistant* sebagai *dashboard* utama untuk visualisasi dan analisis data. Home Assistant dipilih karena sifatnya yang *open-source*, fleksibel, dan memiliki dukungan komunitas yang luas serta kemampuan integrasi dengan berbagai perangkat IoT.

Guna meningkatkan efisiensi penggunaan listrik di pondok pesantren tersebut, diperlukan sebuah alat pemantauan yang dapat memantau kondisi daya secara akurat. Perangkat ini akan dilengkapi dengan sensor PZEM-017 untuk mengukur daya dari panel

surya, PZEM-004T untuk memantau daya listrik dari PLN, serta sensor tegangan DC untuk mengukur kondisi baterai. Dengan adanya sistem pemantauan ini, pengelolaan sumber energi dapat dilakukan dengan lebih cerdas, sehingga inverter hybrid dapat secara otomatis memilih sumber listrik yang paling efisien sesuai dengan kondisi yang ada.

II. LANDASAN TEORI :

Penelitian ini berfokus pada penerapan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) untuk inverter hybrid pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Sistem ini mengintegrasikan berbagai komponen seperti Home Assistant, NodeMCU ESP8266, sensor PZEM-004T, PZEM-017, INA219, serta modul relay dan LCD sebagai media tampilan data.

Home Assistant merupakan platform otomasi open-source yang berfungsi sebagai pusat kendali berbagai perangkat IoT. Sistem ini memungkinkan pengguna memantau dan mengendalikan perangkat elektronik secara lokal melalui jaringan internal, dengan dukungan integrasi luas terhadap beragam sensor dan perangkat tambahan. Keunggulan Home Assistant terletak pada kemampuannya menampilkan data secara real-time dalam antarmuka visual yang mudah diakses, baik melalui aplikasi maupun browser, sehingga sangat sesuai digunakan sebagai sistem monitoring energi..

Sebagai pengendali utama, NodeMCU ESP8266 memiliki peran penting dalam menghubungkan sensor dengan sistem monitoring berbasis web. Mikrokontroler ini telah dilengkapi modul Wi-Fi terintegrasi, sehingga dapat mengirimkan data sensor secara langsung ke server Home Assistant tanpa perangkat tambahan. Konsumsi dayanya yang rendah dan kemampuannya membaca banyak input sensor menjadikannya sangat efisien untuk sistem IoT yang membutuhkan koneksi data kontinu.

Untuk pengukuran parameter listrik, digunakan dua sensor utama yaitu PZEM-004T dan PZEM-017. Sensor PZEM-004T berfungsi untuk mengukur parameter listrik arus bolak-balik (AC) seperti tegangan, arus, daya, dan energi dengan tingkat akurasi tinggi. Sedangkan PZEM-017 digunakan untuk pengukuran arus searah (DC), seperti yang dihasilkan oleh panel surya atau baterai. Sensor ini menggunakan antarmuka komunikasi Modbus RTU melalui jalur RS485, yang umum digunakan dalam sistem industri karena keandalannya dalam transmisi data jarak jauh.

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan sensor INA219 yang berfungsi untuk memantau arus dan tegangan DC menggunakan antarmuka I2C. Sensor ini membantu dalam menghitung daya dan efisiensi sistem secara keseluruhan. Hasil pembacaan dari berbagai sensor tersebut ditampilkan melalui LCD 20x4 yang digunakan untuk menampilkan data penting seperti tegangan, arus, dan daya secara langsung di perangkat.

Sumber daya sistem diperoleh dari power supply DC yang mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) untuk mendukung kebutuhan operasional mikrokontroler dan sensor. Sementara itu, modul relay digunakan sebagai saklar otomatis untuk mengatur perpindahan sumber listrik antara baterai dan jaringan PLN berdasarkan kondisi tegangan yang terdeteksi.

Efisiensi sistem inverter hybrid sangat bergantung pada kinerja panel surya dan kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya matahari serta suhu panel. Panel surya mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, dan efisiensinya ditentukan oleh perbandingan antara daya listrik yang dihasilkan dengan energi matahari yang diterima. Semakin tinggi intensitas radiasi matahari dan semakin stabil suhu operasi, maka semakin besar pula daya yang dapat dikonversi.

Dengan integrasi seluruh komponen tersebut, sistem monitoring IoT mampu memberikan informasi akurat mengenai kondisi arus, tegangan, daya, dan status penggunaan energi pada sistem inverter hybrid. Informasi ini menjadi dasar untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi listrik, mengoptimalkan penggunaan daya surya, dan mengurangi ketergantungan terhadap sumber listrik dari PLN.

III. HASIL PEMBAHASAN :

3.1. Pengujian Pengukuran Nilai Tegangan pada Sensor PZEM-004T

Tahap pengujian ini bertujuan untuk mengukur nilai tegangan yang dihasilkan alat. Untuk mengetahui keakuratannya, hasil pengukuran alat akan dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter sebagai alat ukur standar. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan alat langsung ke sumber tegangan tanpa beban tambahan. Berikut tabel hasil pengujian untuk perbandingan data pengukuran:

NO	TEGANGAN MULTIMETER (V)	TEGANGAN ALAT (V)	SELISIH (V)	Persentase Error (%)
1	232	232.1	0.1	0.04%
2	231	231.2	0.2	0.08%
3	231	231.8	0.8	0.35%
4	232	231.8	0.2	0.08%

5	231	231.5	0.5	0.22%
6	231	231.3	0.3	0.13%
7	230	230.4	0.4	0.17%
8	230	230.2	0.2	0.09%
9	232	231.8	0.2	0.08%
10	232	232.3	0.3	0.13%
Rata- Rata	231.2	231.44	0.32	0.14%

3.2. Pengujian Pengukuran Nilai Arus pada Sensor PZEM-004T

Pengujian kali ini difokuskan untuk mengukur nilai arus yang melewati rangkaian. Akurasi pengukuran alat akan dievaluasi dengan membandingkan hasilnya terhadap pengukuran menggunakan multimeter sebagai pembanding. Beban yang digunakan dalam pengujian ini hanyalah sebuah lampu bohlam. Hasil pengukuran dari kedua alat tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

NO	ARUS MULTIMETER (A)	ARUS ALAT (A)	SELISIH (A)	Persentase Error (%)
1	0.72	0.71	0.01	1.39%
2	0.79	0.79	0	0.00%
3	0.78	0.78	0	0.00%
4	0.79	0.78	0.01	1.27%
5	0.77	0.77	0	0.00%
6	0.77	0.77	0	0.00%
7	0.79	0.8	0.01	1.27%
8	0.77	0.77	0	0.00%
9	0.83	0.83	0	0.00%
10	0.81	0.81	0	0.00%

Rata-Rata	0.782	0.781	0.001	0.21%
-----------	-------	-------	-------	-------

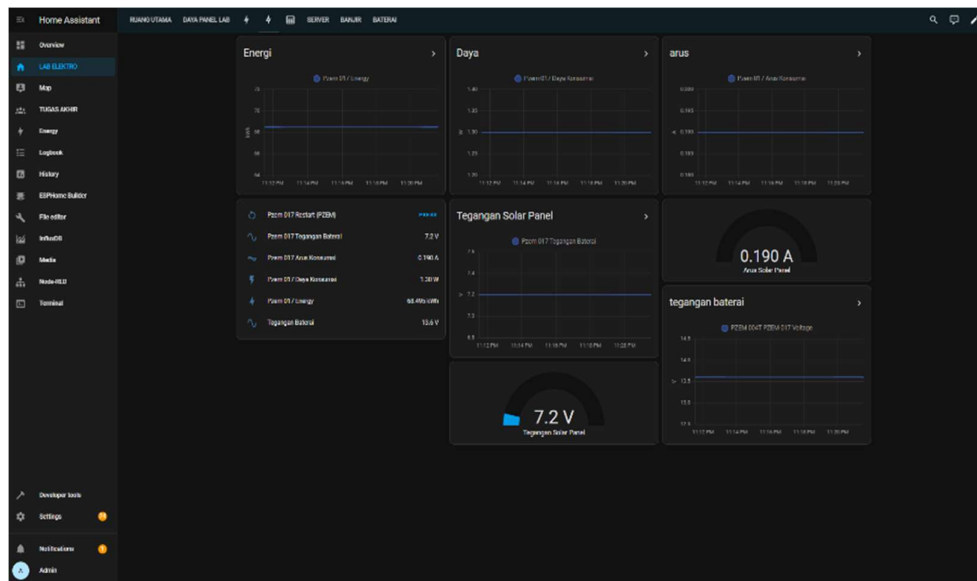
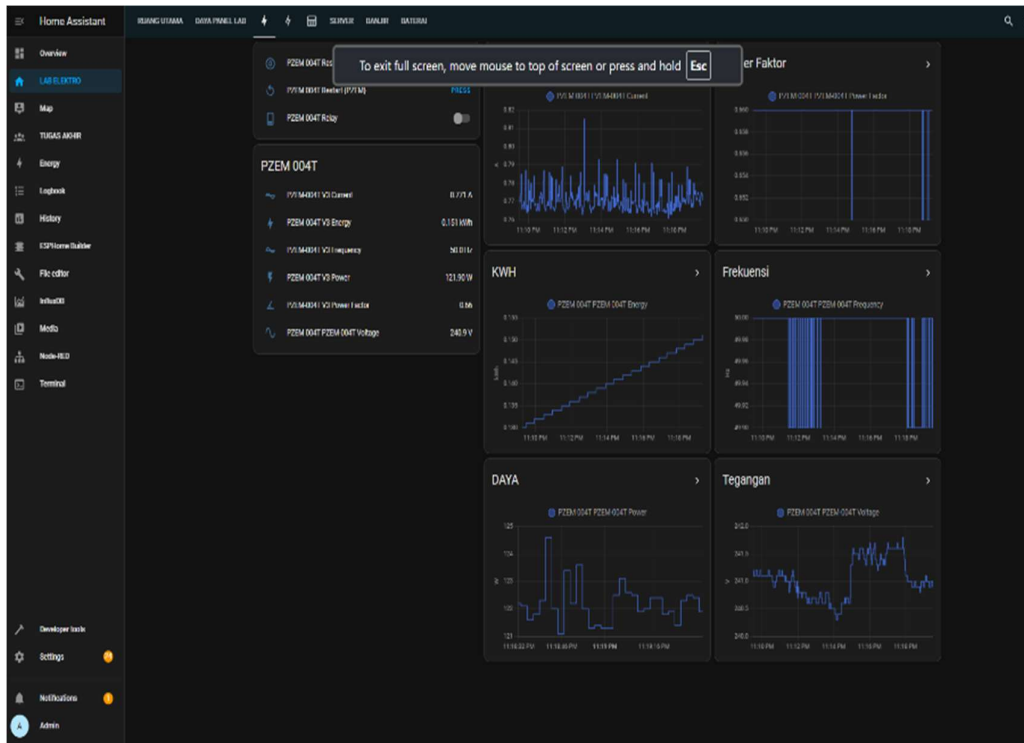
3.3. Pengujian Pengukuran Nilai Tegangan dan Arus pada sensor PZEM-017

Pada pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil tegangan dan arus yang dihasilkan dari solar panel menggunakan sensor PZEM-017 dan akan dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan Multimeter dengan beban adalah Modul SCC Inverter Luminous. Berikut ini tabel hasil pengujian pengukuran nilai tegangan dan arus pada sensor PZEM-017

NO	TEGANGAN MULTIMETER (V)	TEGANGAN ALAT (V)	SELISIH (V)	Persentase Error (%)
1	19	19.1	0.1	0.50%
2	18.8	18.9	0.1	0.50%
3	18.9	19	0.1	0.50%
4	19	19.1	0.1	0.50%
5	18.9	19	0.1	0.50%
6	18.9	19	0.1	0.50%
7	18.9	19	0.1	0.50%
8	18.9	19	0.1	0.50%
9	18.9	19	0.1	0.50%
10	18.9	19	0.1	0.50%
Rata-Rata	18.91	19.01	0.1	0.50%

3.4. Tampilan pada Home Assistant

Alat ini dirancang dengan sistem Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan platform Home Assistant. Tujuannya adalah untuk memungkinkan pemantauan jarak jauh yang efektif. Karena berbasis IoT, alat ini dapat diakses dan datanya dapat dipantau secara akurat selama perangkat yang terhubung ke server Home Assistant memiliki koneksi internet.



3.5. Pengujian Keseluruhan Sistem

Setelah melakukan pengujian terhadap semua sensor maka selanjutnya akan dilakukan pengujian secara menyeluruh dan nanti hasilnya akan dibandingkan antara menggunakan sistem yang telah dibuat dengan hasil tanpa menggunakan sistem, dan dengan beban sekitar $\pm 1,39$ A. Sehingga dapat dilihat apakah sistem berkerja dengan baik atau tidak. Pengujian pertama akan dilakukan tanpa menggunakan sistem, sehingga didapatkan hasil :



Grafik ini menunjukkan pola penggunaan arus listrik dari sumber PLN (AC) dari pukul 01:00 AM hingga 11:00 PM.

Berikut adalah penjelasan rinci dari grafik tersebut:

- Pukul 01:00 AM hingga 07:00 AM: Terlihat adanya penggunaan arus yang cukup stabil dan tinggi, berada di kisaran 1.2 hingga 1.3A. Ini mengindikasikan bahwa pada rentang waktu ini, beban listrik sedang aktif dan menggunakan daya dari sumber PLN.
- Pukul 07:00 AM: Terdapat penurunan drastis pada arus yang digunakan, mendekati nol. Hal ini sangat mungkin disebabkan oleh sistem monitoring yang mengalihkan sumber daya dari PLN ke baterai. Peralihan ini terjadi karena baterai telah terisi penuh, kemungkinan besar dari pengisian sebelumnya, atau dari panel surya yang mulai memproduksi seiring dengan terbitnya matahari.
- Pukul 08:00 AM hingga 12:00 PM: Penggunaan arus dari PLN kembali meningkat, namun dengan pola yang tidak stabil, sering kali naik turun. Ini menunjukkan bahwa sumber daya beralih-alih antara baterai dan PLN. Kondisi ini kemungkinan terjadi karena tegangan baterai mulai menurun akibat penggunaan, kemudian sistem beralih ke PLN, lalu kembali lagi ke baterai saat tegangan kembali naik.
- Pukul 12:00 PM hingga 07:00 PM: Pola arus menunjukkan fluktuasi yang konstan, dengan sesekali lonjakan tinggi dan penurunan tajam. Ini menandakan bahwa sistem secara menerus beralih antara sumber daya baterai dan PLN untuk memenuhi kebutuhan beban. Fluktuasi ini juga bisa menjadi bukti bahwa tanpa sistem kontrol yang memprioritaskan baterai, sistem akan beralih ke PLN saat tegangan baterai sedikit menurun.

Secara keseluruhan, grafik ini dengan jelas menunjukkan bahwa tanpa adanya sistem kontrol yang optimal, penggunaan listrik dari PLN terjadi secara tidak efisien dan fluktuatif, karena sistem inverter hybrid sering beralih-alih antara sumber baterai dan PLN.

ANALISA :

Sistem monitoring berbasis **IoT** menggunakan **Home Assistant** berhasil diimplementasikan untuk memantau kinerja inverter hybrid PLTS secara real-time. Pengujian menunjukkan bahwa sensor **PZEM-004T** dan **PZEM-017** memiliki tingkat akurasi tinggi dengan kesalahan pengukuran di bawah **1%**, sehingga andal dalam membaca parameter tegangan dan arus.

Hasil pengujian menunjukkan peningkatan efisiensi sistem, di mana durasi penggunaan baterai meningkat dari **321 menit** menjadi **9 jam** atau sekitar **131,7%**. Hal ini membuktikan bahwa sistem yang dirancang mampu **mengoptimalkan pemanfaatan energi surya** dan **mengurangi ketergantungan terhadap listrik PLN** secara signifikan

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil analisis sistem monitoring IoT pada inverter hybrid PLTS untuk efisiensi pemanfaatan energi listrik :

1. Alat sistem monitoring berbasis **IoT** menggunakan **Home Assistant** berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk memantau kinerja inverter hybrid PLTS secara efektif.
2. Alat mampu menampilkan data **tegangan dan arus** secara **real-time** dengan tingkat akurasi tinggi, di mana sensor **PZEM-004T** dan **PZEM-017** memiliki rata-rata kesalahan pengukuran di bawah **1%**.
3. Alat dapat membantu **mengoptimalkan pemanfaatan energi surya** dan **mengurangi ketergantungan terhadap listrik PLN**, dengan peningkatan durasi penggunaan baterai mencapai **±131,7%** dibandingkan kondisi tanpa sistem.

DAFTAR REFERENSI :

1. Pratiwi, Z. Pembuatan Alat Ukur Kadar Gula Darah Berdasarkan Tingkat Kekeruhan Spesimen Urin Menggunakan Sensor Warna TCS230 Dan Photodiode Dengan Tampilan LCD. *Pillar Phys.* **13**, 18–25 (2020).
2. ArjunPratikto, A. Simulasi Kendali Dan Monitoring Daya Listrik Peralatan Rumah Tangga Berbasis ESP32. *ALINIEN J. Artif. Intell. Appl.* **3**, 38–48 (2022).
3. Risfendra, R., Ananda, G. F. & Stephanus, A. Internet of Things on Electrical Energy Monitoring Using Multi-Electrical Parameter Sensors. *Motiv. J. Mech.*

- Electr. Ind. Eng.* **3**, 1–10 (2021).
4. Herdika, D. & Fitriani, E. Monitoring Daya Listrik dan Kendali Beban pada Rumah Tinggal Menggunakan ESP8266 Berbasis IoT Electric Power Monitoring System and Load Control in Residential Houses Using IoT-Based ESP8266. *J. Ampere* **7**, 84–93 (2022).
 5. Budianto, W. C., Muladi, M. & Wirawan, I. M. Sistem Pengisian Baterai Sepeda Listrik Berbasis Internet Of Things (Iot). *Emit. J. Tek. Elektro* **1**, 23–30 (2023).
 6. Manullang, A. P., Saragih, Y. & Hidayat, R. Implementasi Nodemcu Esp8266 Dalam Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Iot. *JIRE (Jurnal Inform. Rekayasa Elektron.* **4**, 163–170 (2021).
 7. Syafruddin, Devira ramady, G. & Ristiadi Hudaya, R. Rancang Bangun Sistem Proteksi Daya Listrik Menggunakan Sensor Arus dan Tegangan Berbasis Arduino. *Isu Teknol. Stt Mandala* **16**, 36–43 (2021).
 8. Budi, W. S., Indrasari, W. & Fahdiran, R. Karakterisasi Sensor Arus Dan Tegangan Untuk Aplikasi Maximum Power Point Tracker Pada Sistem Penyimpanan Energi Listrik Panel Surya. **IX**, 77–82 (2020).
 9. Ismail, D., Anisah, M. & Amperawan, A. Perancangan Sarung Tangan Menggunakan Sistem Discovery ID Berbasis Wireless Network untuk Mencegah Kehilangan Anggota dalam Pendakian. *Tek. J. Ilm. Bid. Ilmu Rekayasa* **16**, 17–23 (2022).
 10. Waruwu, L. Y., Rahmi, A. & Anaperta, M. Rancang Bangun Alat Ukur Medan Magnet Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Efek Hall. *Semesta Tek.* **24**, 129–139 (2021).
 11. Siregar, A. H., Harahap, P., Muhammadiyah, U. & Utara, S. Efficiency. **13**, 97–102 (2024).
 12. Winambo, E. Kinerja Charger Controller dan Akumulator di Kampus III Universitas PGRI Semarang. *JETI (Jurnal Elektro dan Teknol. Informasi)* **1**, 25–30 (2022).
 13. Kepulauan, K., Kec, T., Kuway, F. & Prenata, G. D. SURYA DALAM KONTEKS PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN DI DESA SABAL. 321–327 (2025).
 14. Wasistha, B. D., Salam, B. E. M. & Wibawa, D. I. Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Jakarta.

Pros. Semnas Tek. Elektro dan Inform. **6**, 76–82 (2021).