



JREEC

**JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY,
ELECTRONICS AND CONTROL**

homepage URL : <https://ejurnal.itats.ac.id/jreec>



Studi Pengaruh Kotoran pada Panel Surya terhadap Tegangan Output di Bawah Sinar Matahari dan Peran MPPT Epever

Nur Muhammad Abdillah¹, Izza Anshory^{2*}, Shazana Dhiya Ayuni³, Indah Sulistiyowati⁴, Akhmad Ahfas⁵

Program Studi Teknik Elektro, FST, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo¹²³⁴⁵

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 05
Nomer 01, April 2025

Halaman:
18 – 26
Tanggal Terbit :
30 April 2025

DOI:
10.31284/j.JREEC.2025.v5i1
1.92

ABSTRACT

The decline in solar panel performance due to dirt is a significant issue in solar power systems that can affect the efficiency of energy produced. This study aims to investigate the impact of dirt on solar panel output voltage under direct sunlight, as well as the role of the Epever MPPT controller in mitigating this performance decline. Experiments were conducted by testing solar panels exposed to various levels of dirt under direct sunlight, measuring the output voltage and current before and after cleaning the panels. Additionally, the Epever MPPT system was used to optimize energy extraction from the dirty panels. The results indicate that dirt significantly reduces the output voltage of solar panels, while the Epever MPPT controller is effective in enhancing energy efficiency despite performance degradation due to dirt. These findings provide valuable insights into the management and maintenance of solar panels, as well as the application of MPPT technology to maximize energy yield.

Kata kunci: Energy optimization; MPPT; Solar panel; Sunlight

EMAIL

nurmuhabdillah11@gmail.com¹
izzaanshory@umsida.ac.id^{2*}
shazana@umsida.ac.id³
indah.sulistiyowati@umsida.ac.id⁴
ahfas@umsida.ac.id⁵

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-
ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim
No.100, Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

*Jurnal JREEC by
Department of Electrical
Engineering is licensed under
a Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0
International License.*

ABSTRAK

Penurunan kinerja panel surya akibat kotoran merupakan isu signifikan dalam sistem tenaga surya yang dapat mempengaruhi efisiensi energi yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak kotoran pada tegangan output panel surya di bawah sinar matahari langsung, serta peran pengontrol MPPT Epever dalam mengatasi penurunan kinerja ini. Eksperimen dilakukan dengan menguji panel surya yang terkena berbagai tingkat kotoran dalam kondisi sinar matahari langsung, serta mengukur tegangan output dan arus yang dihasilkan sebelum dan setelah panel dibersihkan. Selain itu, sistem MPPT Epever digunakan untuk mengoptimalkan pengambilan energi dari panel surya yang kotor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kotoran secara signifikan mengurangi tegangan output panel surya, sementara pengontrol MPPT Epever efektif dalam meningkatkan efisiensi energi meskipun ada penurunan performa akibat kotoran. Temuan ini memberikan wawasan penting tentang pengelolaan dan pemeliharaan panel surya, serta penerapan teknologi MPPT untuk memaksimalkan hasil energi.

Kata kunci: Optimasi energi; MPPT; Panel surya; Cahaya matahari

PENDAHULUAN

Di era modern ini, energi terbarukan menjadi fokus utama dalam mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang tidak berkelanjutan. Sumber energi seperti air, matahari, dan angin menawarkan solusi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Di antara berbagai sumber energi terbarukan, energi matahari menonjol sebagai salah satu yang paling menjanjikan. Panel surya, atau sel surya (photovoltaic), adalah perangkat yang mengonversi energi matahari secara langsung menjadi energi listrik [1]. Teknologi ini telah mengalami perkembangan pesat dan semakin banyak diterapkan untuk memenuhi kebutuhan energi di berbagai sektor.

Namun, meskipun panel surya menawarkan banyak manfaat, kinerjanya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal. Salah satu masalah yang sering dihadapi adalah penurunan efisiensi panel surya akibat akumulasi kotoran. Kotoran, debu, dan partikel lainnya dapat menutupi permukaan panel surya, mengurangi jumlah cahaya matahari yang mencapai sel-sel fotovoltaiik, dan pada gilirannya, menurunkan tegangan output serta efisiensi energi yang dihasilkan.

Untuk mengatasi masalah ini, teknologi pengontrol titik daya maksimum (MPPT) digunakan untuk mengoptimalkan pengambilan energi dari panel surya. Salah satu pengontrol MPPT yang banyak digunakan adalah MPPT Epever. Pengontrol ini dirancang untuk memaksimalkan efisiensi konversi energi dengan menyesuaikan beban dan tegangan output panel surya secara dinamis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak kotoran pada panel surya terhadap tegangan output di bawah sinar matahari dan mengevaluasi peran MPPT Epever dalam mengatasi penurunan kinerja akibat kotoran. Data diambil menggunakan RS485 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32, kemudian diunggah ke spreadsheet untuk analisis lebih lanjut[2]. Dengan memahami efek kotoran dan peran teknologi MPPT, diharapkan dapat ditemukan solusi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem tenaga surya dalam kondisi lingkungan yang kurang ideal. **Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)**

Panel surya, atau sel surya (photovoltaic), adalah perangkat yang mengonversi energi matahari secara langsung menjadi energi listrik [1]. Energi matahari dapat digunakan untuk menyalakan peralatan-peralatan yang menggunakan listrik untuk menjangkau daerah-daerah yang belum teraliri listrik [3]

Macam-macam komponen untuk penyusunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah; Panel Surya, Controller/MPPT (alat untuk mendapatkan daya maksimal panel surya untuk pengisian baterai, dan untuk mencegah overcharging), baterai, *inverter* (sebagai pengubah arus DC menjadi arus AC) [4][5]. Dengan komponen di atas kita bisa menggunakan energi panas matahari untuk menghidupkan peralatan rumah tangga sehari-hari.

Menurut buku yang dirujuk dalam referensi [1], prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebagai berikut: sinar matahari yang mengandung foton masuk ke dalam panel surya. Di dalam panel surya, terjadi perpindahan lubang (muatan positif) dan elektron (muatan negatif), menghasilkan listrik arus searah (DC). Arus DC yang dihasilkan kemudian dialirkan ke pengontrol pengisian baterai.

TINJAUAN PUSTAKA

MPPT Epever 1210AN

MPPT Epever 1210AN adalah controller pengisian yang mengadopsi desain negatif umum dan algoritma kontrol MPPT yang mutakhir, serta dilengkapi dengan layar LCD untuk menampilkan status operasional. Produk ini tidak hanya estetik tetapi juga ekonomis dan praktis. Algoritma MPPT mampu mengurangi tingkat dan durasi kehilangan titik daya maksimum, melacak titik daya maksimum dari rangkaian PV dengan cepat, dan memaksimalkan energi yang diperoleh dari modul surya dalam berbagai kondisi [6].

Google spreadsheet

Google Spreadsheet adalah program berbasis web yang merupakan bagian dari rangkaian Editor Dokumen Google, yang disediakan secara gratis oleh Google. Layanan ini juga mencakup Google Docs, Google Slides, Google Images, Google Forms, Google Sites, dan Google Keep [7].

Modul RS485

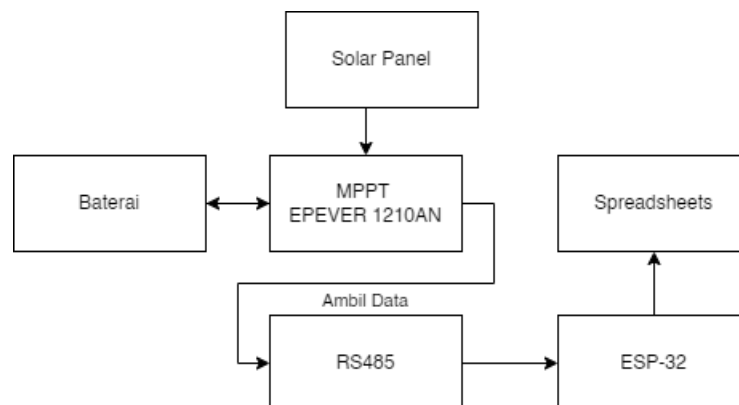
Modul RS485 adalah perangkat yang digunakan untuk mengonversi komunikasi antara RS485 dan serial (UART TTL). Modul ini memungkinkan mikrokontroler untuk berkomunikasi, membaca, atau mengirim perintah ke perangkat yang menggunakan komunikasi RS485 [8].

ESP-32

Mikrokontroler ESP32 adalah perangkat yang mengintegrasikan konektivitas Bluetooth dan Wi-Fi dalam satu modul. Dengan kemampuan ini, ESP32 memungkinkan pengembang untuk membuat berbagai aplikasi yang memerlukan komunikasi nirkabel, seperti perangkat IoT, otomatisasi rumah, dan sistem sensor jaringan. Fitur Bluetooth memungkinkan transfer data jarak pendek yang efisien, sementara konektivitas Wi-Fi memungkinkan akses jaringan yang luas dan integrasi dengan layanan cloud. Kombinasi ini menjadikan ESP32 pilihan yang fleksibel dan serbaguna untuk berbagai proyek elektronik [9].

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif untuk mengevaluasi pengaruh kotoran pada panel surya dan efektivitas MPPT Epever. Pengambilan data dilakukan selama dua hari berturut-turut. Pada hari pertama, panel surya dalam kondisi kotor dengan debu dan partikel tanah, sedangkan pada hari kedua panel dibersihkan sebelum pengujian. Tegangan output dan arus panel surya diukur pada kedua hari tersebut menggunakan perangkat IoT yang mengirimkan data ke spreadsheet melalui modul RS485. Data ini kemudian dianalisis untuk membandingkan performa panel dalam kondisi bersih dan kotor serta menilai peran MPPT Epever dalam meningkatkan efisiensi energi.



Gambar 1. Diagram blok

Konsep kerja sistem seperti ditampilkan pada diagram blok yaitu, data yang terbaca oleh MPPT EPEVER diambil menggunakan modul RS485 dan melakukan koneksi serial dengan mikrokontroller yang dimana hasil pengolahan data dikirimkan menuju *google spreadsheets* yang berguna untuk menyimpan data dari hasil rekaman data yang didapatkan dari MPPT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dibagi menjadi tiga aspek yaitu pengukuran arus dan tegangan panel surya, arus dan tegangan baterai, dan daya yang dihasilkan. Pengukuran dilakukan dalam dua kondisi yaitu panel surya kotor dan panel surya bersih, dilakukan selama dua hari berturut-turut untuk menganalisis dampak kotoran pada panel surya. Pada hari pertama, panel surya dalam kondisi kotor dengan debu dan partikel tanah, sedangkan pada hari kedua, panel dibersihkan sebelum pengukuran dilakukan data tegangan output panel surya diukur setiap menit dan dirata-rata setiap jam selama delapan jam kerja, yaitu dari pukul 08:00 hingga 16:00.



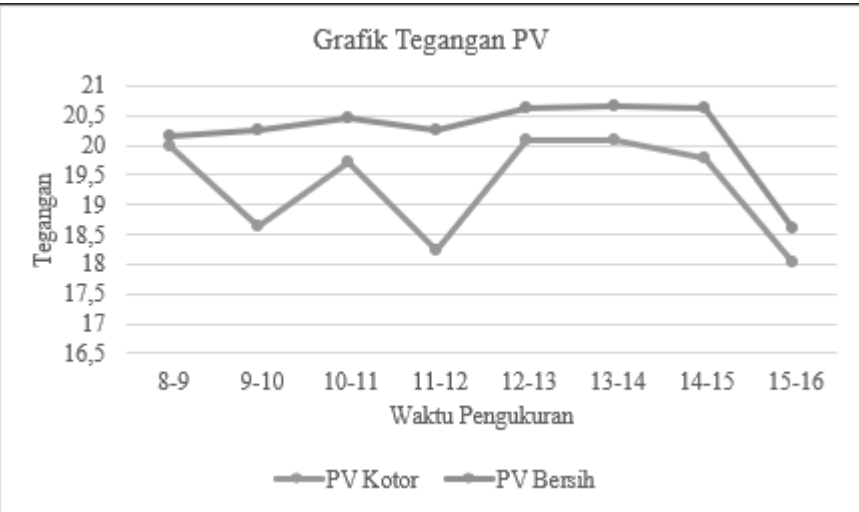
(a) (b)
Gambar 2. a) Panel surya kotor b) Panel surya bersih
Sumber : dokumen pribadi redaksi

Pengukuran rata-rata tegangan panel surya

Tabel berikut menyajikan hasil pengukuran tegangan rata-rata untuk setiap jam pada kondisi panel kotor dan bersih:

Tabel 1. Data Tegangan Rata-rata Panel Kotor dan Bersih.

Waktu	Tegangan rata-rata (V) panel kotor	Tegangan rata-rata (V) panel bersih
8-9	19,97714	20,15196
9-10	18,62	20,2475
10-11	19,70129	20,44906
11-12	18,23218	20,2675
12-13	20,08103	20,63678
13-14	20,09842	20,65719
14-15	19,7705	20,63414
15-16	18,02467	18,59661

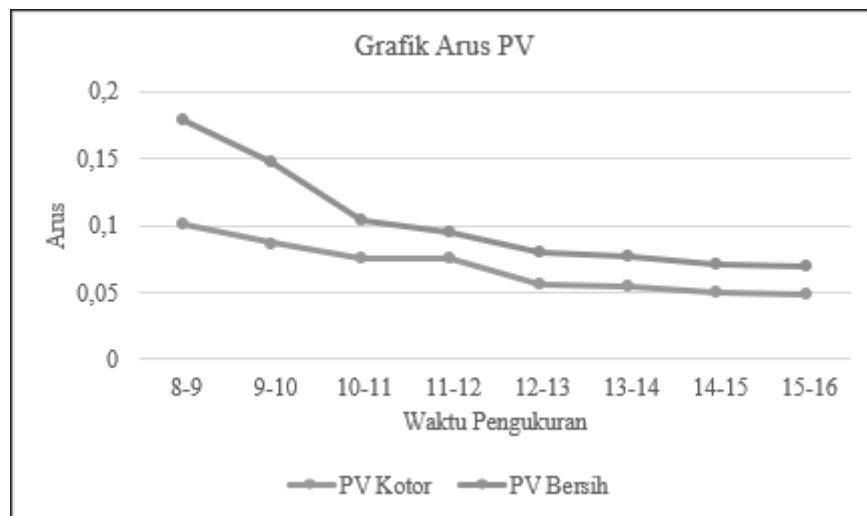


Gambar 3. Grafik Perbandingan Tegangan PV

Pengukuran rata-rata arus panel surya

Tabel 2. Data Arus Rata-rata Panel Kotor dan Bersih

Waktu	Arus rata-rata (A) panel kotor	Arus rata-rata (A) panel bersih
8-9	0,101569	0,178571
9-10	0,086667	0,147368
10-11	0,074906	0,104516
11-12	0,075417	0,094727
12-13	0,055932	0,080172
13-14	0,054737	0,076842
14-15	0,05	0,071
15-16	0,047966	0,070167

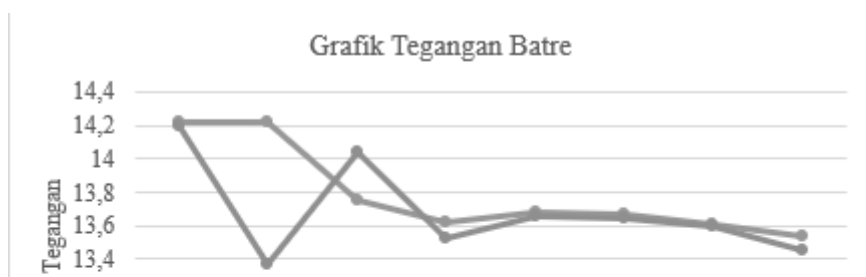


Gambar 4. Grafik Perbandingan Arus PV

Pengukuran tegangan rata-rata baterai

Tabel 3. Data Tegangan Rata-rata Baterai Panel Kotor dan Bersih

Waktu	Tegangan rata-rata baterai (V) panel kotor	Tegangan rata-rata baterai (V) panel bersih
8-9	14,22	14,19429
9-10	14,21533	13,36895
10-11	13,74849	14,04194
11-12	13,62	13,52055
12-13	13,68	13,65862
13-14	13,66965	13,64596
14-15	13,60672	13,59783
15-16	13,53746	13,4495

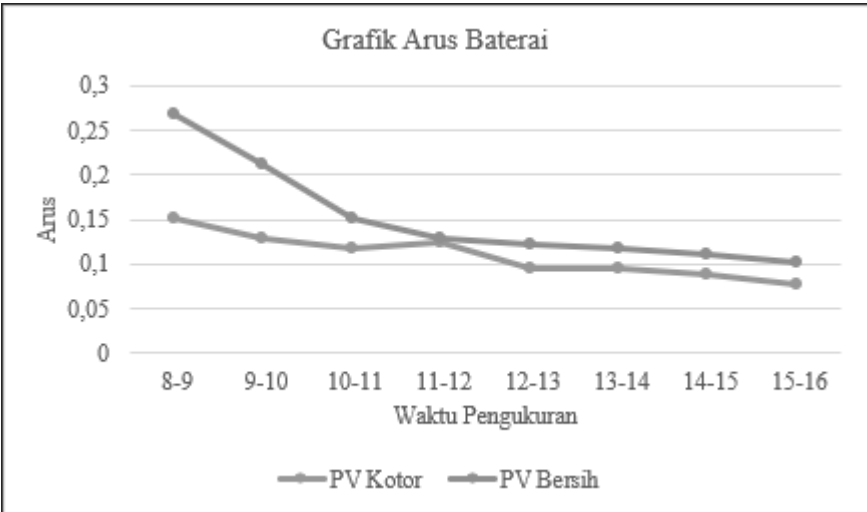


Gambar 5. Grafik Perbandingan Tegangan Baterai

Pengukuran arus rata-rata baterai

Tabel 4. Data Arus Rata-rata Baterai Panel Kotor dan Bersih

Waktu	Arus rata-rata baterai (A) panel kotor	Arus rata-rata baterai (A) panel bersih
8-9	0,151569	0,268571
9-10	0,129833	0,211579
10-11	0,118302	0,152258
11-12	0,123958	0,128727
12-13	0,095593	0,123276
13-14	0,094561	0,118596
14-15	0,088793	0,11
15-16	0,077627	0,101667



Gambar 6. Grafik Perbandingan Arus Baterai

Pengukuran daya rata-rata panel

Perbandingan data daya (watt) solar panel pada kondisi panel bersih dan kotor dapat menggunakan rumus untuk mencari daya (watt) kita dapat menggunakan persamaan (1)

$$P = V \times I$$

(1)

Dengan :

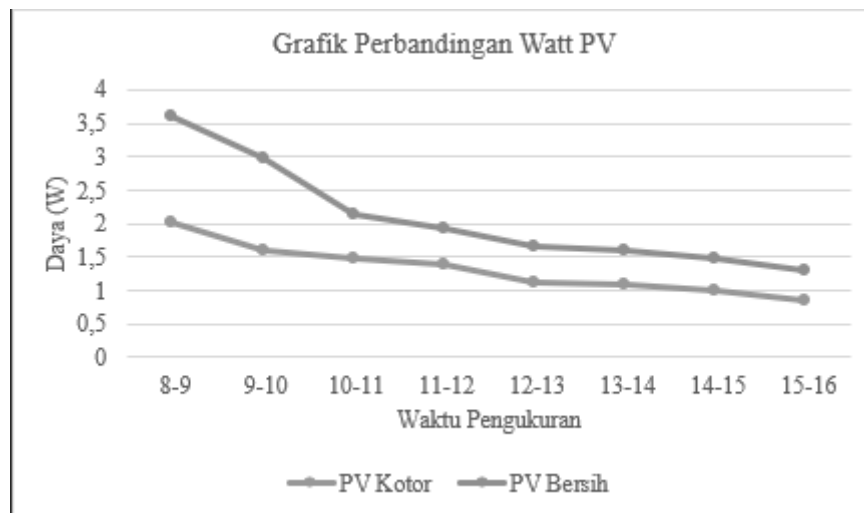
P = Daya (Watt)

V = Beda potensial (Volt)

I = Kuat arus yang mengalir (Ampere)

Tabel 5. Data daya rata-rata panel kotor dan bersih

Waktu	Daya rata-rata (W) panel kotor	Daya rata-rata (W) panel bersih
8-9	2,029051	3,598564
9-10	1,613733	2,983842
10-11	1,475738	2,137256
11-12	1,37501	1,919885
12-13	1,123177	1,6545
13-14	1,100124	1,587342
14-15	0,988525	1,465024
15-16	0,864573	1,304862

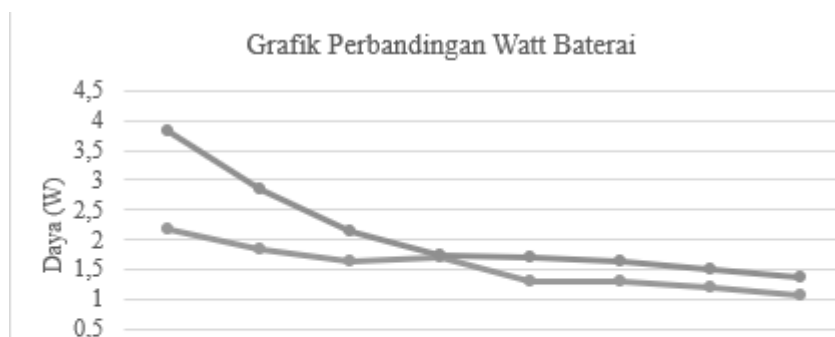


Gambar 7. Grafik Perbandingan Daya PV

Pengukuran daya rata-rata baterai

Tabel 6. Data daya rata-rata baterai panel kotor dan bersih

Waktu	Daya rata-rata baterai (W) panel kotor	Daya rata-rata baterai(W) panel bersih
8-9	2,029051	3,598564
9-10	1,613733	2,983842
10-11	1,475738	2,137256
11-12	1,37501	1,919885
12-13	1,123177	1,6545
13-14	1,100124	1,587342
14-15	0,988525	1,465024
15-16	0,864573	1,304862



Gambar 8. Grafik Perbandingan Daya Baterai

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kotoran pada panel surya secara signifikan mempengaruhi tegangan output dari panel photovoltaic (PV), mengakibatkan penurunan efisiensi energi yang dihasilkan. Panel surya yang terpapar kotoran menunjukkan tegangan output yang lebih rendah dibandingkan dengan panel yang dibersihkan. Namun, penggunaan pengontrol MPPT Epever terbukti efektif dalam memaksimalkan output tegangan yang tersedia untuk baterai, meskipun terdapat penurunan performa akibat kotoran. Dengan menerapkan MPPT Epever, sistem tenaga surya dapat mengoptimalkan konversi energi dari panel surya yang kotor dan meningkatkan efisiensi pengisian baterai, sehingga mengurangi dampak negatif dari kotoran pada performa sistem secara keseluruhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi yang sangat berharga dalam penyelesaian penelitian ini. Pertama-tama, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas bimbingan, fasilitas, dan kesempatan yang diberikan selama proses penelitian ini. Dukungan dan arahan yang diberikan sangat membantu dalam menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan seangkatan yang telah memberikan semangat, dukungan, dan kerjasama yang luar biasa. Keterlibatan dan interaksi kita selama masa studi sangat berarti dan memotivasi penulis untuk terus maju. Terima kasih kepada asisten laboratorium (aslab) Elektro yang telah membantu dan memberikan bimbingan teknis serta saran yang berguna dalam pelaksanaan eksperimen. Bantuan dan pengetahuan yang diberikan sangat berharga dalam mencapai hasil penelitian ini. Akhirnya, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada orang tua tercinta yang telah memberikan dukungan moral dan material yang tak ternilai. Kesabaran, dorongan, dan doa yang diberikan sepanjang perjalanan akademik penulis sangat berarti dan merupakan sumber kekuatan yang utama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. V. Damhare, B. Butay, and S. V. Moharil, 'Solar photovoltaic technology: A review of different types of solar cells and its future trends', *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1913, no. 1, p. 012053, May 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1913/1/012053.
- [2] A. M. 'Aafi, J. Jamaaluddin, and I. Anshory, 'Implementasi Sensor PZEM-017 Untuk Monitoring Arus, Tegangan dan Daya Pada Instalasi Panel Surya Dengan Sistem Data Logger Menggunakan Google Spreadsheet dan Smartphone', *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK)*, vol. 1, no. 1, pp. 191–196, Apr. 2022, doi: 10.31284/p.snestik.2022.2718.

-
- [3] M. Monica, P. Sivakumar, S. J. Isac, and K. Ranjitha, 'PMSG based WECS: Control techniques, MPPT methods and control strategies for standalone battery integrated system', St. Constantin and Helena, Bulgaria, 2022, p. 040013. doi: 10.1063/5.0072870.
 - [4] R. H. G. Tan, C. K. Er, and S. G. Solanki, 'Modeling of Photovoltaic MPPT Lead Acid Battery Charge Controller for Standalone System Applications', *E3S Web Conf.*, vol. 182, p. 03005, 2020, doi: 10.1051/e3sconf/202018203005.
 - [5] S. Silaban and P. Sitompul, 'Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 450 Watt', *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 41–48, Feb. 2023, doi: 10.51510/sinergipolmed.v4i1.1011.
 - [6] D. F. U. Putra *et al.*, 'Implementasi Photovoltaic Terintegrasi Battery Storage guna Menunjang Penerangan pada Kebun Buah Naga Desa Sukorejo', *TheJournalish: Social and Government*, vol. 4, no. 5, pp. 154–167, Nov. 2023, doi: 10.55314/tsg.v4i5.606.
 - [7] A. Rahmah, P. Sukmasetya, M. Syaiful Romadhon, and A. Rio Adriansyah, 'Developing Distance Learning Monitoring Dashboard with Google Sheet: An Approach for Flexible and Low-Price Solution in Pandemic Era', in *2020 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS)*, Bandung, Indonesia: IEEE, Nov. 2020, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICISS50791.2020.9307558.
 - [8] Y. Sofyan and S. Fitriani, 'Rancang Bangun Konverter Modbus RTU RS485 ke Modbus TCP/IP Berbasis ATMEGA2560', *JoSYC*, vol. 4, no. 3, pp. 470–477, May 2023, doi: 10.47065/josyc.v4i3.3522.
 - [9] R. Ramadhan, H. Sulistiani, Y. Rahmanto, A. Sesanti, and B. N. P. Pasaribu, 'Implementasi ESP32 Untuk Pengukuran Daya Tahan Otot Tes Push Up', *JTIKOM*, vol. 3, no. 2, pp. 79–92, Jan. 2023, doi: 10.33365/jtikom.v3i2.2348.