

Sistem Monitoring PLTS Pada Miniatur Rumah Pintar Berbasis Mikrokontroler

Bharata Sena Indra Permana¹, Anicetus Damar Aji², Muchlishah³, dan Dezetty Monika⁴

Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta,
Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425, Indonesia

E-mail: [Bharata.senaindrapermana.te20@mhs.w.pnj.ac.id](mailto: Bharata.senaindrapermana.te20@mhs.w.pnj.ac.id)

Abstrak

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sebuah sistem pemantauan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan dalam memantau PLTS melalui integrasi sensor untuk mengukur intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan. Data yang diperoleh dari sensor-sensor ini dianalisis dan ditampilkan secara real-time melalui aplikasi Blynk, memungkinkan pemantauan jarak jauh yang mudah melalui perangkat mobile. Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi positif yang signifikan antara intensitas cahaya dan suhu dengan daya yang dihasilkan, dengan daya puncak tercatat pada siang hari ketika intensitas cahaya dan suhu mencapai titik tertinggi. Selain itu, sistem ini berhasil mendeteksi pola harian dalam perubahan daya keluaran. Kesimpulannya, sistem pemantauan berbasis mikrokontroler yang dikembangkan dalam penelitian ini menawarkan solusi yang efisien dan ekonomis untuk pengelolaan PLTS, dengan peningkatan yang signifikan dalam pengumpulan data dan pemantauan kinerja sistem. Temuan ini memberikan kontribusi yang penting bagi pengembangan teknologi PLTS yang lebih efisien dan handal.

Keywords: Efisiensi Sistem, Intensitas Cahaya, Mikrokontroler, Monitoring Real-Time, PLTS

Abstract

This research focuses on the development of a monitoring system for Solar Power Plants (PLTS) using an ESP32 microcontroller. The system is designed to improve the efficiency and reliability of PLTS monitoring through the integration of sensors for measuring light intensity, temperature, and humidity. The data collected by these sensors are analyzed and displayed in real-time using the Blynk application, enabling convenient remote monitoring via mobile devices. The results of the study indicate a significant positive correlation between light intensity and temperature with the generated power, with peak power recorded during the daytime when light intensity and temperature reach their highest points. Additionally, the system successfully identifies daily patterns in power output variability. In conclusion, the microcontroller-based monitoring system developed in this research offers an efficient and cost-effective solution for PLTS management, providing significant improvements in data collection and system performance monitoring. These findings make a valuable contribution to the development of more efficient and reliable PLTS technology.

Keywords: System Efficiency, Light Intensity, Microcontroller, Real-Time Monitoring, Solar Power Plant

1. Pendahuluan

Energi Baru dan Terbarukan (EBT) menjadi solusi penting dalam mengatasi tantangan krisis energi global serta dampak negatif dari penggunaan bahan bakar fosil [1]. Pemanfaatan EBT tidak hanya membantu mengurangi emisi gas rumah kaca tetapi juga memastikan keberlanjutan pasokan energi di masa depan. Menurut laporan dari International Energy Agency, peralihan ke energi terbarukan merupakan kunci untuk mencapai target emisi nol bersih secara global [2].

Sumber EBT yang semakin diminati adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS bekerja dengan mengonversi sinar matahari menjadi listrik melalui panel surya menggunakan efek fotovoltaik.

Pilihan ini sangat efektif karena energi matahari tersedia dalam jumlah yang sangat banyak dan dapat diperbarui. Selain itu, menurut Gorini, PLTS tidak menghasilkan emisi karbon selama proses produksinya, sehingga ramah lingkungan [3]. Fraunhofer juga menyatakan bahwa teknologi fotovoltaik telah mengalami peningkatan efisiensi dan penurunan biaya produksi, menjadikannya lebih kompetitif dibandingkan dengan sumber energi konvensional [4].

Pemantauan sistem PLTS sangat penting untuk memastikan kinerja yang optimal dan mendeteksi masalah sejak dini. Pemantauan ini dapat memberikan data waktu nyata tentang kinerja dan kondisi sistem, memungkinkan penyesuaian dan pemeliharaan yang lebih proaktif. Tanpa pemantauan yang efektif, potensi

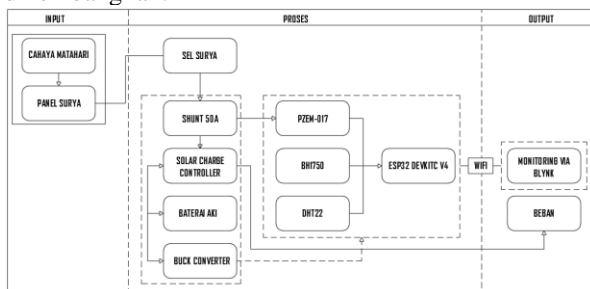
kegagalan sistem atau penurunan efisiensi mungkin tidak terdeteksi hingga menyebabkan masalah yang lebih besar. Penelitian ini menggunakan tiga parameter utama, yaitu intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan, untuk mengukur daya yang dihasilkan oleh sistem PLTS, berbeda dengan penelitian sebelumnya yang hanya memantau tegangan dan arus yang dihasilkan [7]. Selain itu, penelitian oleh Freza hanya menggunakan dua parameter, yaitu suhu dan kelembapan [8], yang kurang efektif jika tidak memasukkan intensitas matahari sebagai parameter karena intensitas matahari adalah faktor utama dalam menentukan daya yang dihasilkan oleh PLTS. Studi oleh National Renewable Energy Laboratory (NREL) menyatakan bahwa pemantauan yang efektif adalah kunci untuk memaksimalkan kinerja dan umur panjang sistem energi terbarukan [9]. Penelitian oleh Dufo-López juga menekankan pentingnya pemantauan dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem energi hibrida [10].

Penggunaan mikrokontroler dalam sistem pemantauan PLTS memberikan berbagai keuntungan. Mikrokontroler adalah perangkat yang efisien, dapat diprogram, dan relatif murah, yang mampu melakukan pemrosesan data dan pengendalian secara real-time. Dengan mikrokontroler, sistem pemantauan dapat diintegrasikan dengan berbagai sensor dan perangkat komunikasi untuk memberikan informasi yang akurat dan responsif mengenai status operasional dari PLTS dan PLTB. Penelitian terbaru oleh Andrew menunjukkan bahwa penggunaan mikrokontroler dapat meningkatkan efisiensi sistem pemantauan dan mengurangi biaya pemeliharaan [11]. Selain itu, studi oleh Abdullah juga menekankan manfaat mikrokontroler dalam meningkatkan kecepatan respon dan akurasi pemantauan [12].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis mikrokontroler. Sistem ini dikembangkan untuk memantau dan merekam parameter penting seperti tegangan, arus, daya, energi, suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya secara real-time.

Sistem pemantauan ini dirancang menggunakan beberapa komponen utama yang terintegrasi satu sama lain. Berikut ini adalah diagram blok dari sistem yang dikembangkan:



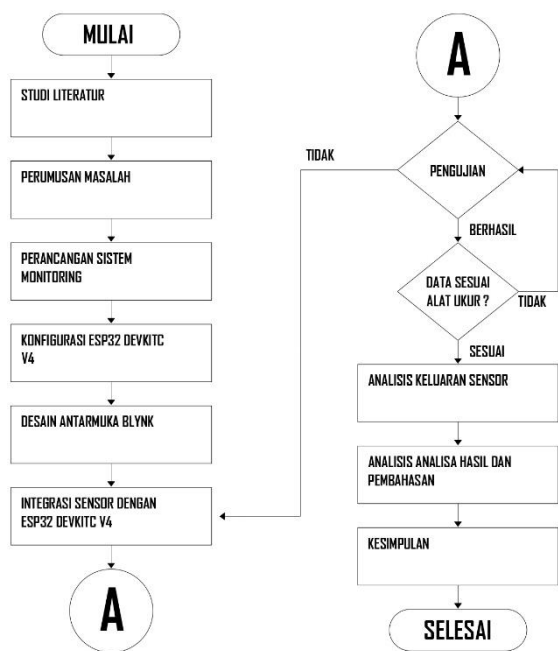
Gambar 2. 1 Blok Diagram Sistem.

Pada gambar 2.1, sistem pemantauan kinerja PLTS berbasis mikrokontroler ini dirancang untuk mengawasi dan mengelola kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya secara efektif. Sistem ini memanfaatkan energi dari cahaya matahari yang ditangkap oleh panel surya. Energi matahari tersebut adalah sumber utama yang diubah menjadi energi listrik DC oleh panel surya melalui sel surya.

Setelah panel surya menghasilkan energi listrik, arus yang mengalir dari panel diukur oleh Shunt 50A sebelum menuju solar charge controller. Solar charge controller ini berperan penting dalam mengatur proses pengisian daya pada baterai aki, memastikan agar baterai tidak mengalami pengisian berlebih (overcharge) atau pengosongan berlebih (overdischarge). Energi yang tersimpan dalam baterai aki dapat digunakan saat dibutuhkan. Buck converter kemudian mengatur tegangan keluaran dari baterai aki ke level yang sesuai untuk berbagai jenis beban.

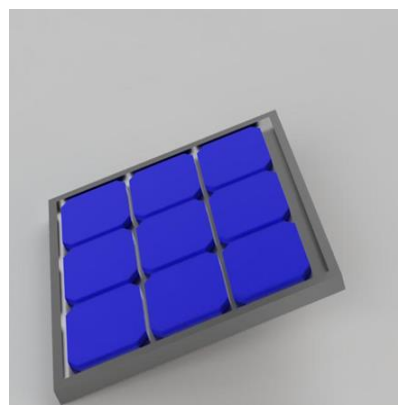
Pemantauan sistem dilakukan menggunakan beberapa sensor. Sensor PZEM-017 digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan energi yang dihasilkan oleh sistem PLTS. Selain itu, sensor BH1750FVI digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari, sementara sensor DHT22 mengukur suhu dan kelembapan lingkungan. Data yang diperoleh dari sensor-sensor ini diproses oleh mikrokontroler ESP32, yang berfungsi sebagai pusat pengendali sistem ini.

Mikrokontroler ESP32 mengirimkan data yang telah diproses melalui jaringan WiFi ke aplikasi Blynk, memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Melalui aplikasi ini, pengguna dapat memantau kinerja sistem secara real-time dan melakukan penyesuaian yang diperlukan. Pada akhirnya, energi listrik yang dihasilkan oleh sistem ini digunakan untuk berbagai keperluan beban, memastikan ketersediaan listrik yang efisien dan berkelanjutan.



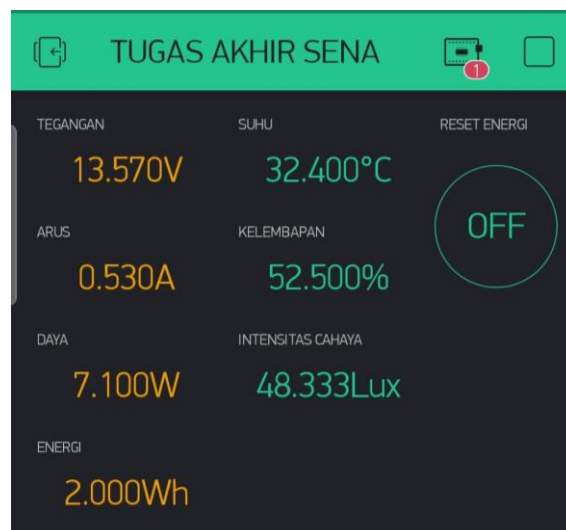
Gambar 2. 2 Diagram Alir Perancangan

Gambar 2.2 menunjukkan diagram alir perancangan sistem, yang dijelaskan sebagai berikut. Langkah pertama adalah melakukan studi literatur, yang melibatkan pengumpulan informasi dari berbagai sumber untuk memahami konsep dan teknologi terkait PLTS serta sistem pemantauan berbasis mikrokontroler. Selanjutnya, dilakukan perumusan masalah untuk mendefinisikan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini. Tahap berikutnya adalah perancangan sistem pemantauan, di mana sistem dirancang dengan mempertimbangkan komponen-komponen yang akan digunakan. Setelah itu, konfigurasi ESP32 DevKitC V4 dilakukan untuk mengatur mikrokontroler agar dapat mengumpulkan data dari sensor dan mengirimkannya ke aplikasi Blynk. Langkah selanjutnya adalah mendesain antarmuka pengguna pada aplikasi Blynk untuk memungkinkan pemantauan data secara real-time. Kemudian, sensor diintegrasikan dan diuji dengan ESP32 DevKitC V4 untuk memastikan semuanya bekerja dengan baik. Setelah integrasi sensor, sistem diuji untuk memastikan fungsionalitasnya. Data yang dikumpulkan selama pengujian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem. Akhirnya, kesimpulan dibuat berdasarkan temuan penelitian ini, dan rekomendasi diberikan untuk pengembangan lebih lanjut.



Gambar 2. 3 Desain 3D Perancangan

Pada gambar 2.3 adalah tampak 3D dari rancangan sistem monitoring PLTS, ada 2 komponen utama pada desain perancangan ini yaitu panel surya *monocrystalline* dengan dimensi 40 cm x 62,5 cm x 2,

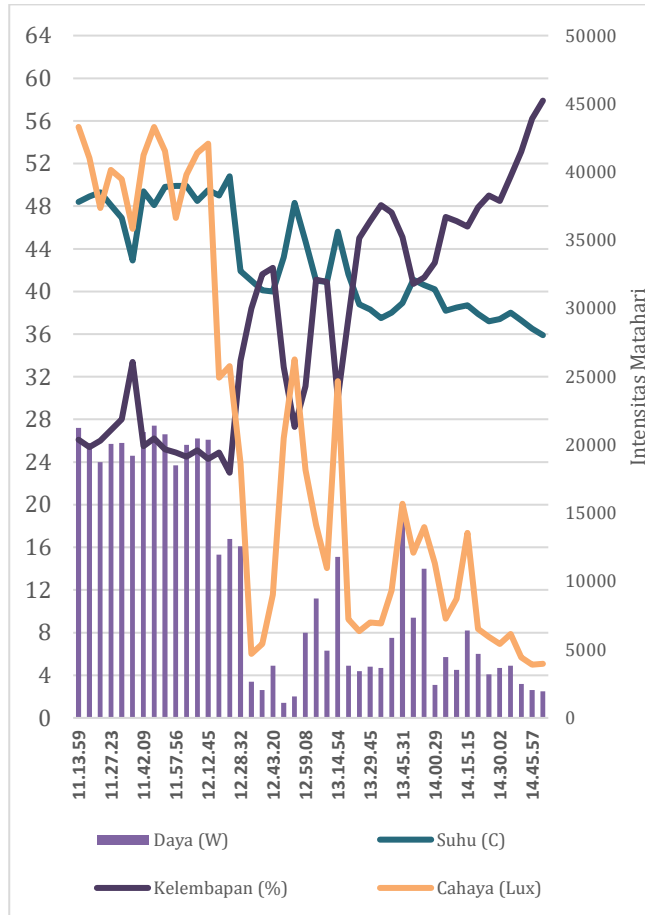


Gambar 2. 4 LayOut Sistem Monitoring

Gambar 2.4 menunjukkan layout sistem monitoring atau desain antarmuka pengguna saat mengakses aplikasi Blynk. Dalam sistem ini, data diperbarui setiap 2 detik secara real-time dan dapat diakses oleh siapa saja, kapan saja, selama terhubung ke internet dan memiliki izin dari pemilik Blynk host.

Penelitian ini menggunakan tiga metode analisis data. Pertama, metode Statistik Deskriptif digunakan untuk menghitung rata-rata, nilai maksimum, dan nilai minimum dari setiap parameter yang diukur. Kedua, Analisis Korelasi digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara parameter lingkungan dan output daya, yang membantu memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja PLTS. Terakhir, metode Visualisasi Data digunakan untuk membuat grafik yang menunjukkan tren perubahan parameter yang diukur selama periode pengujian.

3. Hasil dan Pembahasan



Gambar 3. 1 Grafik Hasil Uji Coba

Grafik pada gambar 3.1 yang ditampilkan menunjukkan hubungan antara beberapa parameter: daya (W), kelembapan (%), suhu (C), dan intensitas cahaya (Lux) pada waktu yang berbeda dalam satu hari.

Analisis Grafik:

1. Daya (Watt) - Garis Merah:

Daya yang dihasilkan oleh sistem PLTS meningkat seiring dengan peningkatan intensitas cahaya dan suhu hingga sekitar pukul 12. Namun, setelah mencapai puncak, daya cenderung menurun, kemungkinan disebabkan oleh penurunan intensitas cahaya matahari dan fluktuasi suhu.

2. Kelembapan (%) - Garis Hijau:

Kelembapan menunjukkan pola yang relatif stabil pada awalnya tetapi mengalami fluktuasi yang signifikan mulai sekitar pukul 12 hingga sore hari. Ini bisa disebabkan oleh perubahan kondisi cuaca atau lingkungan yang mempengaruhi kelembapan udara.

3. Suhu (°C) - Garis Biru:

Suhu menunjukkan pola penurunan secara bertahap setelah mencapai puncak sekitar pukul 11:45. Penurunan suhu ini mungkin terjadi karena awan atau perubahan lainnya dalam kondisi cuaca, yang dapat mempengaruhi intensitas cahaya matahari.

4. Intensitas Cahaya (Lux) - Garis Biru Tua:

Intensitas cahaya matahari meningkat tajam pada awal hari hingga sekitar pukul 12, kemudian mulai mengalami fluktuasi dan penurunan yang tajam. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari mencapai puncak sekitar tengah hari dan kemudian mulai menurun atau terganggu oleh kondisi cuaca.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan beberapa temuan penting terkait sistem monitoring PLTS berbasis mikrokontroler. Berdasarkan data yang dikumpulkan, daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya terjadi antara pukul 12:00 hingga 13:00. Hal ini disebabkan oleh posisi matahari yang berada di titik tertinggi, sehingga intensitas cahaya matahari mencapai puncaknya dan diserap secara optimal oleh panel surya. Intensitas cahaya yang tinggi menghasilkan radiasi matahari maksimum yang diterima oleh panel, yang pada akhirnya meningkatkan daya yang dihasilkan.

Implementasi mikrokontroler ESP32 DevKitC V4 dalam sistem monitoring ini terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi pemantauan dan pengumpulan data. Mikrokontroler ini mampu memproses dan mengirimkan data secara real-time ke aplikasi Blynk melalui koneksi WiFi, memungkinkan pemantauan jarak jauh dan integrasi dengan platform IoT. Sistem monitoring yang dirancang memberikan data yang cukup konsisten dan stabil, di mana program mengatur pengiriman data setiap 60 detik, meskipun dalam praktiknya terjadi dalam 63 detik. Sensor-sensor yang digunakan, seperti sensor intensitas cahaya BH1750FVI, sensor suhu dan kelembapan DHT22, serta modul sensor daya PZEM017, memberikan pengukuran yang akurat dan dapat diandalkan.

Analisis data menunjukkan bahwa intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan memiliki korelasi dengan daya yang dihasilkan. Peningkatan intensitas cahaya dan suhu secara langsung meningkatkan daya output panel surya. Hal ini diperkuat oleh penelitian Laurent Canale dalam jurnal "Energies" [13], yang menyatakan bahwa prediksi intensitas cahaya menggunakan metode pembelajaran mesin dapat meningkatkan akurasi prediksi output daya sistem fotovoltaik. Sebaliknya, kelembapan memiliki korelasi negatif dengan suhu dan intensitas cahaya, di mana semakin rendah kelembapan, semakin tinggi daya yang dihasilkan.

Data yang dihasilkan berhasil menjawab tujuan dari perancangan sistem monitoring ini, yaitu untuk memantau kinerja PLTS dan meminimalkan anomali atau kegagalan sistem. Selain itu, penelitian ini memanfaatkan tiga parameter pendukung yang berbeda dengan penelitian sebelumnya [11], yang hanya menggunakan satu atau dua parameter, sehingga mempermudah dalam mengidentifikasi masalah pada sistem PLTS dan pemeliharaan sensor-sensor.

Desain sistem yang mengintegrasikan berbagai sensor dengan mikrokontroler ESP32 dan aplikasi Blynk terbukti berhasil. Proses konfigurasi dan desain antarmuka Blynk berjalan dengan lancar, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi dan performa sistem PLTS dengan mudah melalui perangkat mobile. Meskipun suhu dan kelembapan juga dipantau, analisis menunjukkan bahwa kedua faktor ini memiliki pengaruh yang kurang signifikan terhadap daya yang dihasilkan dibandingkan dengan intensitas cahaya.

Penelitian ini menunjukkan potensi besar dalam penggunaan mikrokontroler untuk sistem monitoring PLTS, yang dapat diadaptasi untuk aplikasi skala besar guna meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya pemeliharaan. Implementasi mikrokontroler terbukti meningkatkan efisiensi pemantauan dan menurunkan biaya pemeliharaan, sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi PLTS yang lebih efisien dan berkelanjutan.

5. Daftar Pustaka

- [1] I. Renewable and E. Agency, "Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050, Executive Summary," 2018.
- [2] I. E. A. International and E. Agency, "Renewable Energy Market Update," 2024.
- [3] D. Gielen, F. Boshell, D. Saygin, M. D. Bazilian, N. Wagner, and R. Gorini, "The role of renewable energy in the global energy transformation," *Energy Strateg. Rev.*, vol. 24, no. June 2018, pp. 38–50, 2019, doi: 10.1016/j.esr.2019.01.006.
- [4] F. Ise and P. S. E. Projects, "Photovoltaics Report," no. May, 2024.
- [5] G. Wind and E. Council, "GWEC | GLOBAL WIND REPORT 2022," 2022.
- [6] J. Lian, Y. Zhang, C. Ma, Y. Yang, and E. Chaima, "A review on recent sizing methodologies of hybrid renewable energy systems," *Energy Convers. Manag.*, vol. 199, no. September, p. 112027, 2019, doi: 10.1016/j.enconman.2019.112027.
- [7] I. Dwi, W. Hermanto, and B. Suprianto, "Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis Internet of Things (IoT)," 2022.
- [8] M. F. Pratama, "Sistem Monitoring Dan Kontrol Daya Plts Menggunakan Iot Berbasis Fuzzy Logic," pp. 1–81, 2021, [Online]. Available: [http://repository.unissula.ac.id/22976/12/Magister Teknik Elektro_20601700007_fullpdf.pdf](http://repository.unissula.ac.id/22976/12/Magister_Teknik_Elektro_20601700007_fullpdf.pdf)
- [9] N. Renewable, S. Alliance, and S. National, "Best Practices for Operation and Maintenance of Photovoltaic and Energy Storage Systems ; 3rd Edition Best Practices for Operation and Maintenance of Photovoltaic and Energy Storage Systems ; 3rd Edition," no. December, 2018.
- [10] I. H. Microgrids, R. E. Based, and B. Models, "Optimization of Isolated Hybrid Microgrids with

Renewable Energy Based on Different Battery Models," 2020.

[11] G. Boubakr, F. Gu, L. Farhan, and A. Ball, "Enhancing Virtual Real-Time Monitoring of Photovoltaic Power Systems Based on the Internet of Things," pp. 1–16, 2022.

[12] M. Z. Haq, "Pemanfaatan IoT (Internet of Things) Dalam Monitoring Kadar Kepekatan Asap dan Kendali Camera Tracking," vol. 5, no. 1, pp. 86–92, 2021.

[13] W. Tercha, S. A. Tadjer, F. Chekired, and L. Canale, "Machine Learning-Based Forecasting of Temperature and Solar Irradiance for Photovoltaic Systems," *Energies*, vol. 17, no. 5, 2024, doi: 10.3390/en17051124.