

PENINGKATAN EFISIENSI ENERGI TERBARUKAN MELALUI DIGITALISASI SISTEM PANEL SURYA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) PADA ASOSIASI PENA ILMU INDONESIA

Iksan Wahyu Permadi¹, Ahmad Roihan^{1*}, Ageng Setiani Rafika¹, Oleh Soleh¹,
Ignatius Agus Supriyono¹, Dendy Jonas¹

¹Universitas Raharja, Indonesia

*Correspondence E-mail: ahmad.roihan@raharja.info

Kata Kunci:

Internet of Things, Monitoring PLTS, Energi Terbarukan, NodeMCU ESP8266, Pengabdian Kepada Masyarakat.

Abstrak

Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi terbarukan memerlukan sistem pemantauan yang efektif untuk menjaga kinerja dan efisiensi operasional, namun Asosiasi Pena Ilmu Indonesia masih melakukan pemantauan kondisi baterai secara manual sehingga informasi mengenai tegangan, arus, dan kapasitas baterai belum dapat diperoleh secara berkelanjutan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan efektivitas pengelolaan energi terbarukan melalui penerapan sistem digitalisasi monitoring panel surya berbasis *Internet of Things* (IoT). Sasaran kegiatan adalah pengurus dan anggota Asosiasi Pena Ilmu Indonesia sebagai pengguna sistem PLTS. Metode pelaksanaan meliputi identifikasi kebutuhan mitra, perancangan dan implementasi sistem monitoring berbasis NodeMCU ESP8266 yang terintegrasi dengan sensor tegangan dan sensor arus ACS758, pelatihan penggunaan sistem, pendampingan operasional, serta evaluasi kinerja sistem. Data hasil pengukuran dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menggunakan protokol HTTP GET menuju basis data MySQL sehingga dapat dipantau secara *real-time* dan tersimpan sebagai data historis. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem berhasil mengirimkan data parameter kelistrikan secara periodik setiap 10 menit dengan tingkat keberhasilan transmisi mencapai 100% tanpa bentrokan data. Kegiatan ini meningkatkan kemampuan mitra dalam melakukan pemantauan kondisi baterai secara mandiri, mempermudah evaluasi penggunaan energi, serta mendukung pengelolaan energi terbarukan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Keywords:

Internet of Things, Solar Power Monitoring, Renewable Energy, NodeMCU ESP8266,

Abstract

The use of solar power plants (PLTS) as a source of renewable energy requires an effective monitoring system to maintain performance and operational efficiency; however, the Indonesian Science Writers Association (Asosiasi Pena Ilmu Indonesia) still monitors battery conditions manually, so information regarding battery voltage, current, and capacity cannot yet be obtained on an ongoing basis. This community service project aims to improve the effectiveness of renewable energy management through the implementation of a digital monitoring system for solar panels based on the Internet of Things (IoT). The target audience for this project is the board

Community
Service.

members and members of the Indonesian Science Writers Association, who are users of the SPP system. The implementation methods include identifying partner needs; designing and implementing a monitoring system based on nodeMCU ESP8266 integrated with voltage sensors and ACS758 current sensors; training on system use; operational assistance; and system performance evaluation. Measurement data is transmitted via a Wi-Fi network using the HTTP GET protocol to a MySQL database, allowing for real-time monitoring and storage as historical data. The results of the implementation show that the system successfully transmitted electrical parameter data every 10 minutes with a 100% transmission success rate and no data collisions. This initiative enhances partners' ability to independently monitor battery conditions, facilitates the evaluation of energy usage, and supports more effective and sustainable renewable energy management.

Article submitted: 2026-05-13. Revision uploaded: 2026-06-22. Final accepted: 2026-07-27.

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi listrik seiring pertumbuhan populasi, perkembangan teknologi, dan meningkatnya aktivitas masyarakat menyebabkan konsumsi energi global terus mengalami peningkatan. Kondisi tersebut mendorong pemanfaatan sumber energi terbarukan sebagai alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi berbasis bahan bakar fosil. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis *photovoltaic* (PV) karena mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik secara langsung, bersifat modular, mudah dikembangkan, serta ramah lingkungan [1]. Pemanfaatan PLTS tidak hanya diterapkan pada sektor industri, tetapi juga mulai digunakan oleh lembaga pendidikan, organisasi masyarakat, dan komunitas sebagai sumber energi pendukung kegiatan operasional [2].

Keandalan sistem PLTS sangat dipengaruhi oleh pengelolaan energi yang dihasilkan, khususnya pada sistem penyimpanan energi menggunakan baterai. Baterai berfungsi menjaga kontinuitas suplai energi ketika intensitas cahaya matahari menurun atau pada malam hari. Namun, kondisi baterai yang tidak dipantau secara berkala dapat menyebabkan *over-discharge*, penurunan kapasitas penyimpanan, hingga memperpendek umur pakai baterai [3]. Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan proses pemantauan parameter kelistrikan dilakukan secara otomatis, *real-time*, dan terdokumentasi melalui integrasi sensor, mikrokontroler, jaringan komunikasi, serta basis data [4]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali sistem monitoring mampu meningkatkan efektivitas pemantauan dengan biaya implementasi yang relatif rendah [5], [6].

Asosiasi Pena Ilmu Indonesia sebagai mitra dalam kegiatan pengabdian ini telah memanfaatkan sistem PLTS sebagai sumber energi pendukung operasional organisasi. Berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara dengan pengurus, proses pemantauan kondisi baterai masih dilakukan secara manual melalui pemeriksaan langsung pada perangkat. Kondisi tersebut menyebabkan informasi mengenai tegangan, arus, dan kapasitas baterai tidak dapat diperoleh secara berkelanjutan, sehingga pengurus kesulitan mengetahui perubahan kondisi sistem secara cepat. Selain itu, tidak tersedianya data historis juga menyulitkan proses evaluasi efisiensi penggunaan energi dan pemeliharaan sistem PLTS.

Permasalahan tersebut perlu segera ditangani karena keterlambatan dalam mendeteksi penurunan performa baterai dapat meningkatkan risiko kerusakan komponen penyimpanan energi, mengganggu kontinuitas pasokan listrik, serta menambah biaya pemeliharaan. Di sisi



lain, keterbatasan kemampuan mitra dalam memanfaatkan teknologi digital menyebabkan proses pengelolaan sistem PLTS belum dilakukan secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi yang tidak hanya menyediakan perangkat monitoring, tetapi juga meningkatkan kapasitas mitra dalam mengoperasikan dan memanfaatkan teknologi tersebut secara mandiri.

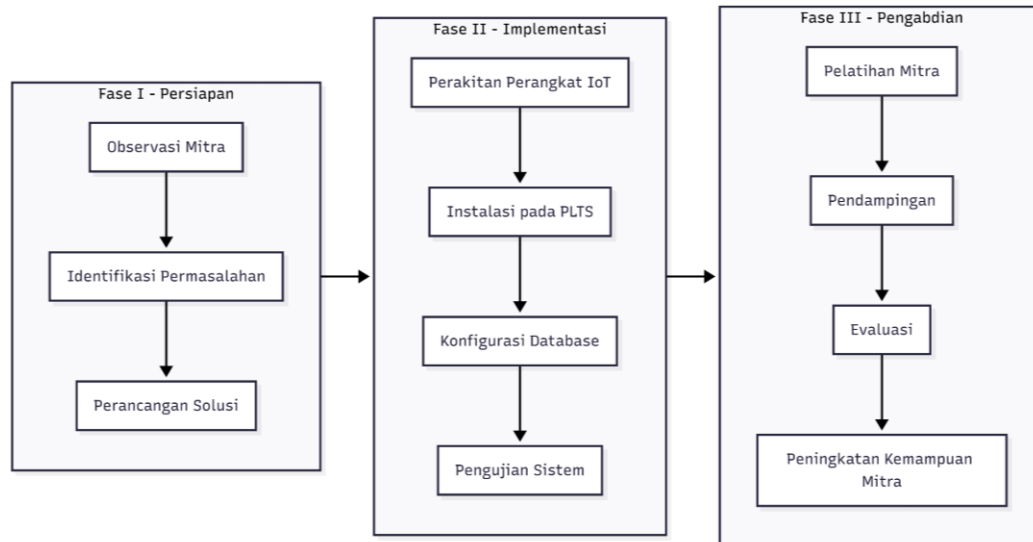
Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan melalui penerapan sistem digitalisasi monitoring PLTS berbasis *Internet of Things* (IoT). Kegiatan meliputi identifikasi kebutuhan mitra, perancangan dan implementasi perangkat monitoring menggunakan NodeMCU ESP8266 yang terintegrasi dengan sensor tegangan dan sensor arus ACS758, pelatihan penggunaan sistem, pendampingan operasional, serta evaluasi hasil implementasi. Sistem dirancang untuk melakukan pengambilan data parameter kelistrikan secara otomatis, mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi menggunakan protokol HTTP GET, dan menyimpan data historis pada basis data MySQL sehingga kondisi sistem dapat dipantau secara *real-time*.

Keunggulan program pengabdian ini terletak pada integrasi antara penerapan teknologi IoT dengan proses pemberdayaan mitra melalui pelatihan dan pendampingan. Berbeda dengan kegiatan monitoring yang hanya berfokus pada pengembangan perangkat, program ini menekankan peningkatan kemampuan mitra dalam mengoperasikan sistem, memahami informasi hasil pemantauan, serta memanfaatkan data historis sebagai dasar evaluasi efisiensi penggunaan energi. Pendekatan tersebut diharapkan mampu meningkatkan kemandirian mitra dalam mengelola sistem PLTS secara berkelanjutan.

Tujuan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah menerapkan sistem digitalisasi monitoring PLTS berbasis IoT pada Asosiasi Pena Ilmu Indonesia, meningkatkan kemampuan mitra dalam melakukan pemantauan kondisi baterai secara *real-time*, serta menyediakan sistem pencatatan data kelistrikan yang dapat digunakan sebagai dasar evaluasi pengelolaan energi terbarukan. Kegiatan ini diharapkan memberikan manfaat berupa peningkatan efektivitas pengelolaan sistem PLTS, pengurangan risiko kerusakan baterai akibat keterlambatan pemantauan, peningkatan literasi teknologi digital bagi mitra, serta menjadi contoh penerapan teknologi IoT dalam mendukung pengelolaan energi terbarukan pada organisasi masyarakat.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Asosiasi Pena Ilmu Indonesia dengan pendekatan implementasi teknologi (*technology implementation*) untuk menyelesaikan permasalahan mitra dalam melakukan pemantauan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Metode pelaksanaan dirancang agar mencakup proses identifikasi kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat, pengujian, pelatihan, serta evaluasi keberhasilan penerapan teknologi. Tahapan kegiatan mengadopsi pendekatan *System Development Life Cycle* (SDLC) yang telah banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis perangkat keras dan perangkat lunak karena mampu memastikan kebutuhan pengguna terpenuhi melalui tahapan analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian secara sistematis [7]. Namun, dalam kegiatan pengabdian ini, tahapan SDLC disesuaikan dengan kebutuhan mitra sehingga tidak hanya berfokus pada pembangunan sistem, tetapi juga mencakup proses transfer teknologi dan peningkatan kemampuan pengguna. Alur kegiatan tersebut dapat disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian

A. Tahap Identifikasi Kebutuhan Mitra

Tahap awal kegiatan dilakukan melalui observasi langsung terhadap sistem PLTS yang digunakan oleh Asosiasi Pena Ilmu Indonesia. Kegiatan observasi bertujuan untuk mengetahui kondisi perangkat yang telah tersedia, pola penggunaan energi, serta metode pemantauan yang selama ini diterapkan oleh mitra. Berdasarkan hasil observasi, diketahui bahwa sistem PLTS telah digunakan sebagai sumber energi pendukung, tetapi proses pemantauan kondisi baterai masih dilakukan secara manual. Informasi mengenai perubahan tegangan, arus, dan kondisi kapasitas baterai belum tersedia secara otomatis sehingga diperlukan sistem monitoring digital yang mampu menyediakan data secara berkala. Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan perangkat, meliputi: a) panel surya sebagai sumber energi, b) *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) sebagai pengatur proses pengisian baterai, c) baterai sebagai media penyimpanan energi, d) inverter sebagai pengubah energi DC menjadi AC, e) sensor tegangan, f) sensor arus ACS758, g) NodeMCU ESP8266 sebagai unit pengolah dan pengirim data, h) serta basis data sebagai media penyimpanan hasil monitoring.

B. Tahap Perancangan Sistem Monitoring IoT

Perancangan sistem dilakukan dengan membangun arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak yang menghubungkan sistem PLTS dengan infrastruktur IoT. NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai pusat pemrosesan karena memiliki modul komunikasi Wi-Fi terintegrasi sehingga mampu melakukan pengiriman data sensor menuju server tanpa membutuhkan perangkat komunikasi tambahan [8]. Pada sisi akuisisi data, sensor tegangan digunakan untuk membaca perubahan tegangan baterai melalui rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*). Metode pembagi tegangan digunakan karena mampu menyesuaikan nilai tegangan masukan agar sesuai dengan batas pembacaan *Analog to Digital Converter* (ADC) pada mikrokontroler [9]. Sensor arus ACS758 digunakan untuk membaca arus listrik yang mengalir pada sistem karena memiliki karakteristik isolasi galvanik sehingga lebih aman digunakan pada sistem kelistrikan dengan arus yang lebih besar [10]. Arsitektur komunikasi data dirancang menggunakan metode pengiriman HTTP GET melalui jaringan Wi-Fi. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan menuju server dan disimpan pada basis data MySQL. Penyimpanan data secara terpusat memungkinkan mitra memperoleh rekam historis kondisi sistem sehingga dapat digunakan untuk evaluasi penggunaan energi [11].

C. Tahap Implementasi Perangkat

Implementasi dilakukan melalui proses perakitan perangkat keras dan pemasangan sistem monitoring pada instalasi PLTS mitra. Komponen utama sistem terdiri dari NodeMCU ESP8266, sensor tegangan, sensor arus ACS758, serta perangkat pendukung komunikasi. Konfigurasi sistem dilakukan dengan memprogram NodeMCU ESP8266 agar mampu: a) membaca nilai analog dari sensor, b) melakukan proses konversi nilai ADC menjadi parameter tegangan dan arus, c) melakukan kalibrasi pembacaan sensor, d) mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi, e) menyimpan data pada basis data secara periodik. Sistem dikonfigurasi dengan interval pengiriman data setiap 10 menit (600.000 milidetik). Pengaturan interval tersebut dilakukan untuk memperoleh data historis yang cukup tanpa memberikan beban komunikasi berlebih terhadap sistem.

D. Tahap Pengujian dan Validasi Sistem

Pengujian dilakukan setelah proses implementasi perangkat selesai [12]. Pengujian bertujuan memastikan seluruh bagian sistem dapat bekerja sesuai rancangan, meliputi, pengujian pembacaan sensor yang dilakukan untuk memastikan sensor tegangan dan sensor arus mampu membaca perubahan parameter kelistrikan baterai. Hasil pembacaan dibandingkan dengan kondisi operasional sistem untuk mengetahui kestabilan pengukuran. Selanjutnya pengujian komunikasi dilakukan dengan mengamati keberhasilan pengiriman data dari NodeMCU ESP8266 menuju basis data. Parameter yang diamati meliputi keberhasilan koneksi, interval pengiriman, dan keberadaan data pada server. Kemudian pengujian penyimpanan data, dimana data hasil pengukuran diperiksa pada basis data MySQL untuk memastikan setiap parameter tersimpan dengan baik dan tidak terjadi kehilangan maupun konflik data. Tahap pengujian ini diperlukan karena kestabilan komunikasi menjadi faktor penting pada sistem monitoring berbasis IoT. Sistem IoT yang baik harus mampu menjaga kontinuitas pertukaran data antara perangkat sensor, jaringan komunikasi, dan server penyimpanan [13].

E. Tahap Pelatihan dan Pendampingan Mitra

Setelah sistem berhasil diterapkan, dilakukan kegiatan pelatihan kepada pengelola Asosiasi Pena Ilmu Indonesia. Materi pelatihan meliputi: a) pengenalan sistem monitoring IoT, b) penggunaan *dashboard* monitoring, c) pemahaman parameter tegangan dan arus, d) interpretasi kondisi baterai berdasarkan data monitoring, e) serta prosedur pemantauan sistem secara berkala. Pendampingan dilakukan agar mitra mampu mengoperasikan sistem secara mandiri dan memahami manfaat penggunaan data historis dalam melakukan evaluasi penggunaan energi.

F. Tahap Evaluasi Kegiatan

Evaluasi dilakukan untuk mengukur keberhasilan kegiatan pengabdian berdasarkan dua aspek utama, yaitu aspek teknis dan aspek pemberdayaan mitra. Aspek teknis meliputi: a) keberhasilan sistem membaca parameter kelistrikan, b) kestabilan komunikasi data, c) keberhasilan penyimpanan data historis.

Sedangkan aspek pemberdayaan mitra meliputi: a) kemampuan pengguna dalam mengakses sistem monitoring, b) pemahaman terhadap informasi yang ditampilkan, c) serta kemampuan melakukan pemantauan kondisi PLTS secara mandiri. Secara umum, alur pelaksanaan kegiatan terdiri dari tiga fase yang diperluas pada enam tahap utama, yaitu identifikasi kebutuhan mitra, perancangan sistem, implementasi perangkat IoT, pengujian sistem, pelatihan pengguna, dan evaluasi hasil kegiatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

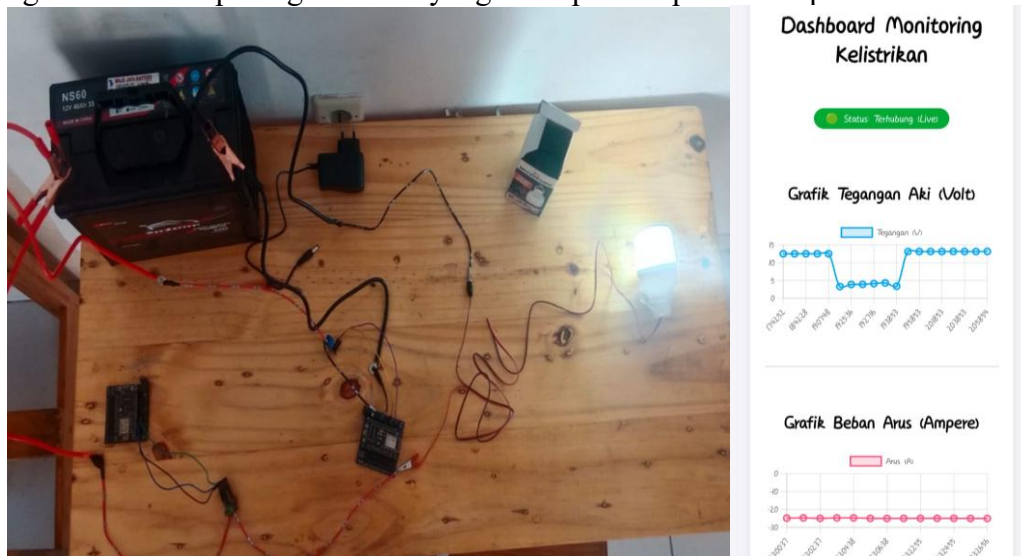
A. Kondisi Awal Mitra Sebelum Implementasi Sistem

Kegiatan pengabdian diawali dengan identifikasi kondisi eksisting sistem PLTS yang digunakan oleh Asosiasi Pena Ilmu Indonesia. Berdasarkan hasil observasi lapangan, mitra telah memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi alternatif untuk mendukung kebutuhan operasional, namun proses pemantauan kondisi sistem penyimpanan energi masih dilakukan secara manual. Metode pemantauan manual menyebabkan informasi mengenai kondisi tegangan baterai, arus pengisian, dan pola penggunaan energi tidak tersedia secara berkala. Pengelola harus melakukan pemeriksaan langsung terhadap perangkat untuk mengetahui kondisi baterai, sehingga proses deteksi terhadap penurunan kapasitas energi tidak dapat dilakukan secara optimal. Permasalahan tersebut menjadi dasar pelaksanaan kegiatan pengabdian melalui penerapan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem monitoring digital diperlukan untuk meningkatkan kemampuan pengguna dalam melakukan pengawasan terhadap kondisi energi secara kontinu dan berbasis data [14].

B. Implementasi Sistem Monitoring PLTS Berbasis IoT

Solusi yang diterapkan berupa sistem monitoring kelistrikan berbasis IoT yang mampu melakukan proses akuisisi data, transmisi, dan penyimpanan informasi secara otomatis. Sistem menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pusat pengolahan data yang terhubung dengan sensor tegangan dan sensor arus ACS758. Sensor tegangan digunakan untuk membaca perubahan nilai tegangan baterai melalui metode pembagi tegangan, sedangkan sensor ACS758 digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir pada sistem. Kombinasi kedua sensor tersebut memungkinkan sistem memperoleh informasi dasar mengenai kondisi operasional baterai, khususnya untuk mendukung analisis *State of Charge* (SoC).

Implementasi perangkat dilakukan dengan mengintegrasikan sistem monitoring pada rangkaian PLTS yang terdiri dari panel surya, MPPT, baterai, inverter, dan beban penerangan. Data hasil pembacaan sensor kemudian dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menggunakan protokol HTTP GET menuju basis data MySQL. Arsitektur sistem baik perangkat keras dan perangkat lunak yang diterapkan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Implementasi Sistem Monitoring PLTS Berbasis IoT Pada Asosiasi Pena Ilmu Indonesia

Gambar menunjukkan pemasangan perangkat monitoring yang terdiri dari NodeMCU ESP8266, sensor tegangan, sensor arus, dan koneksi sistem komunikasi data menuju server penyimpanan. Penerapan sistem berbasis IoT ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa integrasi mikrokontroler dengan jaringan internet mampu meningkatkan fleksibilitas pemantauan sistem energi karena pengguna dapat memperoleh informasi tanpa melakukan pemeriksaan langsung pada perangkat [15].

C. Hasil Pengujian Akuisisi dan Pengiriman Data

Setelah proses implementasi selesai, dilakukan pengujian untuk memastikan sistem dapat membaca parameter kelistrikan dan mengirimkan data menuju server secara stabil. Pengujian dilakukan dengan interval pengambilan data setiap 10 menit. Parameter yang diamati meliputi: a) nilai tegangan baterai, b) nilai arus sistem, c) waktu pengiriman data, d) keberhasilan penyimpanan data pada basis data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan proses akuisisi dan pengiriman data secara periodik sesuai rancangan. Data sensor berhasil diterima oleh server dan tersimpan secara otomatis pada tabel monitoring. Tabel 1 menunjukkan hasil evaluasi performa sistem monitoring.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Monitoring IoT

Parameter Pengujian	Hasil
Mikrokontroler	NodeMCU ESP8266
Sensor tegangan	Berfungsi membaca tegangan baterai
Sensor arus	Berfungsi membaca arus sistem
Metode komunikasi	Wi-Fi HTTP GET
Interval pengiriman data	10 menit
Database penyimpanan	MySQL
Keberhasilan transmisi data	100%
Gangguan bentrokan data	Tidak terjadi

Keberhasilan transmisi mencapai 100% menunjukkan bahwa konfigurasi komunikasi antara perangkat sensor, mikrokontroler, dan server berjalan dengan baik. Pemisahan identitas perangkat pengirim antara parameter tegangan dan arus juga membantu menjaga integritas data sehingga tidak terjadi tumpang tindih informasi pada basis data. Penggunaan komunikasi berbasis HTTP pada sistem monitoring energi merupakan pendekatan yang banyak digunakan karena memiliki mekanisme pertukaran data yang sederhana dan sesuai untuk perangkat IoT dengan sumber daya terbatas [16].

D. Analisis Data Monitoring Parameter Kelistrikan

Berdasarkan hasil pencatatan data, sistem mampu menunjukkan perubahan kondisi operasional baterai pada beberapa kondisi penggunaan energi. Pada kondisi awal, tegangan baterai berada dalam kondisi relatif stabil ketika sistem tidak menerima perubahan beban secara signifikan. Ketika terjadi penggunaan energi oleh beban penerangan, sistem mampu mendeteksi perubahan nilai tegangan sebagai indikator adanya proses pelepasan energi (*discharging*). Sebaliknya, pada kondisi pengisian energi dari panel surya, sistem mampu mendeteksi peningkatan tegangan baterai yang menunjukkan adanya proses pengisian (*charging*). Informasi tersebut memberikan gambaran kepada mitra mengenai perilaku sistem energi yang sebelumnya tidak dapat diketahui secara kontinu. Pemantauan kondisi baterai secara berkala merupakan salah satu aspek penting dalam menjaga umur penggunaan sistem penyimpanan energi. Data historis yang diperoleh dari sistem monitoring dapat digunakan sebagai dasar evaluasi pola penggunaan energi dan perencanaan pemeliharaan baterai.

E. Pelatihan dan Pendampingan Penggunaan Sistem

Selain implementasi perangkat keras, kegiatan pengabdian juga melaksanakan proses transfer teknologi kepada mitra. Kegiatan pelatihan dilakukan dengan memberikan pemahaman mengenai fungsi sistem monitoring, cara membaca parameter tegangan dan arus, serta penggunaan data hasil monitoring. Tim pengabdian memberikan pendampingan kepada mitra dalam memahami *dashboard* monitoring dan interpretasi data kondisi baterai PLTS. Hasil pendampingan menunjukkan bahwa mitra mampu memahami fungsi utama sistem monitoring dan dapat melakukan pengecekan kondisi PLTS tanpa harus melakukan pengukuran secara manual pada perangkat. Penerapan teknologi IoT pada kegiatan pengabdian tidak hanya menghasilkan perangkat fisik, tetapi juga meningkatkan kemampuan mitra dalam memanfaatkan teknologi digital untuk mendukung aktivitas operasional organisasi. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan mitra dalam mengelola sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) melalui penerapan teknologi Internet of Things (IoT), sehingga proses pemantauan kondisi sistem menjadi lebih efektif, efisien, dan mendukung pemanfaatan energi terbarukan secara berkelanjutan [17].



Gambar 2. Pelatihan Penggunaan Sistem Monitoring Kepada Pengelola Asosiasi Pena Ilmu Indonesia

F. Perubahan Kondisi Mitra Sebelum dan Sesudah Kegiatan

Keberhasilan kegiatan pengabdian dievaluasi berdasarkan perubahan kondisi mitra sebelum dan setelah implementasi sistem.

Tabel 2. Perubahan Kondisi Mitra Sebelum dan Sesudah Implementasi

Aspek Evaluasi	Sebelum Kegiatan	Setelah Kegiatan
Metode monitoring	Pemeriksaan manual	Monitoring otomatis berbasis IoT
Informasi tegangan dan arus	Tidak tersedia secara kontinu	Tersedia secara <i>real-time</i>
Penyimpanan data	Tidak terdokumentasi	Tersimpan pada <i>database</i>
Evaluasi kondisi baterai	Berdasarkan pengecekan langsung	Berdasarkan data historis
Kemampuan mitra	Terbatas pada pemeriksaan fisik	Mampu menggunakan sistem monitoring

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, implementasi sistem memberikan peningkatan kemampuan mitra dalam melakukan pengawasan energi terbarukan. Sistem yang sebelumnya bergantung pada pemeriksaan manual berubah menjadi sistem digital yang mampu menyediakan informasi secara otomatis.

G. Dampak Kegiatan terhadap Pengelolaan Energi Terbarukan

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian memberikan dampak positif terhadap pengelolaan PLTS pada Asosiasi Pena Ilmu Indonesia. Implementasi sistem monitoring berbasis IoT membantu mitra memperoleh informasi kondisi baterai secara lebih cepat,

akurat, dan terdokumentasi. Selain manfaat teknis, keberadaan data historis memberikan peluang pengembangan lebih lanjut untuk analisis efisiensi energi, prediksi kondisi baterai, dan penerapan sistem manajemen energi yang lebih cerdas. Integrasi IoT dalam sistem energi terbarukan terbukti menjadi pendekatan yang efektif untuk meningkatkan visibilitas dan pengendalian sistem energi skala kecil.

H. Pembahasan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menunjukkan bahwa penerapan sistem monitoring PLTS berbasis *Internet of Things* (IoT) mampu menjawab permasalahan utama yang dihadapi Asosiasi Pena Ilmu Indonesia, yaitu keterbatasan dalam melakukan pemantauan kondisi baterai secara manual. Sebelum kegiatan dilaksanakan, mitra hanya memperoleh informasi kondisi baterai melalui pemeriksaan langsung pada perangkat sehingga proses monitoring memerlukan waktu, tidak terdokumentasi secara sistematis, dan berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi penurunan performa baterai. Setelah implementasi sistem, parameter kelistrikan berupa tegangan dan arus dapat dipantau secara *real-time*, sedangkan data historis tersimpan secara otomatis pada basis data MySQL. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tujuan kegiatan, yaitu meningkatkan efektivitas pengelolaan sistem PLTS melalui digitalisasi monitoring, telah tercapai. Dari perspektif pengabdian kepada masyarakat, implementasi sistem ini tidak hanya memberikan manfaat dalam aspek teknis pemantauan PLTS, tetapi juga meningkatkan kapasitas Asosiasi Pena Ilmu Indonesia dalam mengelola sistem energi terbarukan secara mandiri serta mendorong pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) secara berkelanjutan [18].

Keberhasilan implementasi sistem didukung oleh integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang berjalan dengan baik. NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler mampu mengakuisisi data dari sensor tegangan dan sensor arus ACS758, kemudian mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi menggunakan protokol HTTP GET menuju basis data. Berdasarkan hasil pengujian, proses transmisi data berlangsung secara periodik setiap 10 menit dengan tingkat keberhasilan mencapai 100% tanpa terjadi bentrokan data. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat keandalan yang memadai untuk mendukung kegiatan operasional mitra dalam melakukan pemantauan kondisi PLTS secara berkelanjutan.

Hasil kegiatan ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa teknologi *Internet of Things* mampu meningkatkan efektivitas sistem monitoring energi melalui proses akuisisi data secara otomatis, penyimpanan data historis, serta penyajian informasi secara *real-time* [2]. Penggunaan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali sistem juga telah banyak diterapkan pada aplikasi monitoring energi karena memiliki kemampuan komunikasi nirkabel, konsumsi daya yang rendah, serta biaya implementasi yang relatif ekonomis [1]. Dengan demikian, penerapan teknologi yang dilakukan dalam kegiatan ini tidak hanya sesuai dengan perkembangan teknologi monitoring energi, tetapi juga relevan dengan kebutuhan operasional mitra. Selain implementasi teknologi, faktor lain yang mendukung keberhasilan program adalah adanya kegiatan pelatihan dan pendampingan kepada pengurus serta anggota Asosiasi Pena Ilmu Indonesia. Melalui kegiatan tersebut, mitra memperoleh pemahaman mengenai cara mengoperasikan sistem monitoring, membaca parameter kelistrikan, serta memanfaatkan data historis sebagai dasar evaluasi penggunaan energi. Pendekatan ini meningkatkan kemampuan mitra dalam mengelola sistem PLTS secara mandiri sehingga keberlanjutan program tidak hanya bergantung pada keberadaan perangkat, tetapi juga pada peningkatan kapasitas sumber daya manusia.

Meskipun demikian, selama pelaksanaan kegiatan masih ditemukan beberapa kendala, terutama terkait kestabilan koneksi jaringan Wi-Fi yang memengaruhi proses pengiriman data ketika kualitas sinyal menurun. Selain itu, pelatihan penggunaan sistem memerlukan waktu adaptasi karena sebagian peserta belum terbiasa menggunakan aplikasi monitoring berbasis web. Kendala tersebut dapat diatasi melalui pendampingan lanjutan, penyusunan panduan operasional, serta pemeliharaan berkala terhadap perangkat dan jaringan komunikasi agar sistem dapat beroperasi secara optimal.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan pengelolaan energi terbarukan pada Asosiasi Pena Ilmu Indonesia. Digitalisasi sistem monitoring memungkinkan proses pengawasan kondisi baterai dilakukan secara lebih cepat, akurat, dan terdokumentasi, sehingga mendukung pengambilan keputusan dalam pemeliharaan sistem PLTS. Selain meningkatkan efisiensi operasional, program ini juga memperkuat kapasitas mitra dalam memanfaatkan teknologi IoT sebagai bagian dari pengelolaan energi terbarukan yang efektif dan berkelanjutan. Dengan demikian, model implementasi yang diterapkan berpotensi direplikasi pada organisasi masyarakat atau lembaga lain yang memanfaatkan sistem PLTS sebagai sumber energi alternatif.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui penerapan digitalisasi sistem monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis *Internet of Things* (IoT) pada Asosiasi Pena Ilmu Indonesia telah berhasil mencapai tujuan kegiatan, yaitu meningkatkan efektivitas pengelolaan energi terbarukan melalui pemantauan kondisi sistem secara digital. Implementasi program mampu mengatasi permasalahan mitra yang sebelumnya masih melakukan pemantauan secara manual, sehingga proses monitoring menjadi lebih mudah, terstruktur, dan mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan sistem PLTS. Selain memberikan solusi teknologi, kegiatan ini juga meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mitra dalam mengoperasikan serta memanfaatkan sistem monitoring berbasis IoT secara mandiri, sehingga mendukung pengelolaan energi yang lebih efektif dan berkelanjutan. Untuk menjaga keberlanjutan program, diperlukan pendampingan dan pengembangan lebih lanjut, seperti penyempurnaan fitur visualisasi data, integrasi parameter pendukung, serta penerapan sistem pada mitra atau organisasi lain yang memanfaatkan energi terbarukan sehingga manfaat kegiatan dapat diperluas.

REFERENSI

- [1] T. Sutikno, H. S. Purnama, A. Pamungkas, A. Fadlil, I. M. Alsofyani, and M. H. Jopri, "Internet of things-based photovoltaics parameter monitoring system using NodeMCU ESP8266," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 11, no. 6, pp. 5578–5587, 2021. <http://doi.org/10.11591/ijece.v11i6.pp5578-5587>
- [2] Z. Kentji, S. Samsurizal, S. Azzahra, D. Listiawati, D. Dody, and K. T. Mauriraya, "Prediksi Degradasi Kesehatan Baterai Kendaraan Listrik Berbasis Machine Learning pada Pengisian Cepat DC", *Stains*, vol. 5, no. 1, pp. 1041–1047, Jan. 2026. <https://doi.org/10.29407/ays90r20>
- [3] L. Wibowo, R. Wahyusari, T. Yuwono, and A. Shofia, "IoT-based high-accuracy monitoring system for on-grid photovoltaic power system using NodeMCU ESP8266 and PZEM004T," *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, vol. 15, pp. 230–241, 2024. <https://doi.org/10.55981/j.mev.2024.823>

- [4] V. Gupta, M. Sharma, R. K. Pachauria, and K. N. D. Babu, "A Low-Cost Real-Time IoT Enabled Data Acquisition System for Monitoring of PV System," *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, vol. 43, no. 20, pp. 2529–2543, 2021. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1844351>
- [5] A. H. Ali et al., "Smart monitoring technique for solar cell systems using internet of things based on NodeMCU ESP8266 microcontroller," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 14, no. 2, pp. 2322–2329, 2024. <http://doi.org/10.11591/ijece.v14i2.pp2322-2329>
- [6] M. Mungkin, H. Satria, J. Yanti, G. B. A. Turnip, and Suwarno, "Perancangan Sistem Pemantauan Panel Surya Polycrystalline Menggunakan Teknologi Web Firebase Berbasis IoT," *INTECOMS*, vol. 3, no. 2, 2020. <https://doi.org/10.31539/intecom.v3i2.1861>
- [7] A. Hunaepi, A. Roihan, and M. Y. Romdoni, "Implementasi Webiot Sistem Absensi Face Dalam Antisipasi Bencana Alam", *PaKMas*, vol. 1, no. 2, pp. 56–61, Nov. 2021. <https://doi.org/10.54259/pakmas.v1i2.66>
- [8] V. M, V. D, M. T, G. K, S. Karthick and K. A, "IoT-Based Solar Power Monitoring System," *2026 12th International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, Melmaruvathur, India, 2026, pp. 547-552. <https://doi.org/10.1109/ICCSP68173.2026.11539564>
- [9] Z. Czaja, "A Low-Power Interface Circuit Based on a Voltage Divider and a Microcontroller for a Resistive Sensor," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 26, no. 3, pp. 4782-4793, 1 Feb.1, 2026. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2025.3644007>
- [10] S. Sugianto, J. Putra, T. Simanihuruk, and S. Miharja, "Evaluasi Efisiensi Energi dan Switching Otomatis pada Radio Tape 3V", *JMP*, vol. 14, no. 2, pp. 3542-3549, Jan. 2026. <https://doi.org/10.33395/jmp.v14i2.15851>
- [11] F. H. Maulana Herman, H. Aprillia and R. H. Saputra, "Design of Hybrid Charging Station for Electrical Vehicles with Web-Based Monitoring System and MySQL Database," *2025 International Conference on Power Engineering and Electrical Technology (PEET)*, Shiga, Japan, 2025, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/PEET65412.2025.11341284>
- [12] Roihan, A., Rafika, A.S., & Firmansyah, R., "PERANCANGAN SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS BERBASIS IOT DAN ENERGI SURYA DI LINGKUNGAN MADRASAH," *Masyarakat: Jurnal Pengabdian*, vol. 2, no. 3, pp. 331–338, 2025. <https://doi.org/10.58740/m-jp.v2i3.490>
- [13] G. Boubakr, F. Gu, L. Farhan, and A. Ball, "Enhancing Virtual Real-Time Monitoring of Photovoltaic Power Systems Based on the Internet of Things," *Electronics*, vol. 11, no. 15, pp. 2469, 2022. <https://doi.org/10.3390/electronics11152469>
- [14] M. Said, S. Fuady, and O. Saputra, "Desain dan implementasi sistem monitoring panel surya 1200 Wp berbasis data logger," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 218–223, 2022. <https://doi.org/10.37905/jjee.v4i2.14485>
- [15] C. A. Rizki, N. Khairuniza, and M. Habibah, "Implementasi sistem pemantauan daya listrik real-time berbasis ESP32 untuk optimasi energi," *Journal of Electrical and Electronics Research (JOEER)*, vol. 1, no. 2, pp. 71–77, May 2025. <https://doi.org/10.64803/joeer.v1i2.11>
- [16] M. T. Setiawan, I. Winarno, and B. Y. Dewantara, "Implementasi Internet of Things dalam rancang bangun sistem monitoring pada solar cell berbasis web," *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2021. <https://doi.org/10.33650/jeeecom.v3i1.1981>



- [17] Musa, H., Susanto, R., Lubis, S. K., & Pangestu, D., “BIMBINGAN EKSTRAKURIKULER PRAMUKA UNTUK SISWA BERKARAKTER DI SEKOLAH DASAR,” *Masyarakat: Jurnal Pengabdian*, vol. 1, no. 2, pp. 172–176. <https://doi.org/10.58740/m-jp.v1i2.269>
- [18] Suyanto, & Sulthoni, A., “PELATIHAN INOVASI TEKNOLOGI TEPAT GUNA: PENERAPAN SENSOR OTOMATIS DI LOKASI PANTAI PULAU MERAH,” *Masyarakat: Jurnal Pengabdian*, vol. 2, no. 2, pp. 216–227, 2024. <https://doi.org/10.58740/m-jp.v2i2.470>