



PENERAPAN SISTEM TENAGA SURYA BERBASIS IOT UNTUK PENINGKATAN AKSES ENERGI LISTRIK DI DESA SEPOK KELADI

The Implementation of an IoT-Based Solar Energy System for Enhancing Electricity Access in Sepok Keladi Village

Fitri Imansyah*, Ismail Yusuf, Purwoharjono

Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

Jl. Prof. Hadari Nawawi Pontianak

*Alamat Korespondensi : fitri.imansyah@ee.untan.ac.id

(Tanggal Submission: 4 Agustus 2025, Tanggal Accepted : 15 Agustus 2025)



Kata Kunci :

Tenaga Surya, Photovoltaic, Internet of Things (IoT), Energi Terbarukan, Daerah Terpencil, Pemberdayaan Masyarakat

Abstrak :

Akses terhadap energi listrik yang andal dan berkelanjutan masih menjadi tantangan bagi banyak wilayah terpencil di Indonesia, termasuk Desa Sepok Keladi di Kecamatan Sungai Kakap, Kabupaten Kubu Raya. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan akses energi listrik melalui penerapan sistem tenaga surya (Photovoltaic Power System) yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT). Metode pelaksanaan meliputi survei kebutuhan energi, perancangan dan instalasi sistem PV berbasis IoT, pelatihan teknis kepada masyarakat, serta evaluasi performa dan dampak sosial. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa sistem PV-IoT berhasil menyediakan energi listrik yang efisien dan dapat dipantau secara real-time, dengan efisiensi pemanfaatan mencapai 85%. Fitur IoT memungkinkan pemantauan parameter teknis seperti arus, tegangan, suhu, dan status baterai melalui dashboard berbasis web, sehingga meningkatkan keandalan dan keberlanjutan sistem. Pelatihan yang diberikan berhasil meningkatkan literasi energi masyarakat dan membentuk teknisi lokal yang mampu melakukan perawatan sistem secara mandiri. Program ini tidak hanya berdampak teknis, tetapi juga sosial dan ekonomi, seperti peningkatan waktu belajar anak, efisiensi biaya energi, dan penguatan kapasitas komunitas. Kegiatan ini mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya tujuan ke-7 dan ke-13. Penerapan teknologi PV berbasis IoT terbukti menjadi solusi efektif untuk elektrifikasi wilayah terpencil secara berkelanjutan.

Key word :

Solar Energy, Photovoltaic, Internet of Things (IoT), Renewable Energy, Remote Areas, Community Empowerment

Abstract :

Access to reliable and sustainable electricity remains a challenge for many remote areas in Indonesia, including Sepok Keladi Village in the Sungai Kakap Subdistrict, Kubu Raya Regency. This community service program aims to improve electricity access through the implementation of a solar power system (Photovoltaic Power System) integrated with Internet of Things (IoT) technology. The implementation methods included an energy needs survey, the design and installation of an IoT-based PV system, technical training for the local community, and an evaluation of system performance and social impact. The results indicate that the PV-IoT system successfully provides efficient electricity supply with real-time monitoring capabilities, achieving an energy utilization efficiency of 85%. The IoT features enable monitoring of technical parameters such as current, voltage, temperature, and battery status through a web-based dashboard, thereby enhancing the system's reliability and sustainability. The training sessions significantly improved community energy literacy and produced local technicians capable of independently maintaining the system. The program had not only technical impacts but also social and economic benefits, including increased study time for children, reduced energy costs, and strengthened community capacity. This initiative supports the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Goals 7 and 13. The implementation of IoT-based photovoltaic technology proves to be an effective and sustainable solution for electrifying remote areas.

Panduan sitasi / citation guidance (APPA 7th edition) :

Imansyah, F., Yusuf, I., & Purwoharjono, P. (2025). Penerapan Sistem Tenaga Surya Berbasis IoT untuk Peningkatan Akses Energi Listrik di Desa Sepok Keladi. *Jurnal Abdi Insani*, 12(8), 3783-3794. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v12i8.2814>

PENDAHULUAN

Ketersediaan energi listrik merupakan salah satu indikator utama dalam mengukur tingkat kesejahteraan dan pembangunan suatu wilayah. Di Indonesia, meskipun tingkat elektrifikasi nasional telah mencapai lebih dari 99%, namun masih terdapat desa-desa terpencil yang belum menikmati akses energi listrik secara optimal (Kementerian ESDM, 2023). Energi listrik merupakan kebutuhan dasar yang memengaruhi hampir seluruh aspek kehidupan manusia, mulai dari pendidikan, kesehatan, hingga produktivitas ekonomi. Di Indonesia, walaupun tingkat elektrifikasi nasional telah mencapai 99,63% pada tahun 2022, masih terdapat daerah terpencil yang belum sepenuhnya menikmati akses listrik secara memadai, terutama di wilayah luar Jawa seperti Kalimantan (Kementerian ESDM, 2023). Salah satu wilayah tersebut adalah Desa Sepok Keladi, yang terletak di Kecamatan Sungai Kakap, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Lokasi geografis desa ini yang terpencil dan sulit dijangkau menjadi tantangan tersendiri bagi distribusi energi berbasis jaringan PLN.

Pemanfaatan teknologi energi terbarukan menjadi solusi potensial bagi wilayah-wilayah dengan keterbatasan akses tersebut. Salah satu yang paling menjanjikan adalah sistem tenaga surya atau *Photovoltaic Power System*, yang dapat dikembangkan secara modular, hemat biaya operasional, dan ramah lingkungan (IEA, 2022). Energi matahari merupakan sumber daya yang melimpah di sebagian besar wilayah Indonesia, termasuk Kalimantan Barat, sehingga sangat cocok untuk diadopsi dalam skema elektrifikasi desa terpencil (Surya *et al.*, 2021). Sistem tenaga surya memiliki keunggulan seperti sumber energi yang melimpah, mudah diterapkan secara terdesentralisasi, serta rendah emisi



karbon (IEA, 2022). Beberapa studi juga menunjukkan bahwa implementasi sistem fotovoltaik skala kecil dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat desa dengan menyediakan akses listrik yang stabil dan berkelanjutan (Putri *et al.*, 2021).

Program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk menerapkan dan mengedukasi masyarakat Desa Sepok Keladi mengenai teknologi sistem tenaga surya, sekaligus menyediakan akses listrik untuk kebutuhan dasar seperti penerangan, pengisian daya, dan peralatan elektronik sederhana. Selain aspek teknis, kegiatan ini juga menekankan aspek sosial dan pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan pengoperasian dan pemeliharaan sistem PV, sehingga keberlanjutan proyek dapat dijaga dalam jangka panjang. Melalui penerapan sistem tenaga surya ini, diharapkan Desa Sepok Keladi dapat menjadi contoh model penerapan teknologi energi terbarukan di wilayah terpencil, sekaligus mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB/SDGs), khususnya tujuan ke-7: Energi Bersih dan Terjangkau (*Affordable and Clean Energy*), serta tujuan ke-13: Penanganan Perubahan Iklim (*Climate Action*) (UNDP, 2021).

Akses terhadap energi listrik yang andal dan berkelanjutan merupakan pilar penting dalam pembangunan ekonomi, pendidikan, dan kesejahteraan masyarakat. Namun, di Indonesia, khususnya pada wilayah terpencil dan kepulauan, tantangan terhadap elektrifikasi masih menjadi persoalan krusial. Berdasarkan data Kementerian ESDM (2023), masih terdapat desa-desa di wilayah Kalimantan Barat yang belum menikmati listrik secara optimal akibat keterbatasan infrastruktur distribusi dan lokasi geografis yang sulit dijangkau.

Desa Sepok Keladi di Kecamatan Sungai Kakap, Kabupaten Kubu Raya merupakan contoh wilayah yang menghadapi keterbatasan tersebut. Masyarakat di daerah ini masih bergantung pada sumber energi tidak berkelanjutan seperti genset berbahan bakar fosil, yang berbiaya tinggi dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu solusi yang potensial dan berkelanjutan untuk mengatasi tantangan ini adalah penerapan sistem tenaga surya (*Photovoltaic Power System*).

Pemanfaatan energi surya sangat relevan untuk daerah tropis seperti Indonesia, yang memiliki intensitas radiasi matahari tinggi sepanjang tahun (IEA, 2022). Selain itu, kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT) kini memungkinkan sistem tenaga surya untuk dimonitor dan dikendalikan secara real-time, sehingga meningkatkan efisiensi, keamanan, dan efektivitas pengelolaan energi secara jarak jauh (Hasan *et al.*, 2021). Sistem PV berbasis IoT memungkinkan pendeteksian dini terhadap gangguan teknis, pemantauan penggunaan energi, hingga optimalisasi kinerja baterai dan inverter melalui sistem berbasis data (Handarly & J. Lianda, (2018). Melalui kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, tim akan mengimplementasikan sistem tenaga surya berbasis IoT di Desa Sepok Keladi, sekaligus memberikan pelatihan teknis kepada masyarakat lokal mengenai pemanfaatan dan pemeliharannya.

Tujuan dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah:

1. Menerapkan sistem tenaga surya (*Photovoltaic Power System*) sebagai solusi akses energi listrik di Desa Sepok Keladi.
2. Memberikan pelatihan teknis kepada masyarakat mengenai pengoperasian dan perawatan sistem tenaga surya.
3. Meningkatkan kesadaran dan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya penggunaan energi terbarukan secara berkelanjutan.
4. Menerapkan sistem tenaga surya berbasis IoT sebagai solusi elektrifikasi untuk Desa Sepok Keladi.
5. Memberikan edukasi dan pelatihan kepada masyarakat tentang cara kerja, pemanfaatan, serta pemeliharaan sistem PV berbasis IoT.
6. Mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam pengelolaan energi mandiri dan meningkatkan kesadaran terhadap pentingnya penggunaan energi bersih.

METODE KEGIATAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dengan pendekatan partisipatif dan teknologi tepat guna, yang melibatkan masyarakat lokal dalam setiap tahapan pelaksanaan. Kegiatan ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2023, yang diikuti oleh masyarakat di desa Sepok Keladi sebanyak 20 orang. Metode yang digunakan meliputi (1) survei lapangan dan identifikasi kebutuhan, (2) perancangan dan instalasi sistem tenaga surya berbasis IoT, (3) pelatihan dan pendampingan masyarakat, serta (4) evaluasi dan monitoring keberlanjutan sistem. Berikut adalah uraian setiap tahapan:

1. Survei Lapangan dan Identifikasi Kebutuhan Energi

Kegiatan diawali dengan survei lokasi di Desa Sepok Keladi untuk mengidentifikasi kebutuhan energi listrik masyarakat, kondisi geografis, serta potensi energi matahari setempat. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, wawancara dengan tokoh masyarakat dan kepala dusun, serta pengukuran parameter teknis seperti intensitas radiasi matahari dan potensi lokasi pemasangan panel surya (Surya *et al.*, 2021). Survei juga mencakup pemetaan kebutuhan daya harian rumah tangga atau fasilitas umum (sekolah, posyandu).



Gambar 1. Pengantaran Perangkat *Photovoltaic Power System* Ke Desa Sepok Keladi

2. Perancangan dan Instalasi Sistem Tenaga Surya Berbasis IoT

Setelah data kebutuhan energi terkumpul, dilakukan perancangan sistem tenaga surya (PV) *off-grid* yang dilengkapi dengan perangkat pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT). Komponen utama yang digunakan meliputi panel surya, charge controller, baterai lithium, inverter, serta perangkat mikrokontroler (misalnya ESP32 atau Arduino) yang terintegrasi dengan sensor dan modul komunikasi (Wi-Fi/GSM) untuk pemantauan jarak jauh (Haryanto, dkk. (2024). Sistem IoT ini memungkinkan visualisasi konsumsi energi, status pengisian daya baterai, dan notifikasi gangguan secara real-time melalui dashboard berbasis web atau aplikasi seluler (Hasan *et al.*, 2021). Instalasi sistem dilakukan bersama tim teknis dan melibatkan warga lokal sebagai (Bapak Musa dan warga) bagian dari proses transfer teknologi. Seluruh perangkat diuji terlebih dahulu di laboratorium konversi energi sebelum diterapkan di lapangan.



Gambar 2. Proses instalasi Sistem Tenaga Surya Berbasis IoT

3. Pelatihan dan Pemberdayaan Masyarakat

Setelah sistem diinstal, dilakukan pelatihan teknis kepada masyarakat mengenai cara mengoperasikan dan memelihara sistem tenaga surya berbasis IoT. Pelatihan ini diberikan secara langsung kepada perwakilan warga (operator lokal), dengan materi mencakup:

- Prinsip kerja sistem PV dan perangkat IoT
- Pemantauan sistem melalui dashboard IoT
- Perawatan dasar dan troubleshooting
- Praktik hemat energi dan keberlanjutan

Pelatihan dikemas dalam bentuk edukasi berbasis praktik agar mudah dipahami dan diterapkan oleh masyarakat dengan latar belakang pendidikan yang beragam (Kurniawan *et al.*, 2020).

4. Monitoring dan Evaluasi Sistem

Setelah implementasi, dilakukan kegiatan pemantauan kinerja sistem secara berkala melalui antarmuka IoT yang telah terpasang (M. S. Radhitya. (2021). Data dikumpulkan dan dianalisis untuk mengevaluasi stabilitas sistem, efektivitas penggunaan energi, dan respons masyarakat. Evaluasi juga mencakup pengukuran dampak sosial-ekonomi awal dari ketersediaan listrik terhadap aktivitas masyarakat, seperti peningkatan jam belajar malam, kegiatan ekonomi, dan kenyamanan rumah tangga (IEA, 2022).

Hasil monitoring digunakan untuk perbaikan sistem teknis dan sebagai dasar untuk pengembangan proyek serupa di wilayah lain. Evaluasi keberlanjutan juga mempertimbangkan aspek lokal seperti kesiapan SDM, kondisi cuaca, dan dukungan pemerintah desa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menghasilkan beberapa capaian yang signifikan, baik dari sisi teknis maupun sosial. Hasil tersebut diperoleh setelah seluruh tahapan kegiatan dilaksanakan mulai dari survei kebutuhan energi, perancangan sistem, instalasi perangkat, pelatihan masyarakat, hingga evaluasi awal terhadap dampaknya.

1. Pemetaan Kebutuhan Energi dan Potensi Lokasi

Hasil survei lapangan menunjukkan bahwa masyarakat Desa Sepok Keladi belum mendapatkan pasokan listrik dari jaringan PLN secara merata. Sebagian besar rumah tangga masih menggunakan genset berbahan bakar minyak dengan biaya operasional yang tinggi. Rata-rata kebutuhan energi listrik harian rumah tangga berkisar antara 300–500 Wh, terutama untuk penerangan, pengisian daya perangkat elektronik, dan kipas angin.

Lokasi desa yang memiliki intensitas radiasi matahari antara 4,5–5,0 kWh/m²/hari (berdasarkan pengukuran dan data satelit cuaca lokal) sangat mendukung pemanfaatan energi surya (IEA, 2022). Titik-titik strategis untuk pemasangan panel surya berhasil diidentifikasi di sekitar rumah-rumah warga dan fasilitas umum seperti balai desa dan mushola.

2. Instalasi Sistem PV Berbasis IoT

Tim berhasil melakukan instalasi sistem tenaga surya off-grid berkapasitas 1000 Wp untuk dapat dibagi ke masing-masing unit rumah penerima bantuan.

Sistem ini memungkinkan pemantauan secara real-time terhadap konsumsi daya, status baterai, efisiensi panel surya, serta mengirimkan notifikasi jika terjadi anomali seperti kelebihan beban atau suhu baterai tinggi. Visualisasi data energi ditampilkan melalui dashboard berbasis web yang dapat diakses oleh operator desa dan tim pemantau kampus (Hasan *et al.*, 2021).

A. Pemasangan Sistem Tenaga Surya Fotovoltaik Berbasis IoT

Pemasangan sistem tenaga surya fotovoltaik berbasis IoT melibatkan beberapa tahap yang cukup kompleks, namun secara umum dapat dibagi menjadi beberapa langkah utama sebagai berikut:

1. Perencanaan dan Desain Sistem

- Analisis kebutuhan: Menentukan kebutuhan energi listrik, seperti jumlah peralatan yang akan dialiri listrik dan daya yang dibutuhkan.
- Perhitungan kapasitas: Menghitung kapasitas panel surya, baterai, dan inverter yang diperlukan berdasarkan kebutuhan energi.
- Pemilihan komponen: Memilih komponen yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan anggaran, seperti jenis panel surya, inverter, baterai, dan modul IoT.
- Desain tata letak: Membuat desain tata letak panel surya yang optimal, mempertimbangkan faktor seperti kemiringan atap, arah hadap, dan shading.

2. Pemasangan Fisik

- Pemasangan panel surya:
 - Memasang rangka panel surya pada atap atau struktur yang telah disiapkan.
 - Memasang panel surya pada rangka dengan aman dan memastikan koneksi listrik yang baik.
- Pemasangan inverter:
 - Memasang inverter di lokasi yang mudah dijangkau dan memiliki ventilasi yang baik.
 - Menghubungkan inverter dengan panel surya dan baterai.
- Pemasangan baterai:
 - Memasang baterai di tempat yang kering dan aman.
 - Menghubungkan baterai dengan inverter dan controller.
- Pemasangan modul IoT:
 - Memasang modul IoT pada inverter atau pada titik koneksi yang strategis.
 - Mengkonfigurasi modul IoT untuk terhubung ke jaringan internet.

3. Koneksi Listrik

- Koneksi panel surya ke controller: Menghubungkan kabel dari panel surya ke controller sesuai dengan diagram rangkaian.
- Koneksi controller ke inverter: Menghubungkan controller ke inverter sesuai dengan petunjuk pabrik.
- Koneksi inverter ke beban: Menghubungkan inverter ke beban (peralatan listrik) melalui kabel AC.
- Koneksi modul IoT ke jaringan: Menghubungkan modul IoT ke jaringan internet melalui Wi-Fi atau Ethernet.

4. Konfigurasi Sistem

- Pengaturan inverter: Mengatur parameter inverter seperti tegangan, frekuensi, dan mode operasi.
- Pengaturan modul IoT: Mengkonfigurasi modul IoT untuk mengumpulkan data dari sistem dan mengirimkan data ke platform IoT.
- Pengaturan platform IoT: Membuat akun pada platform IoT dan mengkonfigurasi dashboard untuk menampilkan data dari sistem.

5. Pengujian dan Perawatan

- Pengujian sistem: Melakukan pengujian menyeluruh untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik.
- Kalibrasi sensor: Kalibrasi sensor yang digunakan untuk mengukur parameter sistem.
- Perawatan rutin: Melakukan perawatan rutin seperti membersihkan panel surya, memeriksa koneksi, dan mengganti komponen yang rusak.

B. Skema PV Sistem Berbasis IoT



Gambar 3. Skema PV Sistem Berbasis IOT

Gambar 3 merupakan sebuah sistem tenaga surya hibrida yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT). Sistem ini dirancang untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, serta memungkinkan pemantauan dan kontrol jarak jauh melalui modul Wi-Fi.

Komponen Utama:



1. Panel Surya:
 - Mengubah energi matahari menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC).
 - Jumlah panel yang digunakan akan menentukan kapasitas daya yang dihasilkan.
2. Pengontrol (*Controller*):
 - Mengatur pengisian baterai agar tidak terjadi overcharging atau deep discharging.
 - Melindungi baterai dari kerusakan akibat beban berlebih atau tegangan yang tidak stabil.
3. Inverter:
 - Mengubah arus DC dari panel surya dan baterai menjadi arus AC yang dapat digunakan oleh peralatan listrik rumah tangga.
 - Model inverter yang digunakan dalam diagram (EPEVER UP3000-M6322) menunjukkan bahwa inverter ini memiliki kemampuan untuk menggabungkan energi dari panel surya dan baterai, serta memiliki fitur-fitur canggih seperti pemantauan dan kontrol melalui aplikasi.
4. Baterai:
 - Menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya untuk digunakan saat tidak ada sinar matahari.
 - Membantu menstabilkan tegangan output inverter.
5. Modul Wi-Fi:
 - Mengirimkan data dari sistem ke platform IoT atau aplikasi smartphone.
 - Data yang dikirimkan dapat berupa tegangan baterai, daya yang dihasilkan, konsumsi daya beban, dan lainnya.
 - Memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol sistem dari jarak jauh.
6. Beban:
 - Peralatan listrik yang menggunakan energi yang dihasilkan oleh sistem, seperti lampu, kulkas, atau peralatan elektronik lainnya.

Cara Kerja Sistem

1. Panel Surya menyerap sinar matahari dan menghasilkan arus DC.
2. Arus DC dari panel surya masuk ke pengontrol. Pengontrol akan mengatur arus tersebut untuk mengisi baterai dengan efisien (Situmeang, syailendra, & Haryudo, S. (2024).
3. Inverter akan mengambil arus DC dari panel surya dan baterai, kemudian mengubahnya menjadi arus AC.
4. Arus AC yang dihasilkan inverter digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban.
5. Modul Wi-Fi akan mengirimkan data tentang kondisi sistem (misalnya, tegangan baterai, daya yang dihasilkan) ke *platform IoT* atau aplikasi *smartphone*.

C. Hasil Penerapan IoT

NO	TIME	VOLTAGE (Vdc)	CURRENT (A)	OUTPUT POWER (W)
1	09.00	31,85	20,01	241,12
2	10.00	31,22	23,12	281,13
3	11.00	30,47	24,50	299,88
4	12.00	29,77	24,49	306,61
5	13.00	33,81	12,2	144,57
6	14.00	25,75	20,32	250,34
7	15.00	27,20	3,64	42,40
Average		30,01	18,32	223,72



Gambar 4. Hasil Pengukuran Dalam Penerapan IoT

Gambar 4 menunjukkan data kinerja pada rentang waktu pukul 09.00 hingga 15.00 wib. Grafik yang disajikan memberikan visualisasi: Sumbu X mewakili waktu, sedangkan sumbu Y mewakili nilai dari tegangan, arus, dan daya.

Analisis Data Hasil Pengukuran:

- Tegangan: Tegangan secara umum cenderung fluktuatif sepanjang hari, dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari. Terlihat adanya penurunan tegangan pada siang hari sekitar pukul 13.00, yang mungkin disebabkan oleh cuaca mendung atau faktor lingkungan lainnya.
- Arus: Arus juga menunjukkan fluktuasi yang serupa dengan tegangan. Nilai arus tertinggi terjadi sekitar pukul 12.00, yang menunjukkan bahwa panel surya menghasilkan arus listrik paling banyak pada waktu tersebut.
- Daya: Daya listrik adalah hasil perkalian antara tegangan dan arus. Grafik daya menunjukkan pola yang mirip dengan tegangan dan arus, dengan puncak daya terjadi sekitar pukul 12.00.

Dari data yang disajikan, dapat disimpulkan bahwa kinerja sistem tenaga surya dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari (Sari, L. O., dkk. (2024). Produksi listrik maksimum terjadi pada saat intensitas sinar matahari mencapai puncaknya, yaitu sekitar pukul 12.00. Fluktuasi pada tegangan, arus, dan daya menunjukkan bahwa produksi listrik dari sistem tenaga surya sangat bergantung pada kondisi cuaca.

3. Peningkatan Literasi Energi dan Pelatihan Pemeliharaan

Kegiatan pelatihan diikuti oleh 20 orang warga perwakilan rumah tangga penerima sistem, termasuk tokoh pemuda dan aparat desa. Materi pelatihan meliputi:

- Prinsip kerja sistem tenaga surya
- Penggunaan dan interpretasi dashboard pemantauan IoT
- Praktik perawatan panel, pengecekan koneksi, dan identifikasi gangguan dasar

Evaluasi pasca-pelatihan menunjukkan peningkatan pemahaman teknis sebesar 70% berdasarkan pre-test dan post-test sederhana yang diberikan. Partisipasi aktif masyarakat sangat tinggi, dan beberapa warga menunjukkan minat menjadi teknisi lokal sistem PV.

4. Dampak Awal terhadap Akses Energi dan Kualitas Hidup

Setelah satu bulan operasional, sistem menunjukkan performa stabil dengan tingkat pemanfaatan energi rata-rata 85% dari total daya yang dihasilkan harian. Masyarakat mengonfirmasi bahwa kini mereka dapat menikmati penerangan hingga 6–8 jam per malam, serta menghemat biaya bahan bakar genset hingga Rp300.000–Rp500.000 per bulan. Kegiatan belajar malam hari di rumah tangga dengan anak usia sekolah meningkat. Selain itu, warga mulai menggunakan perangkat komunikasi (HP) secara lebih konsisten karena kemudahan pengisian daya. Hal ini mendukung transformasi sosial berbasis teknologi di komunitas pedesaan (Surya *et al.*, 2021).

Tabel 1. Ringkasan Capaian Teknis dan Sosial

Komponen	Hasil
Jumlah sistem PV terpasang	10 unit rumah tangga
Kapasitas total energi terpasang	1.000 Wp (1 kWp)
Fitur IoT	Pemantauan real-time arus, tegangan, suhu, notifikasi kegagalan
Partisipasi pelatihan	20 orang warga lokal
Efisiensi pemanfaatan energi	85% rata-rata pemakaian terhadap total produksi harian

Komponen	Hasil
Pengurangan biaya operasional	Rp300.000–Rp500.000 per bulan/rumah tangga
Dampak sosial	Peningkatan waktu belajar malam, komunikasi, dan kenyamanan rumah

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa penerapan sistem tenaga surya berbasis *Internet of Things* (IoT) di Desa Sepok Keladi memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan akses energi listrik dan pemberdayaan masyarakat. Secara umum, keberhasilan kegiatan ini dapat dianalisis melalui tiga aspek utama, yaitu: efektivitas teknis sistem PV-IoT, pemberdayaan masyarakat, dan kontribusi terhadap keberlanjutan energi desa terpencil.

1. Efektivitas Teknis Sistem PV Berbasis IoT

Sistem tenaga surya yang diinstal telah bekerja secara optimal dalam memenuhi kebutuhan dasar energi listrik rumah tangga. Rata-rata efisiensi pemanfaatan energi mencapai 85% dari kapasitas sistem, yang menunjukkan perencanaan daya dan konfigurasi sistem sesuai dengan kebutuhan harian masyarakat. Hal ini sejalan dengan temuan Hasan et al. (2021), yang menyatakan bahwa sistem PV berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi operasional dan keamanan sistem melalui pemantauan secara *real-time*. Keterkaitan antara sistem fotovoltaik dan IoT sangat penting dalam menciptakan solusi energi yang berkelanjutan dan efisien. Dengan mengintegrasikan teknologi IoT ke dalam sistem fotovoltaik, pengguna dapat memantau dan mengelola produksi energi secara *real-time*, mengoptimalkan penggunaan energi, dan memprediksi performa sistem berdasarkan data yang dikumpulkan (Fachri, dkk. (2015). Misalnya, sistem pemantauan berbasis IoT dapat memberikan informasi tentang kinerja panel surya, mendeteksi kerusakan, dan melakukan analisis tren untuk meningkatkan efisiensi (World Economic Forum, 2021).

Fitur IoT memungkinkan deteksi dini terhadap potensi gangguan teknis seperti *overvoltage*, suhu baterai yang meningkat, atau penurunan performa panel akibat kondisi cuaca. Data ini sangat penting untuk perawatan preventif dan menjaga keberlangsungan sistem tanpa harus bergantung pada teknisi eksternal (Tushar et al., 2021) (Muhammad Aslam, dkk. (2023). Visualisasi data melalui *dashboard web* memberikan kemudahan akses informasi bagi masyarakat dan tim monitoring perguruan tinggi.

2. Pemberdayaan dan Literasi Teknologi Masyarakat

Kegiatan pelatihan teknis yang dilakukan menunjukkan hasil positif dalam peningkatan pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam mengelola sistem energi terbarukan. Peningkatan pemahaman sebesar 70% dari pre-test ke post-test mencerminkan keberhasilan pendekatan edukatif berbasis praktik langsung. Temuan ini konsisten dengan Kurniawan et al. (2020) yang menyatakan bahwa keberhasilan implementasi teknologi tepat guna sangat ditentukan oleh proses transfer pengetahuan dan partisipasi aktif masyarakat lokal.

Partisipasi warga, terutama generasi muda, dalam memahami sistem energi dan pemantauan IoT menciptakan peluang terbentuknya teknisi desa mandiri. Ini menjadi dasar pembentukan model *desa mandiri energi*, di mana keberlanjutan tidak hanya bergantung pada bantuan eksternal, tetapi juga pada kapasitas internal masyarakat.

3. Kontribusi terhadap Pembangunan Berkelanjutan

Program ini memberikan kontribusi nyata terhadap pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB/SDGs), terutama tujuan ke-7 (Energi Bersih dan Terjangkau) dan ke-13 (Penanganan Perubahan Iklim) (UNDP, 2021). Dengan beralih dari genset berbahan bakar fosil ke sistem PV, masyarakat tidak hanya menghemat biaya operasional, tetapi juga mengurangi emisi

karbon lokal. Setiap rumah tangga yang beralih dari genset ke PV diperkirakan mengurangi sekitar 100–150 kg emisi CO₂ per bulan (IEA, 2022).

Secara sosial, akses energi juga meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Penerangan yang tersedia hingga 6–8 jam per malam berdampak langsung pada aktivitas belajar anak-anak, interaksi sosial, dan produktivitas rumah tangga. Ketersediaan daya untuk mengisi perangkat komunikasi juga meningkatkan konektivitas dan akses informasi.

Sintesis Pembelajaran

Keberhasilan kegiatan ini menegaskan bahwa integrasi teknologi energi terbarukan dengan solusi digital berbasis IoT adalah pendekatan efektif dalam elektrifikasi daerah terpencil. Keterlibatan masyarakat sejak awal proses (dari survei hingga pelatihan) menjadi faktor kunci keberhasilan. Namun demikian, keberlanjutan sistem masih perlu dijaga melalui:

- Penyusunan skema operasional dan pemeliharaan jangka panjang
- Pelibatan pemerintah desa dalam pendanaan atau replikasi
- Dukungan lanjutan dari perguruan tinggi dalam pemantauan teknis

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini memberikan manfaat sebagai berikut:

- Bagi masyarakat Desa Sepok Keladi: Tersedianya akses listrik yang lebih andal dan berkelanjutan, serta peningkatan kapasitas teknis dan kesadaran akan energi terbarukan. Selain itu adalah Mendapat akses energi listrik yang lebih stabil dan berkelanjutan, meningkatkan literasi teknologi dan energi terbarukan serta memberikan peluang produktivitas ekonomi malam hari (misalnya: UMKM, pendidikan, komunikasi digital).
- Bagi institusi pelaksana (perguruan tinggi/dosen/mahasiswa): Sarana penerapan keilmuan dan teknologi tepat guna dalam konteks nyata, serta mendorong kolaborasi dalam meningkatkan kualitas kerja sama antara akademisi dan masyarakat.
- Bagi pemerintah daerah dan nasional: Dukungan terhadap program elektrifikasi dan pengurangan emisi karbon dalam rangka pencapaian target SDGs di sektor energi, serta memberikan model replikasi elektrifikasi berbasis teknologi untuk wilayah lain yang serupa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, khususnya masyarakat Desa Sepok Keladi atas partisipasi aktif dan kerja samanya, pihak pemerintah desa, serta seluruh tim pelaksana dari perguruan tinggi. Dukungan dan kolaborasi yang diberikan telah memungkinkan terwujudnya sistem tenaga surya berbasis IoT yang bermanfaat bagi peningkatan akses energi, pemberdayaan masyarakat, dan keberlanjutan lingkungan..

DAFTAR PUSTAKA

- Effendy, M. A. R., & Rimbawati. (2023). Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya Berbasis Iot Menggunakan Arduino Uno Pada PLTS Pematang Johar, *Jurnal Ilmu Teknik*, 1(1), 32-39.
- Fachri., Rizal, M., Sara, I. D., & Away, Y (2015). Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino Secara Real Time. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 11(4), 123-131. <https://doi.org/10.17529/jre.v11i3.2356>.
- Handarly & J. Lianda, (2018). Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Thing). *JEECAE Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng.*, 3(2), 205–208. <https://doi:10.32486/jeecae.v3i2.241>.
- Haryanto., Khairurrizal, F., Purnamasari, D. N., Ulum, M, & Damayanti, F. (2024). Smart Monitoring Sistem Panel Surya Berbasis Internet Of Things (IoT), *CYCLOTRON : Jurnal Teknik Elektro*, 7(1), 67-70.



- Hasan, M., Nordin, R., Hassan, W. H., & Ahmad, N. (2021). Smart Solar Energy Systems Using IoT: A Review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 45, 101133. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101133>
- International Energy Agency. (2022). *Renewables 2022: Analysis and forecast to 2027*. <https://www.iea.org/reports/renewables-2022>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2023). *Statistik Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2022*. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- Kurniawan, D., Setiawan, A. Y., & Suryanto, H. (2020). Edukasi Penggunaan Energi Terbarukan untuk Masyarakat Desa: Pendekatan Partisipatif. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknologi*, 4(1), 35–42.
- Putri, D. A., Yuliana, S., & Hidayat, T. (2021). Penerapan sistem panel surya di daerah terpencil: Studi kasus di Pulau Seram. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 10(2), 112–121.
- Radhitya, M. S. (2021). Monitoring Konsumsi Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet of Things Terintegrasi dengan Virtual Private Server Household Electricity Consumption Monitoring Based Internet of Things Integration with Virtual Private, *Jurnal Bumigora Information Technology (BITE)*, 3(1), 28-37. doi: 10.30812/bitev3i1.1326.
- 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: Electric Current Monitoring System Based on IoT (Internet of Things) On Solar Panel In Solar Electric Power Plant (PLTS) Laboratory of UIN Suska Riau. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(1), 205-211. <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i1.1033>
- Situmeang, syailendra, & Haryudo, S. (2024). PLTS On-Grid Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Telegram Sebagai Interface Monitoring. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(18), 970-981. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13987351>
- Surya, M. H., Lestari, W. P., & Anwar, T. (2021). Implementasi sistem tenaga surya untuk pemberdayaan masyarakat desa terpencil di Kalimantan Barat. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, 10(1), 55–63.
- Tushar, W., Yuen, C., Mohsenian-Rad, H., Saha, T. K., Poor, H. V., & Wood, K. L. (2021). Transforming Energy Networks via Peer-to-Peer Energy Trading: The Potential of IoT-Enabled Transactive Energy Systems. *IEEE Signal Processing Magazine*, 38(6), 64–80. <https://doi.org/10.1109/MSP.2021.3104950>
- United Nations Development Programme. (2021). *Sustainable Development Goals (SDGs)*. <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
- World Economic Forum. (2021). *The Future of Energy: The Role of IoT*.