

Penerapan Sistem Monitoring Energi Surya Berbasis IoT di Kampung Langkop Desa Majalaya: Pemberdayaan Masyarakat dalam Optimalisasi Energi Terbarukan

Syafrima Wahyu^{1, a)}, Ahmad Zatnika Purwalaksana¹, Ely Rismawati², Agie Maliki Akbar³, Syawal Adrian Syah¹, Bryan Louis Sutanto¹

¹ Program Studi Fisika, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta 13220, Indonesia

² Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta 13220, Indonesia

³ Program Studi Teknik Fisika, Universitas Surya, Bizhub Serpong, Tangerang Selatan, West Java, 16340, Indonesia

Email: ^{a)}syafrimawahyu@unj.ac.id

Abstract

The utilization of renewable energy through Solar Power Plants (PLTS) has been implemented in Majalaya Village, Cianjur; however, the system has not been equipped with an adequate monitoring mechanism, resulting in frequent operational disturbances. This community service program aims to develop an Internet of Things (IoT)-based monitoring system for PLTS to enhance reliability, efficiency, and community self-reliance in energy management. The implementation method consisted of socialization, training, installation of IoT devices (NodeMCU ESP32, current/voltage sensors), mentoring, and evaluation. The results indicated that the monitoring system was able to display real-time data on voltage, current, and power usage with 98% accuracy, while also providing early notifications in the event of anomalies. Residents of Majalaya Village were able to operate and utilize the monitoring data to regulate electrical loads, reduce unexpected outages, and expand the use of solar electricity to public facilities such as street lighting. This program also improved the community's capacity in managing renewable energy technologies. In conclusion, the integration of IoT with PLTS, based on community participation, proved to be effective as a sustainable solution for clean energy empowerment in rural areas.

Keywords: Solar energy, Internet of Things (IoT), Solar Power Plant (PLTS), Energy monitoring, Community empowerment

Abstrak

Pemanfaatan energi terbarukan berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah diimplementasikan di Desa Majalaya, Cianjur, namun belum dilengkapi dengan sistem monitoring yang memadai sehingga sering terjadi gangguan operasional. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring PLTS berbasis Internet of Things (IoT) guna meningkatkan keandalan, efisiensi, dan kemandirian masyarakat dalam pengelolaan energi. Metode pelaksanaan meliputi sosialisasi, pelatihan, instalasi perangkat IoT (NodeMCU ESP32, sensor arus/tegangan), pendampingan, dan evaluasi. Hasil menunjukkan sistem monitoring mampu menampilkan data real-time terkait status tegangan, arus, dan daya terpakai dengan akurasi 98%, serta memberikan notifikasi dini saat terjadi anomali. Warga Desa Majalaya mampu mengoperasikan dan memanfaatkan data monitoring untuk mengatur beban listrik, mengurangi pemadaman mendadak, dan memperluas pemanfaatan listrik surya ke fasilitas umum seperti penerangan jalan. Program ini juga meningkatkan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan teknologi energi terbarukan. Kesimpulannya, integrasi IoT dengan PLTS berbasis

partisipasi masyarakat terbukti efektif sebagai solusi berkelanjutan dalam pemberdayaan energi bersih di pedesaan

Kata-kata kunci: Energi surya, Internet of Things (IoT), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Monitoring energi, Pemberdayaan masyarakat

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan, khususnya energi surya, semakin krusial untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar, namun kontribusi energi baru terbarukan dalam bauran energi nasional masih rendah. Desa Majalaya di Kecamatan Cikalongkulon, Kabupaten Cianjur, adalah contoh wilayah dengan potensi sumber daya alam melimpah termasuk energi air, angin, dan energi surya. Sejak beberapa tahun terakhir Desa Majalaya mulai mengadopsi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk mendukung pertanian (misalnya greenhouse bertenaga surya) dan infrastruktur desa. PLTS yang terpasang di Kampung Langkop desa Majalaya terdiri dari 6 panel surya (@120 Wp) dengan potensi produksi sekitar 3,6 kWh/hari (dengan asumsi 5 jam penyinaran puncak per hari) dan didukung bank baterai berkapasitas total ~7 kWh seperti yang ditunjukkan pada GAMBAR 1. Pemanfaatan energi surya di Majalaya diharapkan dapat menjadi solusi mengurangi ketergantungan pada listrik konvensional dan menunjang aktivitas ekonomi lokal. Bahkan, program pengabdian masyarakat sebelumnya telah berhasil membangun sistem PLTS komunal di kampung panumbangan untuk mendukung usaha mikro olahan gula aren, menghasilkan listrik ~4,25 kWh per hari yang mampu menghemat biaya LPG hingga Rp675 ribu/bulan (Wahyu et al., 2022).



GAMBAR 1. Sistem PLTS pada Greenhouse di Kampung Langkop, Desa Majalaya, Cikalongkulon, Cianjur

Namun, tantangan utama setelah instalasi infrastruktur PLTS adalah kurangnya sistem monitoring dan manajemen energi yang memadai. Permasalahan utama adalah kurangnya sistem monitoring yang membuat pemeliharaan dan efisiensi PLTS menjadi terkendala (Putra & Joko, 2024). Sistem PLTS Desa Majalaya baik di kampung panumbangan dan kampung langkop sering mengalami gangguan dan pemadaman mendadak tanpa mekanisme pemantauan real-time, sehingga penyebab gangguan sulit diidentifikasi dengan cepat. Kendala ini diperparah oleh keterbatasan sumber daya manusia lokal yang memiliki keahlian teknis dalam menganalisis sistem energi, sehingga masalah teknis PLTS kerap lambat tertangani. Ketiadaan sistem monitoring membuat masyarakat tidak menyadari kondisi terkini PLTS, misalnya tingkat pengisian baterai, beban listrik yang terpakai, atau performa panel surya, hingga terjadi kegagalan yang menyebabkan listrik padam. Dalam jangka

panjang, hal ini menghambat upaya optimalisasi penggunaan energi surya di desa. Oleh karena itu, teknologi Internet of Things (IoT) diusulkan sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem PLTS melalui monitoring real-time (Ramadhan & Haq, 2021).

Teknologi IoT memungkinkan pemantauan jarak jauh secara *real-time* terhadap perangkat melalui sensor yang terhubung internet, sehingga sangat cocok diterapkan pada sistem PLTS. Dengan sistem ini, parameter penting seperti tegangan, arus, daya, dan status baterai PLTS dapat dipantau setiap saat melalui antarmuka daring, dan peringatan dini dapat diberikan jika terjadi anomali. Sistem monitoring IoT pada pembangkit surya memungkinkan deteksi gangguan lebih cepat dan respons korektif segera, sehingga mengurangi durasi gangguan dan memperpanjang umur perangkat. Selain itu, data historis dari monitoring dapat dianalisis untuk pengambilan keputusan, misalnya mengatur beban pada jam tertentu atau merencanakan perawatan panel ketika efisiensi menurun (Khowarizmi & Setiyono. 2025).

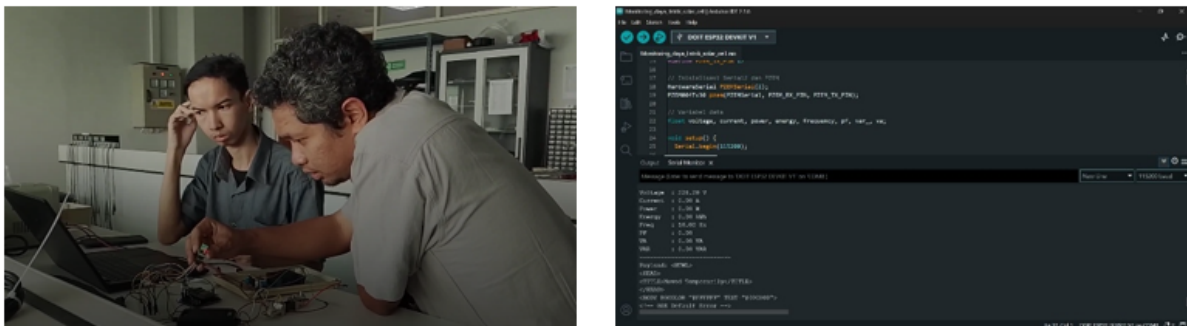
Program pengabdian masyarakat yang dilaksanakan di Desa Majalaya khususnya kampung langkop pada tahun 2025 berfokus pada pengembangan dan penerapan sistem monitoring energi surya berbasis IoT sebagai bentuk pemberdayaan masyarakat. Program ini bertujuan mengatasi permasalahan pemantauan PLTS dan meningkatkan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan teknologi energi. Melalui kegiatan ini, diharapkan PLTS Desa Majalaya dapat beroperasi lebih efisien dan andal, sementara masyarakat lokal memperoleh pengetahuan dan kemandirian dalam memanfaatkan teknologi energi surya. Dengan kata lain, program ini tidak hanya memasang perangkat IoT lalu pergi, tetapi menekankan pemberdayaan masyarakat agar mampu mengoperasikan dan merawat sistem secara mandiri ke depan. Hal ini penting untuk menjamin keberlanjutan inisiatif energi terbarukan di desa.

METODE

Pendekatan pelaksanaan program ini bersifat partisipatif berbasis teknologi, mencakup persiapan, sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan, dan evaluasi. Sistem monitoring dikembangkan menggunakan NodeMCU ESP32 dan sensor PZEM-017. Data dikirim melalui jaringan Wi-Fi dan divisualisasikan dalam dashboard berbasis web (Arinie et al., 2025). Pemilihan ESP32 sesuai dengan penelitian yang membuktikan keandalan komunikasi *real-time* IoT berbasis MQTT (Ramadhan & Haq, 2021). Evaluasi dilakukan dengan mengukur akurasi sistem terhadap alat ukur standar dan melalui wawancara dengan masyarakat untuk menilai aspek pemberdayaan (Sulistiyanto et al., 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persiapan



GAMBAR 2. Perancangan perangkat monitoring IoT

Tim melakukan persiapan bersama mahasiswa dengan merancang sistem monitoring penggunaan energi surya terintegrasi IoT. Persiapan dilakukan di Laboratorium Fisika FMIPA UNJ meliputi pemrograman sistem monitoring IoT, kalibrasi sensor sampai membuat housing perangkat monitoring energi surya berbasis IoT yang akan di instalasi di PLTS Kampung Langkop, Desa Majalaya. Tahap persiapan ini dapat dilihat pada GAMBAR 2.

Sosialisasi



GAMBAR 3. Sosialisasi program kepada perangkat desa dan perwakilan warga

Tahap awal seperti yang ditunjukkan pada GAMBAR 3, berupa sosialisasi kepada perangkat desa dan warga mengenai pentingnya energi surya dan rencana penerapan sistem monitoring IoT . Tim menjelaskan manfaat yang diharapkan, seperti deteksi gangguan lebih cepat dan efisiensi penggunaan listrik. Kegiatan ini membangun pemahaman bersama dan dukungan masyarakat terhadap program. Sosialisasi dilakukan melalui pertemuan di balai desa, melibatkan tokoh masyarakat, dengan bahasa yang mudah dipahami masyarakat awam.

Pelatihan



GAMBAR 4. Pelatihan pengelolaan PLTS dan sistem monitoring IoT PLTS

Selanjutnya tim memberikan pelatihan teknis kepada warga terpilih (pengelola PLTS dan pemuda setempat) mengenai cara mengoperasikan sistem monitoring, membaca data yang ditampilkan, serta langkah-langkah perawatan perangkat. Pelatihan berlangsung secara interaktif di lokasi panel surya-greenhouse kampung langkop desa Majalaya seperti yang ditunjukkan pada GAMBAR 4. Partisipasi mitra sangat ditekankan – warga bersedia hadir penuh selama pelatihan dan aktif bertanya. Indikator keberhasilan tahap ini diukur dengan wawancara sederhana untuk mengetahui peningkatan pemahaman peserta mengenai PLTS dan sistem IoT (contoh: peserta diminta menjelaskan kembali cara melihat status baterai di aplikasi).

Penerapan Teknologi



GAMBAR 5. Instalasi perangkat monitoring energi berbasis IoT untuk PLTS

Setelah pelatihan, dilakukan implementasi sistem monitoring berbasis IoT pada PLTS desa. Tim dan perwakilan masyarakat bersama-sama memasang sensor dan perangkat hardware (mikrokontroler NodeMCU ESP32, modul sensor arus/tegangan seperti PZEM-017, Mifi Wifi) pada sistem panel surya dan beban keluaran. Rangkaian perangkat dirakit dan disesuaikan, lalu ditempatkan dalam housing tahan cuaca yang dibuat oleh tim mahasiswa seperti yang ditunjukkan pada GAMBAR 5. Sensor yang dipasang mencatat parameter seperti tegangan beban, arus beban arus beban, daya pemakaian, faktor daya dan frekuensi.

Mikrokontroler ESP32 dikonfigurasi mengirim data secara periodik melalui jaringan Wi-Fi (dalam hal ini menggunakan perangkat MiFi seluler di lokasi desa) ke server cloud. Untuk antarmuka pengguna, dikembangkan aplikasi berbasis web yang dapat diakses lewat smartphone oleh warga dan perangkat desa. Aplikasi ini menampilkan dashboard sederhana: status tegangan beban, arus beban arus beban, daya pemakaian, faktor daya dan frekuensi. Proses instalasi di lapangan juga menjadi ajang *on-site training* tambahan – warga dilibatkan langsung menghubungkan sensor, menyiapkan koneksi Wi-Fi, hingga mencoba membuka aplikasi monitoring dari ponsel mereka. Keterlibatan ini penting agar transfer pengetahuan terjadi secara praktis.

Pendampingan dan Evaluasi

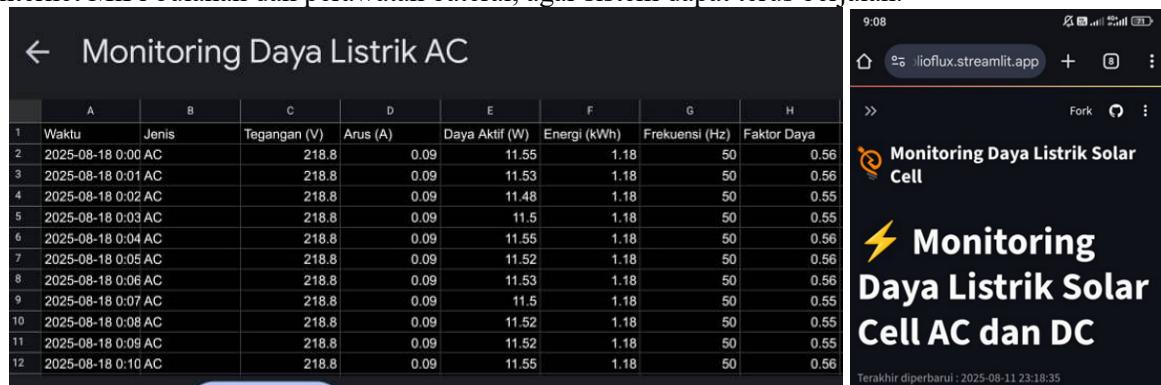
Pasca instalasi, tim melakukan pendampingan intensif selama beberapa minggu awal operasi sistem. Setiap hari petugas desa bersama tim memantau kinerja sistem monitoring: apakah data muncul kontinu, apakah ada kendala koneksi, dsb. Tim siap membantu *troubleshooting* jika ada komponen tidak berfungsi atau warga kesulitan memahami data. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap efektivitas program. Evaluasi mencakup aspek teknis (akurasi data sensor dan stabilitas pengiriman data) serta aspek pemberdayaan (peningkatan pemahaman dan keterampilan masyarakat). Untuk evaluasi teknis, tim melakukan uji beban terukur, yaitu menyalakan lampu pada *greenhouse* di malam hari seperti yang ditunjukkan pada GAMBAR 6 lalu mencocokkan pembacaan konsumsi daya di aplikasi dengan perhitungan manual arus-tegangan lampu.

Hasil pemantauan ditunjukkan pada GAMBAR 7, menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT di Kampung Langkop, Desa Majalaya berfungsi dengan baik, dengan akurasi pengukuran sekitar 98% dibandingkan alat ukur referensi (Putra & Joko, 2024). Hal ini konsisten dengan studi Arinie et al. (2025) dan Sulistiyanto et al. (2025) yang menegaskan efektivitas IoT dalam monitoring energi surya dengan tingkat error rendah. Data monitoring membantu warga mengatur penggunaan energi, misalnya memprioritaskan pemakaian pompa air saat produksi tinggi. Warga juga memanfaatkan data untuk mengatur beban malam hari agar kapasitas baterai cukup hingga pagi (Asnil, 2023). Selain itu, penerapan IoT membuka peluang integrasi pada fasilitas lain, seperti *greenhouse* dan penerangan jalan, serupa dengan penerapan IoT pada kapal latih tenaga surya (Yulianto et al., 2024). Dari aspek pemberdayaan, masyarakat lebih mandiri dalam mengelola PLTS, sesuai dengan hasil pengabdian masyarakat berbasis IoT di bidang lain yang berhasil meningkatkan kemandirian dan produktivitas masyarakat (Yudhana et al., 2023).



GAMBAR 6. Pengujian beban lampu perangkat monitoring IoT PLTS pada *Greenhouse*

Untuk menjamin *sustainability*, tim menyusun rencana tindak lanjut. Setelah pendampingan intensif selesai, ditunjuk kader lokal (2 orang warga yang paling terampil) sebagai penanggung jawab monitoring harian. Tim memberikan pelatihan lanjutan kepada kader ini mengenai perawatan perangkat IoT (misal: pengecekan koneksi kabel sensor, penggantian komponen sederhana jika rusak, dsb). Disepakati jadwal kunjungan rutin setiap 3 bulan sekali selama setahun oleh dosen UNJ untuk memeriksa kondisi sistem bersama kader lokal dan membantu jika ada update sistem. Program juga mendorong pemerintah desa mengalokasikan dana operasional kecil, misalnya untuk paket data internet MiFi bulanan dan perawatan baterai, agar sistem dapat terus berjalan.



GAMBAR 7. Tampilan *dashboard* – *website* hasil monitoring IoT penggunaan energi surya

Dari pelaksanaan program, terdapat beberapa pelajaran (*lesson learned*) yang dapat dipetik: Pertama, adaptasi teknologi dengan konteks lokal itu penting. Awalnya tim berencana menggunakan koneksi internet desa, tapi sinyal kurang stabil; solusinya menggunakan MiFi seluler yang ternyata lebih lancar. Kedua, sederhanakan antarmuka pengguna – *dashboard* yang dibuat mengutamakan tampilan indikator sederhana (ikon baterai, lampu hijau/merah) daripada grafik kompleks, sesuai masukan warga agar mudah dipahami. Ketiga, pendanaan operasional perlu diperhatikan; perangkat IoT memerlukan biaya internet (~Rp50rb/bulan) dan pemeliharaan kecil, maka sejak awal perlu advokasi ke pemerintah desa untuk mengalokasikan dana. Keempat, pentingnya kolaborasi multi pihak: program ini didukung FMIPA UNJ, pemerintah desa, serta antusiasme masyarakat. Sinergi ini memperlancar implementasi dan memastikan program mendapat dukungan politis maupun sosial.

Sebagai tantangan, tentu ada beberapa hal yang perlu ditindaklanjuti. Keandalan jangka panjang sistem perlu dipantau – misalnya daya tahan sensor di lapangan terhadap cuaca. Tim sudah mengantisipasi dengan *housing* tertutup, namun tetap akan dievaluasi tiap beberapa bulan. Juga, skala cakupan monitoring saat ini masih terbatas pada satu unit PLTS di Kampung Langkop Dusun 3; idealnya ke depan desa dapat memperluas sistem monitoring ini ke instalasi surya lainnya (jika

ada) atau menambah panel surya baru yang terintegrasi ke sistem. Tim telah membekali kader untuk dapat menambah node sensor bila dibutuhkan. Dari sisi data, ke depan data historis PLTS Desa Majalaya bisa diolah lebih lanjut, misal untuk analisis performa musiman atau integrasi dengan prediksi cuaca (akan berguna merencanakan beban). Ini bisa menjadi topik penelitian lanjutan bagi mahasiswa, sekaligus memberi umpan balik ke desa. Dengan demikian, implementasi IoT di Desa Majalaya tidak hanya memecahkan masalah teknis, tetapi juga meningkatkan kapasitas adaptasi masyarakat terhadap inovasi energi baru terbarukan.

KESIMPULAN

Program pengabdian masyarakat di Kampung Langkop Desa Majalaya melalui penerapan sistem monitoring PLTS berbasis IoT berhasil meningkatkan efisiensi, keandalan, dan pemberdayaan masyarakat. Sistem monitoring *real-time* terbukti efektif dalam mendeteksi gangguan, meningkatkan kesadaran energi, dan meminimalkan pemadaman mendadak. Pelatihan dan pendampingan menjadikan masyarakat lebih percaya diri dalam mengelola energi terbarukan. Hasil ini selaras dengan penelitian terdahulu yang menekankan pentingnya integrasi IoT dengan pemberdayaan masyarakat untuk mendukung keberlanjutan energi bersih (Waluyo et al., 2024; Arinie et al., 2025).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Jakarta (UNJ) melalui BLU FMIPA UNJ yang telah mendanai program Pengabdian kepada Masyarakat Wilayah Binaan (Kontrak No. 256/SPK-PKM/FMIPA/2025). Terima kasih juga kepada LPPM UNJ, Pemerintah Desa Majalaya, warga desa, dan mahasiswa UNJ yang telah aktif berpartisipasi dalam pelaksanaan program ini.

REFERENSI

- Arinie, F., Sulaiman, S., Tahir, U., Nurjannah, N., & Nampira, A.A. (2025). IoT-Based Solar Power Generation System Design for Real-Time Monitoring. *Journal of Moeslim Research Teknik*, 2(1), 21–29.
- Asnil, A. (2023). Real-Time Monitoring System Using IoT for Photovoltaic. *TEM Journal*.
- Khobarizmi, M.H. & Setiyono. (2025). *Real-Time Monitoring System for Solar Power Plants Using PLC and IoT-Based Architecture*. *Jurnal ELKOMIKA*, 13(2), 215-227
- Putra, D.R.R.P. & Joko, J. (2024). Perancangan Alat Monitoring Kinerja PLTS Off Grid Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP 32 dan Telegram. *Jurnal Teknik Elektro*, 13(3), 248–255.
- Ramadhan, J.M. & Haq, I.N. (2021). IoT Monitoring System for Solar Power Plant Based on MQTT Publisher/Subscriber Protocol. *IEEE*.
- Sulistiyanto, S., Ilmirrizki, I., Nadhiroh, A.Y., Widoretno, S., & Fahmi, M.H. (2025). IoT-based model for real-time monitoring of new and renewable energy. *Engineering Journal (EU-JR)*.
- Waluyo, B.D., Sembiring, M.A.R., Sinaga, N., & Lubis, A.A. (2024). Sistem Monitoring PLTS Berbasis IoT sebagai Media Pembelajaran. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Pendidikan*, 11(1), 1–12.
- Wahyu, S., Syafaat, M., Yuliana, A., & Meliyani, R. (2021). Aplikasi Sensor BH1750 Untuk Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Menggunakan Arduino Bertenaga Surya Terintegrasi Internet of Things (IoT). *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 9(1), 71–78.
- Wahyu, S., Hariansyah, S., Lestari, M.D., Nirosyanda, P.S.D., & Djundjunan, B.M. (2022). Inisiasi Usaha Mikro dalam Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Desa Majalaya Cianjur. *Dedikasi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 53–62.
- Yudhana, A., Yudianto, R., Septiyani, R., & Rahayu, W.M. (2023). Pemberdayaan Sentra Industri Herbal Wahana Mandiri Indonesia (WMI) Menggunakan Teknologi Pemantauan Kubah Pengering Tenaga Surya Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 8(3), 623–632.
- Yulianto, A., Priadi, A.A., Amrillah, M.F., Firzatullah, R.M., Yuda, D.P., & Rangkuti, F.M. (2024). Application of IoT in Reviewing Electrical Energy Consumption on Solar-Powered Cadet Training Ships. *IWOSPA-TE Proceedings*.