

Digitalisasi Konsumsi Listrik dan Sistem Peringatan Dini Beban Lebih Berbasis IoT pada Balai Desa Kejagan, Mojokerto

Machrus Ali ^{1*}, Dwi Ajiatmo ¹, Irrine Budi Sulistiawati ², Muhammad Ramadhan ¹

¹ Universitas Darul Ulum, Jombang, Indonesia

² Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

email Koresponden : machrus7@gmail.com

DOI : <https://doi.org/10.63935/gr.v1i3.398>

Diterima: 2-11-2025

Direvisi: 10-11-2025

Diterbitkan: 20-11-2025

Abstrak: Balai desa dan sentra usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) di Desa Kejagan, Kabupaten Mojokerto, masih memantau listrik lewat meter pelanggan dan tagihan bulanan. Cara ini tidak menunjukkan waktu lonjakan daya, beban dominan, atau kondisi mendekati kapasitas terpasang. Aparatur desa dan pelaku UMKM juga memiliki literasi perangkat monitoring digital yang terbatas. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan menerapkan sistem pemantauan konsumsi listrik real-time dan peringatan dini beban lebih berbasis Internet of Things (IoT), serta meningkatkan kemampuan mitra membaca dan memakai data energi. Tim menggunakan pendekatan partisipatif dengan tujuh tahap: koordinasi, survei, perancangan, instalasi, pelatihan, pendampingan, dan evaluasi. Sistem memakai mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-004T untuk membaca tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya. Data tampil pada layar lokal dan dasbor melalui Wi-Fi. Indikator LED, buzzer, atau notifikasi aktif saat daya melewati ambang yang disepakati. Hasil pemberdayaan masyarakat berhasil menaikkan keberdayaan masyarakat sebesar 27.2% dari 57.6% menjadi 84.8% dan teknologi IoT mengalami kenaikan sebesar 30.9% dari 55.6% menjadi 86.5%. Hasil menunjukkan mitra dapat membaca parameter listrik secara real-time, menerima peringatan sebelum MCB trip, dan mencatat kejadian beban tinggi. Mitra juga memahami batas peran pengguna dan teknisi. Sistem ini berfungsi sebagai alat monitoring dan tidak menggantikan MCB, ELCB/RCD, maupun pembumian. Klaim penghematan biaya memerlukan data pembanding jangka panjang.

Kata Kunci: Internet of Things; konsumsi listrik; ESP32; PZEM-004T; Pemberdayaan Masyarakat

Abstract: The village hall and the Micro, Small, and Medium Enterprise (MSME) center in Kejagan Village, Mojokerto Regency, currently monitor electricity usage solely through customer meters and monthly bills. This method fails to reveal the timing of power surges, dominant loads, or conditions approaching installed capacity limits. Furthermore, village officials and MSME operators possess limited literacy regarding digital monitoring devices. This community service initiative aims to implement an Internet of Things (IoT)-based system for real-time electricity consumption monitoring and overload early warning, while also enhancing the partners' ability to interpret and utilize energy data. The team employed a participatory approach comprising seven stages: coordination, survey, design, installation, training, mentoring, and evaluation. The system utilizes an ESP32 microcontroller and a PZEM-004T sensor to measure voltage, current, power, energy, frequency, and power factor. Data is displayed on a local screen and via a Wi-Fi-connected dashboard. LED indicators, a buzzer, or notifications activate when power usage exceeds agreed-upon thresholds. The empowerment initiative successfully increased community capacity by 27.2% (rising from 57.6% to 84.8%) and improved IoT technology proficiency by 30.9% (rising from 55.6% to 86.5%). Results demonstrate that partners can read electrical parameters in real-time, receive warnings before the circuit breaker (MCB) trips, and log high-load events. Partners also understand the respective roles of users and technicians; the system serves as a monitoring tool and does not

replace the MCB, ELCB/RCD, or grounding systems. Claims regarding cost savings would require long-term comparative data.

Keywords: Internet of Things; electricity consumption; ESP32; PZEM-004T; community empowerment; MSME

Pendahuluan

Desa Kejagan berada Kabupaten Mojokerto. Pemerintah desa dipimpin oleh Sri Upoyono. Balai desa melayani administrasi publik. Di sisi lain, BUMDes, karang taruna, dan pelaku UMKM menggerakkan ekonomi warga. Semua aktivitas ini membutuhkan listrik untuk penerangan, perangkat administrasi, peralatan produksi, dan pengisian daya perangkat digital (Pratama et al. 2024), (Pitrianti et al. 2023), (Alfian et al. 2025). Inovasi teknologi perlu ditingkatkan dalam pengembangan desa di Kabupaten Jomban, baik sarana informasi berupa website desa ataupun inovasi teknologi (Fathurrobbani et al. 2023), (Alfian et al. 2025). Mitra hanya memantau listrik melalui tagihan bulanan atau pembacaan meter konvensional. Cara ini tidak memberi informasi rinci tentang waktu lonjakan daya, beban dominan, atau kondisi mendekati daya terpasang. Tanpa data real-time, mitra sulit mengevaluasi pemakaian peralatan. Penggunaan beberapa perangkat berdaya besar secara bersamaan juga dapat memicu gangguan layanan.

Teknologi IoT dapat mengatasi masalah ini. Sensor membaca tegangan, arus, daya aktif, energi, frekuensi, dan faktor daya. Mikrokontroler ESP32 mengirim data ke media pemantauan melalui Wi-Fi (Ali et al. 2023), (Ali, Muhlasin, et al. 2024). Sensor PZEM-004T mampu mengukur parameter listrik satu fase. Penelitian terbaru melaporkan penerapan ESP32 dan PZEM-004T V3.0 untuk monitoring daya listrik dan pemanfaatan IoT untuk monitoring energi pada stand UMKM. Pedoman konservasi energi listrik dari Kementerian ESDM (2023) juga menekankan pentingnya pengelolaan pemakaian energi (Ali, Ajiatmo, et al. 2024).

Teknologi saja tidak cukup. Data tidak bermanfaat bila pengguna tidak bisa membacanya dan tidak memiliki prosedur tindakan. Karena itu, kegiatan ini memadukan perangkat IoT, pelatihan, SOP, pengaturan prioritas beban, dan tata kelola data. Sistem diposisikan sebagai alat monitoring dan peringatan dini. Sistem tidak menggantikan MCB, ELCB, dan pembumian (Ali, Muhlasin, et al. 2024).

Pendekatan pelaksanaan kegiatan pengabdian ini menerapkan metode pendekatan menggunakan metode Asset-Based Community Development (ABCD). Kegiatan ini menjawab empat pertanyaan. Pertama, bagaimana kondisi penggunaan listrik di balai desa dan titik UMKM. Kedua, bagaimana menerapkan monitoring real-time yang mudah dipakai mitra. Ketiga, bagaimana membangun peringatan dini beban lebih. Keempat, bagaimana meningkatkan literasi efisiensi energi dan keselamatan listrik. Artikel ini melaporkan proses dan hasil penerapan tersebut.

Metode

Pendekatan pelaksanaan kegiatan pengabdian ini menerapkan metode pendekatan menggunakan metode Asset-Based Community Development (ABCD) (Ali et al. 2022). Metode pelaksanaan secara keseluruhan terdiri dari persiapan, pelaksanaan, monitoring, evaluasi

indikator keberhasilan dan keberlanjutan program. Secara keseluruhan metode pelaksanaan dapat dideskripsikan pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Pelaksanaan Program

Kegiatan berlangsung pada tahun 2025 di Desa Kejagan dengan mitra Pemerintah Desa Kejagan. Tim memakai pendekatan partisipatif. Tim bekerja bersama pemerintah desa, pengelola balai desa, dan perwakilan UMKM untuk menentukan titik demonstrasi, mengenali peralatan utama, dan memilih calon pengelola lokal. Setiap pekerjaan pada panel atau kabel bertegangan mengikuti prosedur keselamatan dan berada di bawah pengawasan personel kompeten.

Berdasarkan permasalahan prioritas yang sudah disepakati antara Tim Pengusul dengan Mitra, maka Tim Pengusul menawarkan solusi yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut.

Tabel 1. Tahapan pelaksanaan kegiatan

Tahap	Kegiatan utama	Metode	Luaran
Koordinasi	Koordinasi dengan pemerintah desa dan calon pengguna	Rapat dan identifikasi kebutuhan	Kesepakatan dan penanggung jawab
Survei	Inventarisasi beban, kapasitas listrik, kondisi panel, dan Wi-Fi	Observasi, wawancara, pemeriksaan teknis	Data kondisi awal dan titik demonstrasi
Perancangan	Pemilihan sensor, ESP32, layar, dasbor, dan ambang notifikasi	Perhitungan dan diskusi teknis	Desain sistem dan SOP awal
Instalasi	Pemasangan perangkat dalam kotak panel aman	Praktik terbimbing	Perangkat terpasang dan teruji
Pelatihan	Pembacaan data, efisiensi, respons peringatan	Demonstrasi, simulasi, praktik	Peserta memahami sistem
Pendampingan	Pengoperasian awal dan pemecahan kendala	Kunjungan dan konsultasi	Catatan penggunaan awal
Evaluasi	Evaluasi fungsi alat dan pemahaman peserta	Observasi, pretest-posttest, wawancara	Rekomendasi keberlanjutan

Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi awal mitra

Survei awal memeriksa sumber listrik, kapasitas tersedia, kelompok peralatan, kondisi kotak panel, akses Wi-Fi, dan lokasi pemasangan. Tim mengelompokkan beban menjadi penerangan, peralatan administrasi, peralatan produksi UMKM, dan beban tambahan. Pengelompokan ini membantu mitra menafsirkan data dengan jelas.

Tabel 3 merangkum masalah mitra. Akar masalahnya bukan sekadar ketiadaan perangkat digital. Mitra tidak memiliki data konsumsi yang mudah diakses. Mitra belum menetapkan batas operasi berbasis daya terukur. Pengguna juga memakai peralatan tanpa urutan prioritas dan memiliki pemahaman teknis yang terbatas.

Tabel 3. Kondisi eksisting dan kebutuhan mitra

Aspek	Kondisi eksisting	Kebutuhan
Informasi energi	Bergantung pada meter dan tagihan berkala	Dasbor data daya dan energi
Beban lebih	Pemakaian bersamaan dapat memicu MCB trip dan gangguan layanan	Ambang peringatan, indikator, prosedur penanganan
Literasi digital	Pengguna belum terbiasa membaca data listrik	Pelatihan praktis dan tampilan sederhana
Keselamatan instalasi	Kabel, sirkuit, pengaman, dan pembumian perlu diverifikasi	Pemeriksaan oleh tenaga kompeten

3.2 Instalasi sistem monitoring

Tim memasang perangkat setelah verifikasi keselamatan. Sensor membaca parameter listrik dan mengirimnya ke ESP32. ESP32 mengolah data, menampilkannya pada layar lokal, dan mengirimnya ke media pemantauan saat Wi-Fi tersedia. Casing atau kotak panel melindungi modul dari debu, sentuhan tidak disengaja, dan gangguan lingkungan.

Tim menetapkan ambang secara konservatif berdasarkan kapasitas daya yang aman dipakai. Saat daya atau arus melewati ambang, perangkat memberi sinyal. Pengguna lalu mengurangi atau mematikan beban nonprioritas. Pengguna tidak mengubah instalasi utama. Tindakan pada panel utama tetap menjadi wewenang teknisi kompeten.

3.3 Pelatihan dan pendampingan

Materi pelatihan mencakup enam topik: dasar listrik satu fase, pengenalan ESP32 dan sensor, pembacaan data dan waktu beban puncak, penentuan ambang peringatan, efisiensi energi, dan keselamatan listrik. Tim mengevaluasi kegiatan melalui observasi fungsi alat, pretest-posttest, dan wawancara. Penguasaan materi dan ketrampilan Manajemen Strategi Bisnis dan rancang bangun IoT sistem sebelum dan sesudah pelatihan, dapat dilihat pada table 2:

Tabel 2. Penguasaan dan ketrampilan Manajemen Bisnis

No	Penguasaan Materi	Sebelum (%)	Sesudah (%)
1	Konsep dasar usaha dan UMKM	72.7	81.8
2	Perencanaan usaha sederhana	62.6	73.7
3	Pemisahan keuangan pribadi dan usaha	72.7	90.5
4	Pencatatan pemasukan dan pengeluaran	54.6	72.7
5	Perhitungan biaya produksi dan harga pokok	72.5	93.9
6	Penetapan harga jual dan margin laba	42.6	82.8
7	Pengelolaan biaya energi dalam usaha	46.2	92.5
8	Pengelolaan stok dan perputaran modal	63.2	83.8
9	Pemasaran dasar dan pemasaran digital	43.8	93.9
10	Legalitas, pelaporan, dan keberlanjutan usaha	45.4	82.7
	Rata-rata	57.63	84.83

Tabel 3. Penguasaan dan ketrampilan IoT

No	Penguasaan Materi	Sebelum (%)	Sesudah (%)
1	Konsep dasar Internet of Things	63.6	81.8
2	Dasar listrik satu fase	45.4	86.7
3	Daya sesaat dan energi kumulatif	63.6	90.9
4	Komponen sistem: ESP32 dan sensor PZEM-004T	54.3	85.7
5	Koneksi Wi-Fi dan dasbor pemantauan	61.6	90.9
6	Pembacaan data konsumsi dan beban puncak	55.4	73.8
7	Ambang peringatan dini beban lebih	52.6	90.9
8	Prosedur saat peringatan muncul	53.7	92.3
9	Keselamatan listrik	63.8	81.5
10	Perawatan sistem dan keamanan data	41.7	90.3
	Rata-rata	55.57	86.48

Kerjasama dan kekompakan semua tim pengabdian dan mitra bisa bersinergi untuk mengembangkan desa, seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Tim Pelaksanaan Program dan mitra

Hasil rancang bangun Internet of Thing, dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil rancang bangun IoT



Gambar 4. Serah Terima alat hasil teknologi

3.4 Perubahan kapasitas mitra

Tabel 4 membandingkan kondisi mitra sebelum dan sesudah kegiatan. Perubahan terbesar terjadi pada deteksi beban tinggi. Sebelum kegiatan, mitra baru mengetahui beban tinggi setelah MCB trip. Setelah kegiatan, indikator atau notifikasi muncul saat ambang tercapai.

Tabel 4. Perubahan kapasitas mitra

Aspek	Sebelum kegiatan	Setelah kegiatan
Informasi konsumsi	Bergantung pada meter dan tagihan berkala	Parameter listrik terbaca real-time pada titik demonstrasi
Deteksi beban tinggi	Diketahui setelah MCB trip	Ada indikator atau notifikasi awal saat ambang tercapai
Pengelolaan energi	Tanpa data waktu dan pola pemakaian	Ada catatan untuk mengenali jam pemakaian tinggi
Literasi IoT	Pemahaman terbatas	Mampu menjalankan prosedur dasar dan membaca tampilan
Keselamatan	Batas peran pengguna dan teknisi belum seragam	Memahami SOP dan larangan mengubah instalasi tanpa otorisasi

3.5 Keberlanjutan dan keterbatasan

Tim menyusun SOP operasional, jadwal perawatan, dan struktur pengelolaan. Operator balai desa memeriksa tampilan dan status koneksi setiap hari. Pengelola lokal memeriksa kotak perangkat dan buku log setiap minggu. Koordinator teknis memeriksa kestabilan sensor, ambang, dan akses dasbor setiap bulan. Teknisi kompeten memeriksa MCB, ELCB/RCD, pbumian, dan panel secara berkala.

Kegiatan ini memiliki empat keterbatasan. Pertama, dana hanya mendukung prototipe pada titik prioritas, bukan digitalisasi seluruh instalasi desa. Kedua, keandalan bergantung pada koneksi Wi-Fi, catu daya, kualitas sensor, dan kebiasaan pengguna. Sistem perlu tampilan lokal atau penyimpanan sementara agar data tidak hilang saat internet terputus. Ketiga, keamanan siber dasar perlu dijaga lewat penggantian kata sandi bawaan dan pembatasan akses dasbor. Keempat, klaim penghematan biaya listrik belum dapat dibuat tanpa data sebelum dan sesudah intervensi dalam periode memadai.

Tim merekomendasikan pencatatan konsumsi minimal satu sampai tiga bulan, penetapan ambang berdasarkan evaluasi teknisi, dan penjadwalan bergilir untuk peralatan berdaya besar. Pengembangan ke titik lain baru layak setelah sistem demonstrasi stabil dan pengelola lokal siap.

Kesimpulan

Kegiatan ini menerapkan sistem monitoring konsumsi listrik dan peringatan dini beban lebih berbasis ESP32 dan sensor PZEM-004T di Desa Kejagan. Mitra dapat membaca parameter listrik secara real-time, menerima peringatan saat ambang tercapai, dan mencatat kejadian beban tinggi. Manfaat sistem bergantung pada kualitas instalasi, literasi pengguna, disiplin pencatatan, jaringan komunikasi, dan kepatuhan pada prosedur keselamatan. Program lanjutan dapat mengembangkan pemantauan multisirkuit, analisis pola beban, dan integrasi energi

terbarukan setelah data cukup tersedia. Pemasangan dan evaluasi harus selalu melibatkan tenaga listrik kompeten. Hasil pemberdayaan masyarakat berhasil menaikkan keberdayaan masyarakat sebesar 27.2% dari 57.6% menjadi 84.8% dan teknologi IoT mengalami kenaikan sebesar 30.9% dari 55.6% menjadi 86.5%.

Ucapan Terima Kasih

Tim menyampaikan terima kasih kepada Pemerintah Desa Kejagan, para peserta dari balai desa dan UMKM, serta LPPM Universitas Darul Ulum atas dukungan pendanaan kegiatan ini.

Referensi

- Alfian, R. et al., 2025. Rancang Bangun Smart Office berbasis Aplikasi Blynk menggunakan Microcontroler ESP32. *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, 6(1), pp.12–23. Available at: <https://jurnal.widyagama.ac.id/index.php/jasee/article/view/711>.
- Ali, M., Ajiatmo, D., et al., 2024. *Energy Efficiency of Solar and Hydroelectric Hybrid Power Plant for Overflow Water*.
- Ali, M. et al., 2022. *Metode Asset Based Community Development (ABCD): Teori Dan Aplikasinya* 1st ed. S. S. Sa'diyah, ed., Mojokerto: Insight Mediatama. Available at: <https://id.scribd.com/document/944001680/03-Machrus-Ali-Et-Al-2022>.
- Ali, M., Muhlasin, M., et al., 2024. PEMBERDAYAAN POKDARWIS MELALUI SMART TOURISM DAN MANAJEMEN USAHA DESA MADE, KECAMATAN KUDU, KABUPATEN JOMBANG. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(5), pp.9248–9253. Available at: <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/cdj/article/view/35456>.
- Ali, M. et al., 2023. Peningkatan Keberdayaan Masyarakat Melalui Smart Tourism dan Penguatan Manajemen di Wisata Pandansili. *Jurnal KARINOV*, 6(3), p.185.
- Fathurrobbani, A., Amalia, F. & Ali, M., 2023. INOVASI MEDIA INFORMASI MELALUI WEBSITE DESA NGAMPUNGAN KECAMATAN BARENG KABUPATEN JOMBANG. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(3), pp.6759–6764.
- Pitrianti, S. et al., 2023. LITERASI DIGITAL PADA MASYARAKAT DESA. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, 3(1), pp.43–49.
- Pratama, A.F.M. et al., 2024. Sosialisasi Pola Hidup Bersih Dan Sehat: Pembuatan Alat Ovitrap Di Desa Kejagan. *Jurnal Pengabdian*