

NASKAH ORISINAL

Inovasi Sistem *IoT* untuk Monitoring Kualitas Tanah dan Sistem Irigasi Energi Surya dalam Meningkatkan Produktivitas Petani Melon di Desa Jabon, Kabupaten Jombang

Lucky Putri Rahayu* | Joko Priambodo | Lienggar Rahadiantino | Zaidan Illynas Cahaya Nasir | Salsabila Widy Alvionita | Brilyan Choirudiansyah

¹Departemen Teknik Elektro Otomasi,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Surabaya, Indonesia.

²Departemen Studi Pembangunan, Institut
Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya,
Indonesia.

Korespondensi

*Lucky Putri Rahayu, Departemen Teknik
Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut
Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia.
Alamat e-mail: lucky.putri@its.ac.id

Alamat

Laboratorium Cyber Physical, Otomasi dan
Robot Industri Departemen Teknik Elektro
Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi
Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Abstrak

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem pertanian melon di Desa Jabon, Kabupaten Jombang melalui penerapan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan dan *Internet of Things* (IoT). Permasalahan utama mitra adalah ketergantungan terhadap listrik PLN untuk irigasi serta inkonsistensi kualitas buah akibat belum adanya sistem pemantauan lingkungan berbasis data. Untuk menjawab hal tersebut, dirancang dan diimplementasikan sistem irigasi berbasis panel surya (*off-grid*) serta sistem *monitoring* kualitas tanah menggunakan sensor NPK 7-in-1 yang mengukur nitrogen, fosfor, kalium, pH, suhu, kelembapan, dan konduktivitas, terintegrasi dengan Raspberry Pi melalui protokol *Modbus RTU* (RS485). Hasil pengujian lapangan menunjukkan bahwa seluruh *perangkat keras*, *perangkat lunak*, dan komunikasi sensor untuk memantau kualitas tanah dapat beroperasi stabil pada kondisi budidaya nyata, sementara data lingkungan dapat ditampilkan secara *real-time* dengan akurasi yang dapat diterima. Sistem panel surya berkapasitas 555 Wp mampu menyuplai daya irigasi secara mandiri, sehingga penerapan teknologi ini menurunkan biaya operasional, meningkatkan efisiensi energi, dan mendukung pertanian berkelanjutan. Kegiatan ini diharapkan menjadi model replikasi untuk pengembangan *pertanian cerdas* berbasis energi bersih di daerah lain.

Kata Kunci:

Energi Terbarukan, *Internet of Things*, Irigasi Cerdas, Panel Surya, Pertanian Berkelanjutan.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Program pengabdian kepada masyarakat ini mengangkat tema *sustainable farming* dengan fokus pada budidaya melon di *greenhouse* sebagai bentuk pemberdayaan ekonomi kreatif yang berlokasi di Desa Jabon, Kabupaten Jombang. Mitra sasaran merupakan kelompok tani yang beranggotakan sepuluh orang, di mana sebagian keuntungan hasil penjualan dialokasikan untuk membantu biaya operasional panti asuhan. Kegiatan budidaya melon telah rutin dilakukan dan menunjukkan potensi ekonomi yang besar. Permintaan pasar yang tinggi bahkan telah mencapai sistem pemesanan (*indent*) dengan produksi mencapai 2,3 ton setiap panen. Hal ini menandakan bahwa kapasitas produksi masih belum mampu memenuhi kebutuhan pasar.

Namun demikian, proses budidaya yang dilakukan masih bersifat konvensional baik dari segi teknik pertanian maupun pengelolaan *greenhouse*. Permasalahan utama yang dihadapi mitra antara lain tingginya tingkat serangan penyakit tanaman melon serta kualitas buah yang belum konsisten akibat pengelolaan lingkungan yang belum terpantau secara optimal. Proses pemeliharaan tanaman, termasuk tanah, masih mengandalkan pengalaman individu, tanpa dukungan teknologi berbasis data seperti sensor suhu, kelembapan, pH tanah, konduktivitas nutrisi, dan pencahayaan. Kondisi ini menyebabkan hasil panen yang fluktuatif baik secara kuantitas maupun mutu. Selain itu, operasional irigasi masih bergantung pada pasokan listrik dari PLN yang berbiaya tinggi, sedangkan lokasi *greenhouse* relatif jauh dari jaringan listrik utama.

Kendala lain yang dihadapi adalah keterbatasan sumber daya manusia di bidang pertanian modern. Tidak terdapat tenaga ahli pertanian yang mendampingi secara tetap, sehingga manajemen budidaya berjalan berdasarkan pengalaman lapangan dan informasi umum dari internet maupun sesama petani. Akibatnya, tindakan pengendalian penyakit, pemupukan, dan pengaturan irigasi belum dilakukan secara presisi dan efisien.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, kegiatan ini dirancang untuk membantu mitra mengembangkan sistem pertanian melon yang lebih berkelanjutan melalui penerapan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan dan *Internet of Things* (IoT). Dua sistem utama yang diimplementasikan adalah (1) sistem irigasi berbasis panel surya (*off-grid*) untuk menggantikan ketergantungan pada listrik PLN, serta (2) sistem *monitoring* kualitas tanah berbasis sensor suhu, kelembapan, pH, dan konduktivitas yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 dan *dashboard* berbasis *web*. Sistem panel surya berkapasitas 555 Wp dengan baterai 12V 100Ah digunakan untuk mengoperasikan pompa pendorong berdaya 125 W selama dua jam per hari, dilengkapi teknologi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) guna mengoptimalkan efisiensi daya.

Kegiatan pengabdian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi, menurunkan biaya operasional, serta menjaga kualitas hasil panen secara konsisten dengan *monitoring* kualitas tanah. Dalam jangka panjang, mitra diharapkan mampu mengelola *greenhouse* secara mandiri dan menjadikan kegiatan pertanian ini sebagai sumber pendapatan berkelanjutan bagi panti asuhan. Kegiatan ini juga mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 1 (*No Poverty*), SDG 2 (*Zero Hunger*), SDG 4 (*Quality Education*), SDG 8 (*Decent Work and Economic Growth*), dan SDG 12 (*Responsible Consumption and Production*). Selain itu, program ini berkontribusi terhadap Indikator Kinerja Utama (IKU) perguruan tinggi melalui keterlibatan dosen dan mahasiswa dalam kegiatan kolaboratif di luar kampus, sekaligus mendukung fokus riset nasional di bidang ketahanan pangan dan *smart farming*.

Sebagai bagian dari implementasi, kegiatan ini juga dilengkapi dengan pendokumentasian kondisi awal (*baseline*) dan pasca-implementasi melalui data kuantitatif dan dokumentasi visual. Kolaborasi antara akademisi, praktisi, dan masyarakat dilakukan untuk memastikan proses alih teknologi berjalan efektif. Dengan demikian, program ini tidak hanya memberikan solusi teknis, tetapi juga mendorong transformasi pola pikir petani agar lebih adaptif terhadap tantangan pertanian modern yang berkelanjutan dan berbasis data.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Berdasarkan hasil identifikasi permasalahan, terdapat dua isu utama yang menjadi prioritas dalam kegiatan pengabdian ini, yaitu inkonsistensi kualitas buah melon dan ketergantungan terhadap jaringan listrik PLN untuk sistem irigasi. Keduanya saling berkaitan dengan efisiensi produksi dan keberlanjutan operasional *greenhouse*. Permasalahan pertama berkaitan dengan kualitas buah yang belum konsisten, yang disebabkan oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan udara, ketersediaan air, pola irigasi, serta kandungan unsur hara tanah. Tahap paling krusial dalam menentukan kualitas buah adalah masa pematangan dan

menjelang panen, ketika kadar kemanisan dan ukuran buah ditentukan. Untuk itu, diperlukan sistem *monitoring* lingkungan yang mampu memberikan informasi kondisi tanaman secara *real-time*, sehingga petani dapat menjaga stabilitas lingkungan tumbuh secara presisi. Solusi yang dikembangkan adalah penerapan sistem *monitoring* berbasis sensor dan *Internet of Things* (IoT). Sistem ini memanfaatkan sensor suhu, kelembapan, pH, dan konduktivitas nutrisi yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32. Data dikirimkan secara otomatis ke *server* dan divisualisasikan dalam *dashboard* berbasis *web*, memungkinkan petani untuk mengakses data dan melakukan tindakan korektif lebih cepat terhadap potensi penyakit atau stres tanaman.

Permasalahan kedua adalah ketergantungan terhadap listrik PLN untuk pengoperasian pompa irigasi. Kondisi ini menimbulkan biaya operasional yang tinggi dan tidak efisien, terutama karena lokasi *greenhouse* berada jauh dari jaringan listrik utama. Untuk mengatasi hal tersebut, dikembangkan sistem panel surya (*Photovoltaic System*) sebagai sumber energi utama. Sistem ini dirancang untuk mengoperasikan pompa pendorong berdaya 125 watt selama dua jam setiap hari dengan memanfaatkan energi dari panel surya berkapasitas 555 Wp. Daya yang dihasilkan panel dioptimalkan menggunakan teknologi MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) pada *solar charger controller*, disimpan pada baterai 12V 100Ah, dan diubah menjadi arus AC oleh *inverter* untuk menggerakkan pompa air. Sistem *monitoring* berbasis ESP32 dan sensor PZEM-017 serta PZEM-004T digunakan untuk memantau tegangan, arus, dan daya dari panel, baterai, dan *inverter* secara *real-time*, sehingga kinerja sistem dapat dievaluasi setiap saat.

Secara keseluruhan, strategi kegiatan dirancang dengan pendekatan *Project Based Learning* (PjBL), yang melibatkan mahasiswa dalam proses perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem. Pendekatan ini tidak hanya berfungsi sebagai sarana alih teknologi kepada mitra, tetapi juga sebagai wahana pembelajaran kolaboratif yang memperkuat kompetensi mahasiswa di bidang energi terbarukan dan pertanian cerdas.

Implementasi program diharapkan memberikan dampak langsung berupa:

1. Peningkatan produktivitas, melalui sistem *monitoring* yang memungkinkan deteksi dini penyakit dan kekurangan nutrisi, sehingga tindakan korektif dapat dilakukan dengan cepat dan tepat.
2. Efisiensi penggunaan sumber daya, melalui pemanfaatan energi surya yang bersih, mandiri, dan ramah lingkungan.
3. Keberlanjutan pertanian, dengan menjadikan sistem ini sebagai model penerapan teknologi pertanian berkelanjutan yang dapat direplikasi di daerah lain.

Selain dampak teknis, program ini juga memiliki manfaat sosial dan ekonomi yang signifikan.

1. Bidang sosial:

- (a) Peningkatan kesejahteraan petani melalui peningkatan hasil panen dan kualitas produk yang lebih baik, sehingga pendapatan meningkat.
- (b) Pemberdayaan petani melalui transfer teknologi, sehingga mereka lebih adaptif terhadap inovasi pertanian modern.
- (c) Mengurangi kesenjangan sosial dengan menyediakan akses teknologi bagi petani kecil di wilayah pedesaan.

2. Bidang ekonomi:

- (a) Penghematan biaya operasional melalui penggunaan energi surya yang mandiri.
- (b) Peningkatan daya saing produk lokal karena kualitas buah melon yang lebih baik dan konsisten.
- (c) Mendorong pertumbuhan ekonomi lokal melalui peningkatan pendapatan petani dan berkembangnya sektor pendukung seperti transportasi, pengolahan hasil, dan pemasaran.

Lebih lanjut, teknologi yang dikembangkan dalam program ini bersifat fleksibel dan dapat diadopsi untuk komoditas hortikultura lainnya seperti cabai, tomat, atau tanaman serupa yang membutuhkan sistem irigasi dan pemantauan lingkungan. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya memberikan solusi teknis terhadap permasalahan mitra, tetapi juga mendorong terciptanya sistem pertanian yang mandiri energi, hemat biaya, dan berorientasi pada keberlanjutan lingkungan.

1.3 | Target Luaran

Target luaran dari kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat berjudul Penerapan Teknologi Energi Surya dan *Internet of Things* (IoT) untuk Sistem Irigasi dan *Monitoring Greenhouse* Melon di Desa Jabon, Kabupaten Jombang di antaranya:

1. Menghasilkan prototipe sistem irigasi berbasis panel surya *off-grid* yang berfungsi secara mandiri tanpa ketergantungan terhadap listrik PLN, serta sistem *monitoring* lingkungan berbasis IoT untuk menjaga stabilitas pertumbuhan tanaman melon di *greenhouse*.
2. Menerbitkan artikel ilmiah pada jurnal pengabdian masyarakat serta publikasi kegiatan dan pemberitaan daring untuk meningkatkan kesadaran publik terhadap inovasi pertanian berkelanjutan berbasis energi bersih.
3. Menghasilkan video dokumentasi kegiatan pengabdian yang menampilkan proses implementasi, hasil capaian, serta dampak sosial-ekonomi bagi masyarakat mitra.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Penelitian Sebelumnya

Kegiatan pengabdian di Desa Jabon memiliki beberapa karakteristik yang melengkapi pendekatan-pendekatan yang telah diterapkan dalam studi sejenis. Pertama, dari sisi sensor tanah, kegiatan ini menggunakan sensor NPK 7-in-1 yang mampu mengukur tujuh parameter sekaligus (suhu, kelembaban, pH, EC, N, P, K). Sebagai perbandingan, studi oleh Bonardo dkk. (2025) di Kepulauan Riau mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis *soil moisture sensor* yang mengontrol pompa air menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi penyiraman dengan pengurangan penggunaan air sekitar 30% dibandingkan metode manual^[1]. Sementara itu, pendekatan *multi-parameter* yang diterapkan di Desa Jabon memungkinkan pemantauan kondisi tanah yang lebih komprehensif, tidak hanya mencakup kelembaban tetapi juga pH, konduktivitas listrik (EC), serta unsur hara makro yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kualitas buah melon. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pertanian presisi (*precision agriculture*) yang menekankan pemantauan kondisi tanah secara lebih detail untuk mendukung pengambilan keputusan pemupukan dan irigasi yang lebih tepat dan efisien.

Kedua, dari arsitektur sistem *monitoring*, kegiatan ini mengadopsi pendekatan *server* lokal dengan memanfaatkan Raspberry Pi 5B dan *database* MySQL. Pilihan ini didasarkan pada pertimbangan kemandirian dan keberlanjutan data bagi mitra, terutama di daerah dengan akses internet yang tidak selalu stabil^[2]. Sebagai pembanding, banyak sistem IoT pertanian lain, seperti yang diimplementasikan dalam berbagai pengabdian masyarakat, cenderung menggunakan *platform cloud* pihak ketiga (misalnya Blynk atau Antares) karena kemudahan dan kecepatan implementasinya^[3, 4]. Kedua pendekatan memiliki kelebihan masing-masing; penggunaan *server* lokal dalam kegiatan ini lebih menekankan pada aspek kedaulatan data dan kemandirian mitra dalam mengelola arsip historis pertanian mereka tanpa ketergantungan pada biaya langganan atau konektivitas internet yang berkelanjutan.

Ketiga, dari sisi kemandirian energi, penerapan sistem PLTS *off-grid* untuk irigasi pertanian telah banyak dibuktikan efektif dalam berbagai studi dan kegiatan pengabdian masyarakat sebelumnya. Penelitian oleh Bekak dkk. (2025) di Desa Oebau, Rote Ndao, mengimplementasikan sistem PLTS *off-grid* untuk pompa air irigasi dan menunjukkan bahwa sistem ini mampu memenuhi kebutuhan irigasi sawah tadah hujan serta memungkinkan petani memulai masa tanam lebih awal ketika musim hujan tiba^[5]. Studi serupa oleh Letik dkk. (2025) di Desa Oeltua, Kupang, berhasil memasang PLTS *off-grid* untuk pompa irigasi pada kebun ketahanan pangan dan melaporkan penurunan ketergantungan terhadap *genset* hingga 100% serta peningkatan keandalan irigasi harian^[6]. Sementara itu, penelitian oleh Panuntun (2025) di Kabupaten Kupang melakukan simulasi perencanaan sistem PLTS *off-grid* untuk irigasi menggunakan perangkat lunak PVSyst, yang menjadi rekomendasi teknis bagi kelompok tani dalam mengadopsi teknologi ini^[7].

Dengan demikian, sistem yang diimplementasikan di Desa Jabon merupakan integrasi dari pemantauan tanah *multi-parameter*, kemandirian data melalui *server* lokal, dan ketahanan energi berbasis PLTS. Racikan komponen ini secara khusus dirancang untuk menjawab tantangan budidaya melon yang membutuhkan konsistensi kondisi lingkungan dan ketersediaan nutrisi.

2.2 | Panel Surya

Sel surya merupakan komponen utama dalam sistem *Photovoltaic* (PV) yang berfungsi mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung^[8]. Prinsip kerjanya didasarkan pada efek fotovoltaiik, di mana foton dari cahaya matahari yang mengenai material semikonduktor (umumnya silikon) menyebabkan pergerakan elektron sehingga menghasilkan arus listrik searah (DC). Energi listrik yang dihasilkan kemudian dapat digunakan secara langsung atau disimpan dalam baterai, dan diubah menjadi arus bolak-balik (AC) melalui *inverter* untuk digunakan pada peralatan listrik.

Jenis panel yang digunakan dalam kegiatan ini adalah Longi 555 Wp Mono PERC *Halfcut*, yang memiliki efisiensi tinggi (sekitar 21–22%) serta stabil pada berbagai kondisi cuaca. Teknologi PERC (*Passivated Emitter Rear Cell*) meningkatkan penyerapan cahaya, sementara desain *Halfcut* membantu mengurangi hambatan listrik dan menjaga performa panel ketika sebagian area tertutup bayangan. Kombinasi ini menjadikan panel surya Longi 555 Wp efisien, tahan lama, dan ideal untuk aplikasi pertanian berbasis energi terbarukan.

2.3 | MPPT Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) berfungsi mengatur arus dan tegangan dari panel surya menuju baterai untuk mencegah arus balik dan *overcharge*^[9]. SCC melindungi sistem dari lonjakan arus (*overload protection*) dan memastikan pengisian baterai berjalan optimal. Jenis MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) bekerja dengan mencari titik daya maksimum dari panel surya agar efisiensi konversi energi mencapai nilai tertinggi^[10]. Teknologi MPPT dapat meningkatkan efisiensi sistem hingga 99%, menjaga kestabilan suplai daya, serta memperpanjang umur pakai baterai^[11].

2.4 | Baterai LiFePO₄

LiFePO₄ (*Lithium Iron Phosphate*) merupakan baterai berjenis *lithium-ion* yang memiliki keamanan tinggi, stabilitas termal baik, dan umur pakai panjang hingga lebih dari 2000–3000 siklus^[12]. Struktur kimianya membuat baterai ini tahan terhadap panas berlebih dan tidak mudah meledak, sehingga cocok untuk sistem tenaga surya. Baterai ini bekerja dengan perpindahan ion litium antara elektroda positif dan negatif selama proses pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*). Efisiensinya yang tinggi dan *self-discharge* rendah menjadikan LiFePO₄ ideal untuk menyimpan energi dari panel surya secara stabil dan berkelanjutan.

2.5 | Inverter

Inverter merupakan perangkat yang mengonversi arus searah (DC) dari baterai menjadi arus bolak-balik (AC) yang digunakan untuk beban listrik seperti pompa^[13]. *Inverter* jenis *pure sine wave* menghasilkan gelombang AC yang menyerupai listrik PLN sehingga aman untuk peralatan sensitif. Dalam kegiatan ini digunakan Taffware *Car Power Inverter* NBQ1000W yang memiliki efisiensi hingga 95% dan dilengkapi sistem proteksi terhadap kelebihan beban, suhu tinggi, dan korsleting. *Inverter* ini memungkinkan sistem irigasi beroperasi dengan daya yang stabil dan aman.

2.6 | Pompa Pendorong

Pompa pendorong (*booster pump*) berfungsi meningkatkan tekanan air dalam sistem irigasi agar distribusi air di seluruh *greenhouse* berjalan merata^[14]. Prinsip kerjanya menggunakan *impeller* untuk menciptakan perbedaan tekanan antara sisi masuk dan keluar pompa, menghasilkan aliran air yang kuat. Pompa 125 W digunakan dalam sistem ini karena konsumsi dayanya rendah dan sesuai dengan kapasitas suplai dari sistem panel surya.

2.7 | ESP32 dan Sistem Monitoring IoT

ESP32 merupakan mikrokontroler dengan konektivitas Wi-Fi dan *Bluetooth* yang umum digunakan pada aplikasi *Internet of Things* (IoT)^[15]. Dalam sistem ini, ESP32 berfungsi mengumpulkan data dari sensor-sensor listrik seperti PZEM-017 (untuk arus DC) dan PZEM-004T (untuk arus AC). Data dikirim ke *server* melalui jaringan Wi-Fi dan disimpan pada *database* MySQL. Sistem ini memungkinkan pemantauan performa panel surya, baterai, dan *inverter* secara *real-time*, serta memberikan peringatan dini apabila terjadi anomali pada sistem.

2.8 | Sensor PZEM dan Komunikasi RS485

Sensor PZEM-017 digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya pada jalur DC antara panel surya dan baterai^[12], sedangkan PZEM-004T digunakan untuk memantau konsumsi daya AC dari *inverter* ke pompa pendorong^[13]. Kedua sensor berkomunikasi dengan ESP32 menggunakan protokol *Modbus RTU* melalui antarmuka RS485, yang memungkinkan transmisi data stabil hingga jarak 1,2 km dan mendukung hingga 32 perangkat dalam satu jaringan^[15]. Komunikasi diferensial RS485 memastikan sistem *monitoring* tahan terhadap gangguan (*noise*) dan menjaga akurasi data.

2.9 | LM2596, MySQL, dan XAMPP

LM2596 adalah *switching regulator* tipe *step-down* yang menurunkan tegangan dari 12V ke 5V dengan efisiensi tinggi untuk menyuplai daya ke ESP32 dan sensor^[14]. Data hasil pengukuran disimpan dalam MySQL, yaitu sistem manajemen basis data relasional yang mengelola data sensor secara efisien menggunakan bahasa SQL^[16]. Proses integrasi dilakukan melalui *server* lokal menggunakan XAMPP, yang menyediakan lingkungan *server* berbasis Apache, PHP, dan MySQL, sehingga memungkinkan pengolahan data dan tampilan *dashboard monitoring* berbasis *web* secara langsung^[17].

3 | METODE KEGIATAN

3.1 | Tahapan Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang terstruktur, mulai dari tahap perencanaan hingga keberlanjutan program. Seluruh rangkaian kegiatan dilaksanakan selama empat bulan, yaitu dari September hingga Desember 2025, dengan tujuan memastikan proses alih teknologi berjalan secara bertahap hingga mitra mampu mengoperasikan sistem secara mandiri. Setiap tahapan dirancang untuk memastikan penerapan teknologi berjalan efektif dan sesuai dengan kebutuhan mitra di lapangan.



Gambar 1 Tahapan Pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat.

Pada tahap awal, yaitu bulan September 2025 (minggu ke-1 hingga minggu ke-3), dilakukan kegiatan sosialisasi dan koordinasi awal antara tim pelaksana, mitra kelompok tani, dan pihak terkait untuk menyamakan persepsi mengenai permasalahan yang dihadapi serta menjelaskan solusi teknologi yang akan diterapkan, yaitu sistem irigasi berbasis panel surya dan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT). Kegiatan dilanjutkan dengan survei dan identifikasi lahan *greenhouse* guna menentukan kondisi fisik, kebutuhan energi pompa air, serta lokasi optimal untuk pemasangan panel surya.



Gambar 2 Kondisi Eksisting Pada Lokasi Pengabdian.



Gambar 3 Kondisi Daun yang Terserang Penyakit.

Tahap berikutnya dilaksanakan pada akhir September hingga Oktober 2025 (minggu ke-4 September sampai minggu ke-3 Oktober), yaitu tahap perancangan sistem. Pada tahap ini dilakukan perancangan teknis sistem kelistrikan dan irigasi, termasuk penentuan kapasitas panel surya, MPPT *solar charge controller*, baterai, *inverter*, pompa air, serta integrasi perangkat *monitoring* berbasis ESP32 dan sensor PZEM. Hasil survei lapangan menjadi dasar dalam menentukan spesifikasi sistem agar mampu bekerja secara optimal dan aman terhadap kondisi lingkungan.

Selanjutnya pada akhir Oktober hingga November 2025 (minggu ke-4 Oktober sampai minggu ke-3 November) dilakukan pengadaan komponen dan instalasi sistem. Tahap ini meliputi pengadaan peralatan utama, pemasangan panel surya, instalasi sistem kelistrikan, pemasangan pompa pendorong, serta integrasi perangkat *monitoring* IoT. Setelah instalasi selesai, dilakukan uji coba sistem untuk memastikan bahwa sistem irigasi dapat beroperasi dengan baik serta data *monitoring* dapat ditampilkan secara *real-time*.

Tahap terakhir dilaksanakan pada akhir November hingga Desember 2025 (minggu ke-4 November sampai minggu ke-4 Desember) berupa *monitoring*, evaluasi, dan pendampingan mitra. Pada tahap ini dilakukan pemantauan performa sistem, evaluasi teknis, serta diskusi melalui kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD) bersama mitra untuk mengidentifikasi kendala yang muncul selama pengoperasian sistem. Selain itu, diberikan pelatihan dan pendampingan kepada mitra terkait pengoperasian, pemeliharaan, dan pemanfaatan sistem *monitoring*. Diadakan pelatihan operasional dan pemeliharaan sistem bagi mitra mengenai cara penggunaan dan perawatan sistem irigasi berbasis panel surya agar dapat dikelola secara mandiri. Setelah implementasi penuh, tim melaksanakan pendampingan dan evaluasi lanjutan untuk memastikan sistem berjalan stabil, mencakup pemantauan performa energi surya, efektivitas irigasi, serta konsistensi kualitas tanah. Sebagai langkah akhir, disusun strategi keberlanjutan program melalui transfer teknologi berupa dokumentasi teknis, buku panduan, dan video tutorial, serta rencana pengembangan

sistem bersama mitra dan kolaborasi dengan pemerintah daerah atau *stakeholder* lain guna memperluas penerapan teknologi di wilayah pedesaan.

Indikator keberhasilan pelatihan diukur secara kualitatif melalui beberapa aspek, yaitu tingkat partisipasi mitra dalam kegiatan pelatihan, kemampuan mitra dalam mengoperasikan sistem irigasi dan *monitoring* secara mandiri setelah pendampingan, serta keberhasilan mitra dalam melakukan pemeliharaan dasar sistem seperti memeriksa panel surya, koneksi sensor, dan operasional pompa. Evaluasi juga dilakukan melalui diskusi dan umpan balik dari mitra selama kegiatan berlangsung untuk mengetahui tingkat pemahaman serta kendala yang dihadapi dalam penggunaan teknologi.



Gambar 4 Dokumentasi Tim Pengabdian kepada Masyarakat ITS dan Mitra Saat Melakukan Pelatihan.

3.2 | Metode Pendekatan dan Penerapan Teknologi

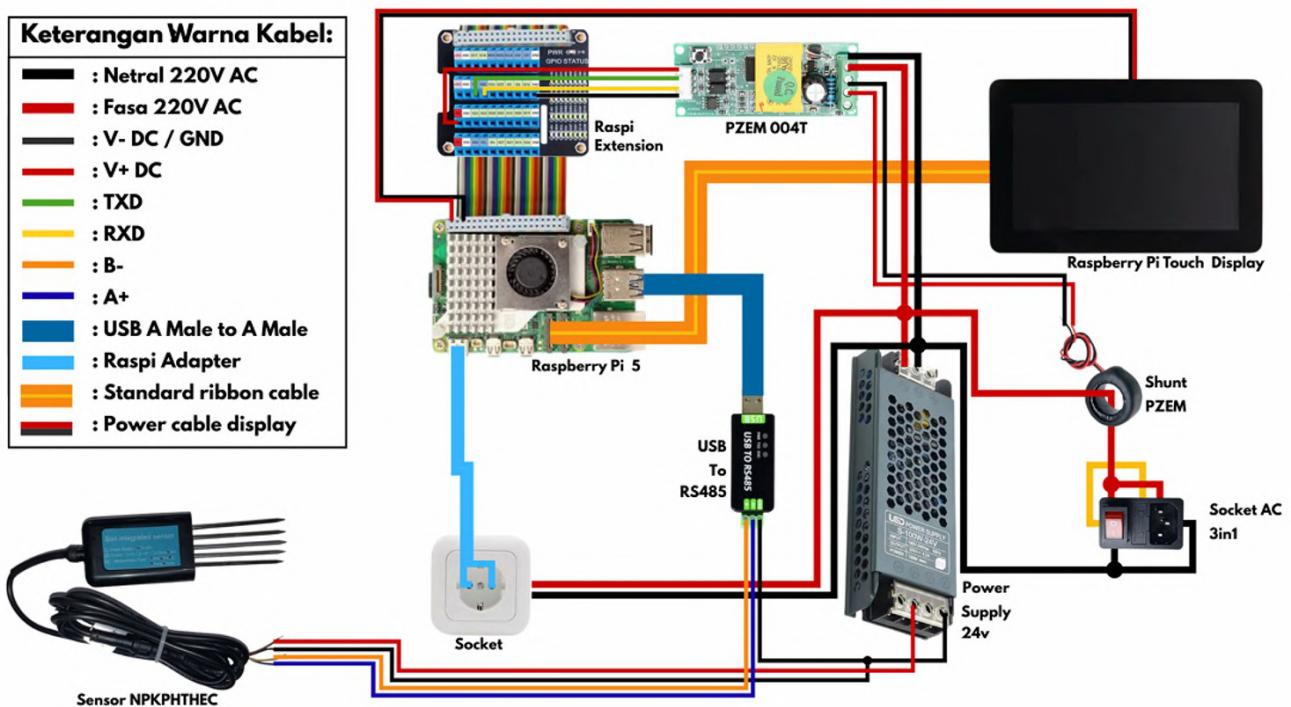
Metode pendekatan dalam kegiatan pengabdian ini dirancang untuk memastikan solusi yang diterapkan benar-benar menjawab kebutuhan mitra secara efektif dan berkelanjutan. Berdasarkan hasil diskusi dengan mitra, diperoleh dua permasalahan utama, yaitu inkonsistensi kualitas buah melon akibat faktor lingkungan yang belum terpantau dengan baik serta tingginya ketergantungan terhadap listrik PLN untuk sistem irigasi yang menimbulkan biaya operasional tinggi. Untuk mengatasinya, diterapkan sistem irigasi berbasis panel surya sebagai sumber energi mandiri dan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan sensor suhu, kelembapan, pH, dan daya listrik. Teknologi ini dirancang untuk meningkatkan produktivitas pertanian, efisiensi energi, serta mendukung pertanian berkelanjutan. Dalam pelaksanaannya, mitra dilibatkan secara aktif mulai dari tahap perancangan kebutuhan, instalasi, uji coba, hingga perawatan sistem agar terjadi proses *knowledge transfer* dan tercipta rasa kepemilikan terhadap teknologi yang diterapkan. Evaluasi dilakukan dengan menganalisis performa sistem melalui data *monitoring* dan umpan balik mitra sebagai dasar perbaikan di masa mendatang. Untuk menjaga keberlanjutan program, mitra dibekali dengan buku panduan, video tutorial, serta pendampingan lanjutan agar teknologi tetap berfungsi optimal dan memberikan dampak sosial-ekonomi yang berkelanjutan.

4 | HASIL DAN DISKUSI

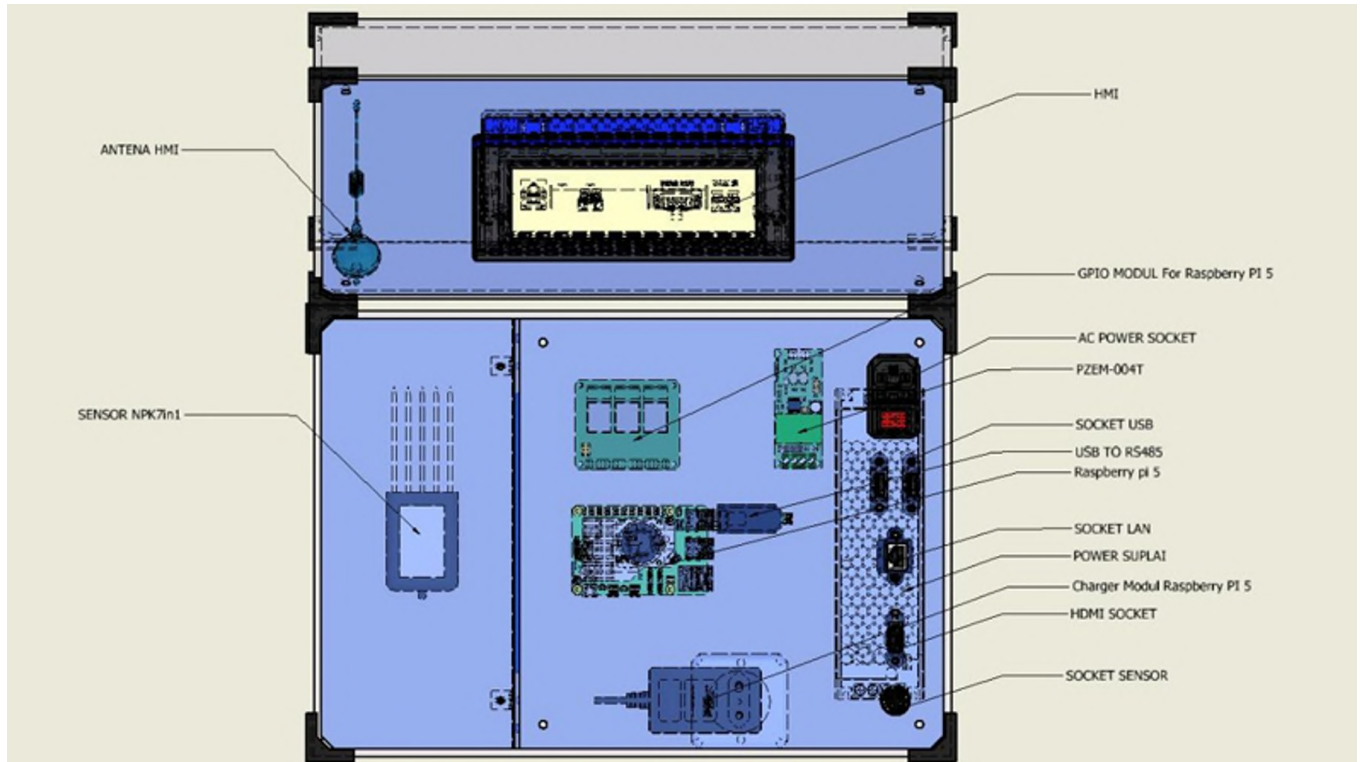
Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menghasilkan dua inovasi utama, yaitu sistem *monitoring* kualitas tanah berbasis *Internet of Things* (IoT) dan sistem irigasi berbasis panel surya. Kedua teknologi ini diimplementasikan secara terintegrasi untuk mendukung pertanian melon berkelanjutan di *greenhouse* Desa Jabon, Kabupaten Jombang. Hasil pengujian dan implementasi menunjukkan bahwa kedua sistem mampu meningkatkan efisiensi energi, mengurangi biaya operasional, serta membantu petani menjaga konsistensi kualitas buah melalui pemantauan lingkungan secara *real-time*.

4.1 | Teknologi dan Inovasi yang Diimplementasikan

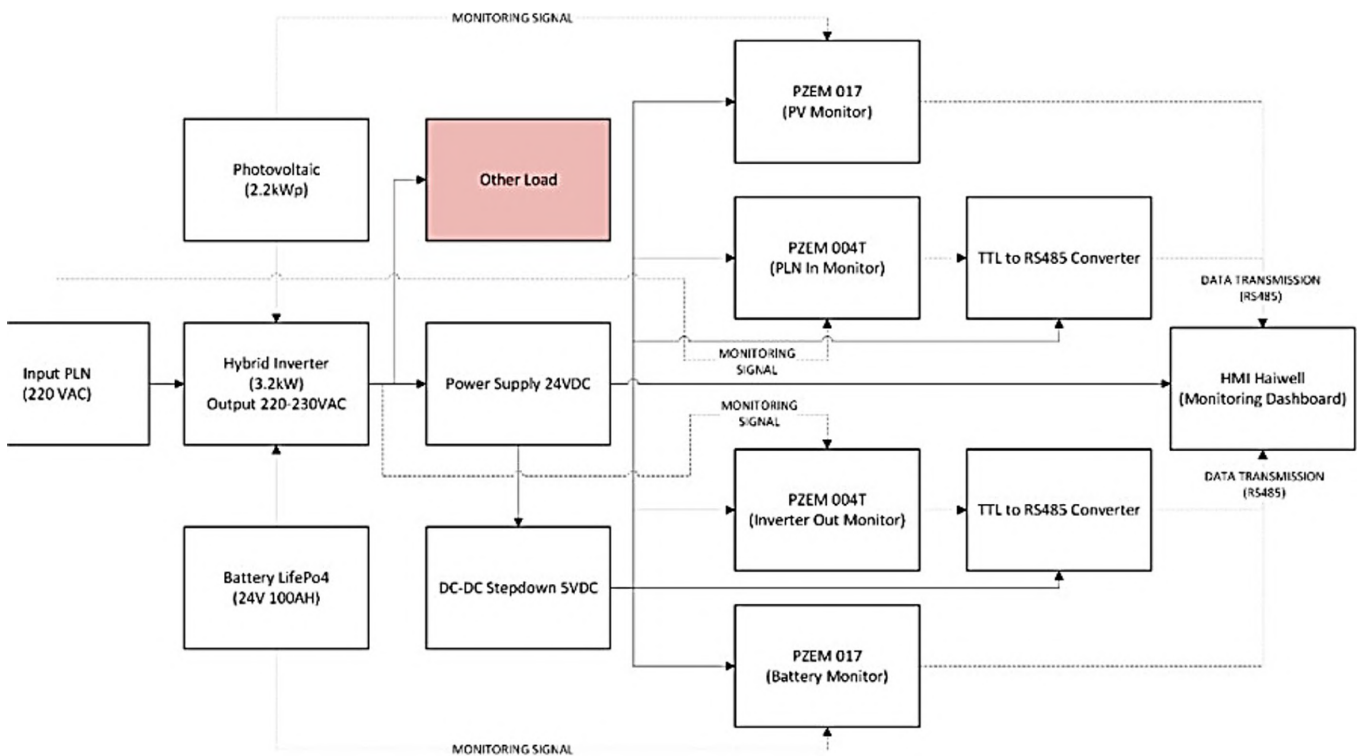
Terdapat dua sistem utama yang dikembangkan, yaitu sistem *monitoring* kualitas tanah dan sistem irigasi berbasis panel surya. Sistem *monitoring* dirancang untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time* dengan arsitektur yang ditunjukkan pada Gambar 5, sedangkan desain 3D sistem *hardware* berupa koper ditunjukkan pada Gambar 6. Sistem ini mengumpulkan data suhu, kelembapan, dan pH tanah, serta memprediksi tingkat kematangan buah berdasarkan parameter lingkungan. Data yang diperoleh dari sensor diolah menggunakan *machine interface* dan disimpan dalam basis data untuk analisis lanjutan. Desain 3D koper dirancang untuk menampung seluruh perangkat sistem *monitoring* tanaman secara *portable*, rapi, dan aman. Dengan konsep *portable case* ini, pengguna dapat membawa perangkat langsung ke area pertanian tanpa perlu instalasi tetap. Desain koper juga mendukung proses pengujian di lapangan dan mempermudah mobilitas alat. Sementara itu, sistem irigasi berbasis panel surya seperti ditunjukkan pada Gambar 7 menggunakan energi matahari untuk menggerakkan pompa air sehingga tidak bergantung pada pasokan listrik PLN. Teknologi ini tidak hanya hemat biaya, tetapi juga ramah lingkungan dan mudah dalam perawatan. Desain perangkat keras sistem *monitoring* ditunjukkan pada Gambar 6, yang menampilkan tata letak komponen utama, termasuk *Human Machine Interface* (HMI), Raspberry Pi 5B, komponen sirkuit sensor, serta *power supply* 12VDC.



Gambar 5 Arsitektur Sistem Monitoring Kualitas Tanah.



Gambar 6 Desain *Hardware* Sistem Monitoring Kualitas Tanah.



Gambar 7 Sistem Irigasi Berbasis Panel Surya.

4.2 | Spesifikasi Teknologi

Sistem *monitoring* kualitas tanah menggunakan sensor NPK 7-in-1 yang mampu mengukur tujuh parameter sekaligus, yaitu suhu tanah, pH, kelembapan, konduktivitas listrik (EC), serta kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Seluruh komponen terintegrasi dengan Raspberry Pi 5B untuk pengolahan data, serta HMI untuk tampilan visual pengguna. Sistem irigasi panel surya menggunakan komponen utama sebagai berikut: panel surya 500 Wp, *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) *solar charge controller*, baterai 12V 100Ah, pompa air 100W, serta modul ESP32 untuk pemantauan arus dan tegangan secara *real-time*. Luas *greenhouse* yang menjadi lokasi implementasi adalah 10 x 20 meter, sementara sistem PV ditempatkan di sekitar area pompa air dan bak pencampuran pupuk agar efisien dalam distribusi energi.

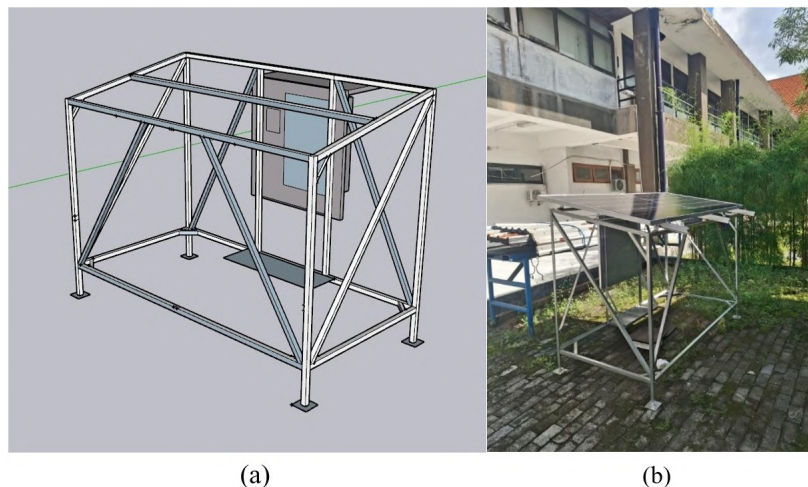
4.3 | Perancangan dan Perhitungan Sistem Energi Surya

Analisis kebutuhan energi menunjukkan total konsumsi beban harian sebesar 394 Wh/hari, dengan beban tertinggi terjadi pada pukul 06.00 dan 16.00 WIB, saat pompa pendorong beroperasi masing-masing selama satu jam. Berdasarkan hasil perhitungan, kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah 12V 100Ah tipe LiFePO₄ dengan dua hari otonomi dan *Depth of Discharge* (DoD) sebesar 80%. Kebutuhan daya panel surya dihitung sebesar 419,15 Wp, namun untuk memastikan ketersediaan energi pada kondisi penyinaran minimum, digunakan panel dengan kapasitas 555 Wp. Komponen pendukung lainnya yaitu MPPT dengan kapasitas 60A, serta *inverter* 12V 1000W *pure sine wave* untuk mengubah arus DC menjadi AC yang digunakan oleh pompa air.

4.4 | Simulasi Sistem Menggunakan PVSyst

Simulasi menggunakan perangkat lunak PVSyst menunjukkan bahwa sistem menghasilkan total energi tahunan sebesar 215,40 kWh, dengan energi yang dimanfaatkan pengguna sebesar 143,81 kWh. Nilai *Performance Ratio* (PR) sistem tercatat 0,137 (13,7%), yang menandakan bahwa sistem masih memiliki ruang untuk peningkatan efisiensi, terutama pada kapasitas penyimpanan energi dan pemanfaatan beban tambahan. Meskipun efisiensi belum optimal, pola energi menunjukkan kestabilan beban harian di kisaran 11,82–12,21 kWh, dengan variasi produksi mengikuti intensitas radiasi matahari bulanan. Hal ini menegaskan potensi sistem untuk dikembangkan menjadi sumber energi pertanian yang lebih efisien dengan penyesuaian kapasitas baterai.

4.5 | Pembuatan dan Instalasi Rangka PV



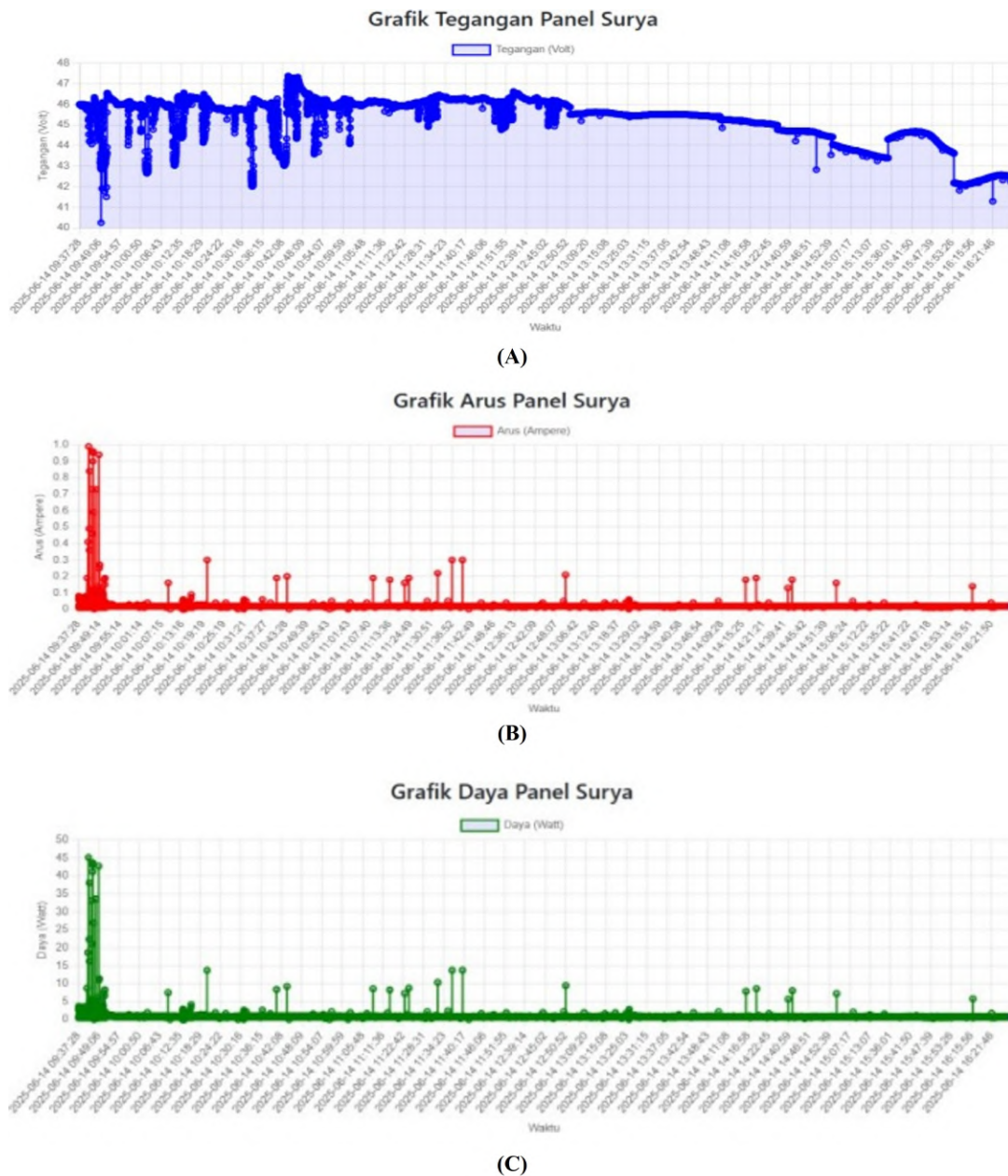
Gambar 8 (a) Desain Rangka (b) Realisasi Rangka.

Rangka panel surya dirancang untuk menjaga stabilitas dan keamanan perangkat terhadap faktor lingkungan. Rangka juga menjadiudukan bagi panel, *panel box*, baterai, serta komponen kelistrikan seperti MPPT, *inverter*, MCB, dan alat *monitoring*. Panel surya dipasang menghadap utara dengan kemiringan sekitar 11,3°, menyesuaikan posisi geografis lokasi (-7,59° LS) untuk memaksimalkan penyerapan cahaya matahari sepanjang hari. Realisasi pemasangan rangka ditunjukkan pada Gambar 8,

di mana posisi panel, baterai, dan *panel box* diatur agar mudah diakses untuk perawatan sekaligus terlindungi dari hujan dan panas langsung.

4.6 | Monitoring dan Integrasi Data Sistem PV

Proses *monitoring* dilakukan untuk memastikan sistem tenaga surya berfungsi secara optimal dalam menyediakan energi bagi sistem irigasi dan perangkat *monitoring* di *greenhouse*. Pengujian ini menggunakan sensor PZEM-017 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 melalui komunikasi RS485 dengan protokol *Modbus RTU*. Sensor digunakan untuk mengukur parameter listrik berupa tegangan, arus, dan daya pada tiga titik utama sistem, yaitu keluaran panel surya, baterai, dan *inverter*.



Gambar 9 (a) Grafik tegangan panel surya, (b) Grafik arus panel surya, (c) Grafik daya panel surya.

Pada tahap awal, pengujian dilakukan di laboratorium menggunakan *power supply* sebagai sumber tegangan DC dan *resistor box* sebagai beban. Hasil menunjukkan bahwa sensor PZEM-017 mampu membaca nilai tegangan, arus, dan daya secara akurat dan stabil. Data hasil pengukuran dikirimkan secara serial ke ESP32, kemudian diteruskan ke *database* MySQL di *server* lokal melalui koneksi WiFi. Hasil pembacaan ini menunjukkan bahwa sistem *monitoring* bekerja dengan baik dan mampu memberikan data *real-time* yang dapat digunakan untuk analisis performa sistem tenaga surya.

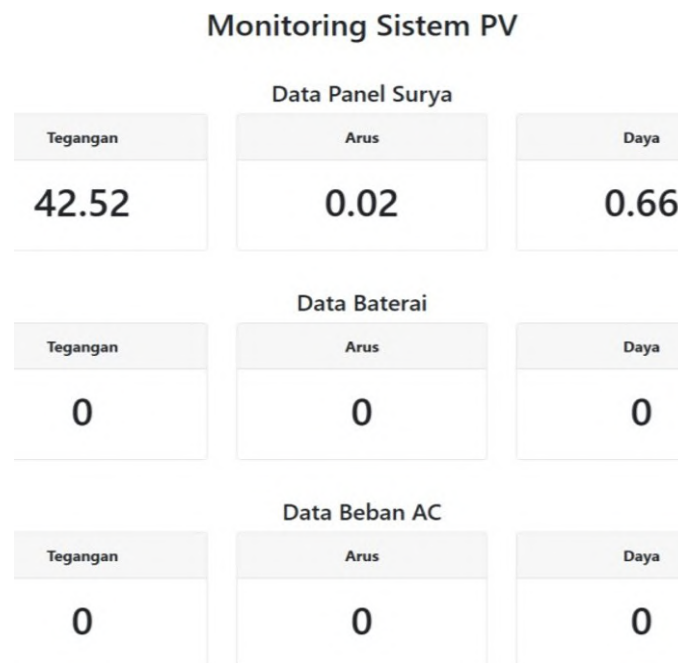
Pengujian lapangan dilakukan dengan menghubungkan sensor pada sumber tegangan PV dan beban berupa baterai LiFePO₄ 7,2Ah 12,8V. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Tegangan tertinggi tercatat sebesar 47,3V pada pukul 10.43 saat kondisi langit cerah, sementara tegangan terendah sebesar 40,25V terjadi pada pukul 09.49 saat panel tertutup awan. Hal ini menunjukkan bahwa performa *output* tegangan panel surya berbanding lurus dengan kondisi pencahayaan lingkungan.

Arus panel juga menunjukkan fluktuasi signifikan yang menggambarkan proses *charging* baterai. Arus puncak sebesar 0,59A terjadi pada pukul 09.47, ketika baterai menerima daya maksimum dari panel surya. Daya maksimum yang dihasilkan pada kondisi tersebut mencapai 26,97W, menandakan sistem sedang berada pada fase pengisian daya optimal. Hasil ini mengonfirmasi bahwa sistem PV mampu menyesuaikan kinerja sesuai dengan intensitas penyinaran matahari dan kebutuhan beban.

Data hasil pengukuran dari ESP32 dikirimkan ke *server* lokal menggunakan protokol HTTP (metode GET). File PHP pada *server* (*kirimdata.php*) bertugas menerima, memproses, dan menyimpan data tersebut ke dalam *database* MySQL. Struktur tabel *database* mencakup kolom waktu, tegangan, arus, dan daya, yang memungkinkan pelacakan historis performa sistem.

Data yang tersimpan divisualisasikan dalam bentuk angka dan grafik interaktif berbasis *web* (file *index.php*) menggunakan bahasa pemrograman PHP dan HTML, seperti grafik tegangan, arus, dan daya dari panel surya, baterai, serta *inverter*. *Dashboard web* ini menampilkan pembaruan data secara otomatis melalui koneksi WiFi antara mikrokontroler dan *web server*, memungkinkan pengguna untuk memantau performa sistem tenaga surya secara *real-time*.

Berdasarkan hasil uji coba, sistem *monitoring* berhasil menampilkan data dinamis dengan nilai tegangan 14,94 V, arus 0,13 A, dan daya 1,94 W saat pengujian laboratorium menggunakan *resistor box* sebagai beban. *Dashboard* yang ditampilkan pada Gambar 12 menunjukkan tampilan visual dari data yang direkam di MySQL, di mana pengguna dapat mengamati perubahan parameter listrik setiap detik dan mendeteksi potensi gangguan sistem sejak dini.



Gambar 10 Monitoring Sistem PV.

Dashboard sistem monitoring yang ditunjukkan pada Gambar 10 memperlihatkan kemampuan sistem menampilkan data dinamis dengan pembaruan otomatis. Dengan demikian, pengguna dapat mengidentifikasi kondisi sistem dan mendeteksi potensi gangguan secara dini.

4.7 | Monitoring Kualitas Tanah Menggunakan Sensor NPK 7-in-1

Sistem *monitoring* kualitas tanah dikembangkan menggunakan sensor NPK 7-in-1 yang mampu mengukur parameter penting seperti nitrogen, fosfor, kalium, pH, suhu, kelembapan, dan konduktivitas tanah. Sensor diintegrasikan dengan Raspberry Pi melalui komunikasi *Modbus RTU* (RS485), sehingga data dapat dibaca secara stabil dan ditampilkan secara *real-time* pada *Raspberry Pi Touch Display 2* (7").

Kemudian, dilakukan validasi pembacaan sensor terhadap alat ukur manual di lapangan. Validasi pembacaan sensor merupakan tahap penting untuk memastikan bahwa nilai yang dihasilkan oleh sistem *monitoring* berbasis sensor memiliki tingkat akurasi yang dapat diterima. Pada tahap ini, hasil pembacaan sensor NPK 7-in-1 dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat manual atau alat referensi lapangan (seperti *soil test kit*, pH meter manual, atau termometer tanah analog). Validasi dilakukan untuk menilai kesesuaian data serta mengukur deviasi yang mungkin terjadi antara sensor dengan alat pembanding.

Proses kalibrasi dan validasi lapangan menunjukkan bahwa pembacaan sensor memiliki tingkat kestabilan yang baik selama pengujian. Berdasarkan data pada Tabel 1, nilai kelembapan tanah berada pada kisaran 90,0–90,7% dengan deviasi sekitar $\pm 0,35\%$, sedangkan suhu tanah berada pada kisaran 25,5–25,9 °C dengan deviasi sekitar $\pm 0,2$ °C. Nilai pH tanah terukur pada rentang 5,6–6,5 dengan deviasi sekitar $\pm 0,45$ unit pH selama periode pengamatan. Untuk parameter unsur hara, nilai nitrogen berada pada rentang 540–561 mg/kg dengan deviasi sekitar $\pm 10,5$ mg/kg, kalium pada rentang 1302–1346 mg/kg dengan deviasi sekitar ± 22 mg/kg, serta fosfor pada rentang 1216–1343 mg/kg dengan deviasi sekitar $\pm 63,5$ mg/kg. Nilai konduktivitas tanah setelah kondisi sensor stabil berada pada kisaran 2772–2875 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dengan deviasi sekitar $\pm 51,5$ $\mu\text{S}/\text{cm}$, sementara pembacaan awal sebesar 5863 $\mu\text{S}/\text{cm}$ diidentifikasi sebagai nilai transien pada saat sensor pertama kali melakukan pembacaan sehingga tidak digunakan dalam analisis kestabilan data. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem *monitoring* berbasis sensor mampu memberikan pembacaan parameter tanah yang relatif stabil selama proses pengujian di lapangan.

Tabel 1 Hasil Uji Coba Kesehatan Tanah

Waktu Pengujian	Kelembapan	Konduktivitas	Nitrogen	Kalium	Suhu Tanah	pH Tanah	Fosfor
23.05	90.2%	5863 $\mu\text{S}/\text{cm}$	559 mg/kg	1340 mg/kg	25.8 °C	6.5	1318 mg/kg
23.06	90.7%	2875 $\mu\text{S}/\text{cm}$	561 mg/kg	1346 mg/kg	25.9 °C	6.4	1343 mg/kg
23.07	90.4%	2852 $\mu\text{S}/\text{cm}$	556 mg/kg	1335 mg/kg	25.9 °C	6.2	1332 mg/kg
23.08	90.2%	2863 $\mu\text{S}/\text{cm}$	559 mg/kg	1340 mg/kg	25.9 °C	6.1	1338 mg/kg
23.09	90.2%	2818 $\mu\text{S}/\text{cm}$	549 mg/kg	1318 mg/kg	25.9 °C	6.0	1216 mg/kg
23.10	90%	2795 $\mu\text{S}/\text{cm}$	544 mg/kg	1307 mg/kg	25.8 °C	5.9	1305 mg/kg
23.11	90.2%	2795 $\mu\text{S}/\text{cm}$	544 mg/kg	1307 mg/kg	25.8 °C	5.8	1305 mg/kg
23.12	90%	2784 $\mu\text{S}/\text{cm}$	544 mg/kg	1329 mg/kg	25.8 °C	5.7	1326 mg/kg
23.13	90%	2784 $\mu\text{S}/\text{cm}$	544 mg/kg	1302 mg/kg	25.8 °C	5.7	1299 mg/kg
23.14	90%	2772 $\mu\text{S}/\text{cm}$	540 mg/kg	1307 mg/kg	25.5 °C	5.6	1294 mg/kg

4.8 | Analisis Efektivitas Sistem

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu menyediakan energi listrik stabil untuk mendukung kegiatan irigasi tanpa ketergantungan terhadap jaringan PLN. Selain itu, sistem *monitoring* mempermudah pengawasan kondisi lingkungan dan performa sistem energi secara simultan. Kombinasi kedua sistem ini memberikan dampak langsung terhadap efisiensi operasional *greenhouse* serta peningkatan kualitas hasil panen. Kegiatan ini juga memperkuat kapasitas mitra dalam mengadopsi teknologi pertanian modern serta meningkatkan pemahaman mereka terhadap konsep pertanian berkelanjutan berbasis energi terbarukan.

4.9 | Evaluasi dan Dampak Sosial-Ekonomi

Inovasi Sistem IoT untuk *Monitoring* Kualitas Tanah dan Sistem Irigasi Energi Surya memberikan perubahan yang nyata bagi mitra kelompok tani, baik dari sisi teknis, sosial, maupun ekonomi.

Dari sisi teknis, penggunaan sistem tenaga surya berhasil menggantikan sebagian kebutuhan energi listrik dari jaringan PLN, sehingga kegiatan irigasi dapat berjalan secara mandiri tanpa bergantung pada pasokan listrik konvensional. Sistem ini juga membantu menjaga kestabilan suplai air di *greenhouse*, terutama saat terjadi pemadaman listrik atau fluktuasi daya. Melalui sistem *monitoring* berbasis IoT, mitra dapat memantau kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, serta performa sistem energi secara *real-time*, sehingga pengelolaan *greenhouse* menjadi lebih efisien dan terukur.

Dari sisi ekonomi, penerapan teknologi ini berdampak langsung pada pengurangan biaya operasional. Berdasarkan estimasi teknis, pompa irigasi 125 W yang dioperasikan selama 2 jam setiap hari mengonsumsi energi sebesar 7,5 kWh per bulan. Dengan tarif listrik PLN rata-rata Rp1.444/kWh, jika masih menggunakan listrik konvensional, mitra harus mengeluarkan biaya sekitar Rp10.800 per bulan. Dengan beralih ke sistem tenaga surya *off-grid*, beban biaya listrik tersebut dapat dihilangkan sepenuhnya (0 rupiah), sehingga memberikan penghematan biaya operasional yang langsung dirasakan oleh kelompok tani.

Dari sisi sosial, kegiatan ini memperkuat kapasitas dan kemandirian kelompok tani dalam mengelola teknologi terapan. Melalui pelatihan, pendampingan, dan proses instalasi yang melibatkan mitra secara langsung, terjadi transfer pengetahuan yang mendorong petani lebih percaya diri untuk mengoperasikan serta melakukan perawatan mandiri terhadap sistem. Kolaborasi antara tim pengabdian, mahasiswa, dan masyarakat juga menumbuhkan semangat gotong royong serta meningkatkan kesadaran akan pentingnya penerapan energi terbarukan dalam kegiatan pertanian.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Program penerapan sistem tenaga surya untuk irigasi pada *greenhouse* berhasil memberikan solusi nyata terhadap dua permasalahan utama mitra, yaitu ketergantungan terhadap listrik PLN dan inkonsistensi kualitas hasil pertanian. Melalui penggunaan panel surya berkapasitas 555 Wp, baterai LiFePO 12 V 100 Ah, *inverter* 1000 W, serta MPPT berarus maksimal 60 A, sistem ini mampu mengoperasikan pompa irigasi 125 W selama dua jam per hari secara mandiri dan berkelanjutan tanpa perlu pasokan listrik konvensional. Selain itu, integrasi sistem *monitoring* berbasis IoT menggunakan sensor PZEM-017 dan mikrokontroler ESP32 memungkinkan pemantauan parameter kelistrikan (tegangan, arus, dan daya) secara *real-time* melalui *dashboard* berbasis *web*, sehingga mempermudah pengawasan performa sistem.

Pada sisi *monitoring* tanah, sensor NPK 7-in-1 yang terhubung ke Raspberry Pi berhasil menampilkan parameter kondisi tanah secara *real-time*, meliputi pH, suhu, kelembapan, konduktivitas (EC), serta kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium. Hasil validasi menunjukkan bahwa pembacaan sensor memiliki akurasi yang dapat diterima ketika dibandingkan dengan alat ukur manual, sehingga sistem ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan pemupukan dan manajemen tanah di *greenhouse*.

Hasil menunjukkan bahwa sistem ini memiliki potensi besar dalam mendukung efisiensi energi pada pertanian modern, meskipun masih terdapat ruang untuk peningkatan terutama dalam hal pemanfaatan energi yang baru mencapai 33% dari total produksi panel surya. Optimalisasi kapasitas baterai dan penyesuaian beban disarankan untuk meningkatkan efisiensi sistem dan mengurangi energi yang terbuang.

Secara keseluruhan, penerapan teknologi ini memberikan dampak positif bagi keberlanjutan pertanian di Desa Jabon. Sistem irigasi berbasis energi surya terbukti mampu menekan biaya operasional, mengurangi ketergantungan pada listrik PLN, serta menjadi model penerapan *smart farming* yang ramah lingkungan dan berorientasi pada energi terbarukan. Ke depan, teknologi ini berpotensi direplikasi pada komoditas hortikultura lain dan menjadi langkah strategis menuju kemandirian energi di sektor pertanian berkelanjutan.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi melalui Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan atas dukungan pendanaan melalui Program Pengabdian kepada Masyarakat, Skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat Batch III Tahun Anggaran 2025 dengan nomor kontrak 3282/PKS/ITS/2025. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan kegiatan ini, khususnya mitra kelompok tani di Desa Jabon, Kabupaten Jombang, yang telah memberikan kerja sama, dukungan, dan partisipasi aktif selama proses perancangan hingga implementasi sistem. Berkat sinergi antara DRPM, tim pelaksana, dan masyarakat mitra, kegiatan pengabdian ini dapat terlaksana dengan baik dan memberikan manfaat nyata dalam mendukung pertanian berkelanjutan berbasis energi terbarukan.

Referensi

1. Bonardo D, Alajuri MHS, Bavitra B, Harahap BI, Afriadi A. Design and Implementation of a Solar-Powered Automatic Plant Irrigation System in Kampung Gisi, Bintan Regency, Riau Islands. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement)* 2025 Dec;11(4):247–251.
2. Malik PK, Bharti V, Misra N, Yamsani N, Mahajan A, Singh P. Peer-to-Peer Integrated Smart Gardening Automation Using Cloud Technology with Real-Time Environmental Monitoring and Logging via Blynk Cloud Dashboard. In: 2025 International Conference on Intelligent Control, Computing and Communications (IC3 2025); 2025. p. 436–440.
3. Darmawan IWB, Kumara INS, Khrisne DC. SMART GARDEN SEBAGAI IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL DAN MONITORING TANAMAN BERBASIS TEKNOLOGI CERDAS. *Jurnal SPEKTRUM* 2022 Jan;8(4):161–170.
4. Hidayatullah BA, Apriliana, Nurung M, Humam F, Oktaviany D, Utama L. Pengembangan Hidroponik Berbasis Internet of Things (HydroTech) pada KSM Maju Jaya. *Jurnal Pengabdian Teknik Komputer* 2025 Oct;1(1):1–6. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/japtekomp/article/view/11377>, accessed: Mar. 12, 2026.
5. Bekak DO, Badjowawo MD, Laleb IO, Pabiban D. Installation of an Off-Grid Solar-Powered Water Pump System for Agricultural Irrigation in Oebau Village, Pantai Baru District, Rote Ndao Regency. In: *Advances in Engineering Research*, vol. 283; 2025. p. 566–573.
6. Letik DM, et al. Perancangan dan Implementasi PLTS Off-Grid untuk Pompa Air Irigasi pada Kebun Ketahanan Pangan Desa Oeltua. *Diakoneo: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* 2025 Dec;2(1):73–86. <https://diakoneo.pnk.ac.id/index.php/abdipoliku/article/view/52>, accessed: Mar. 12, 2026.
7. Panuntun KB, Perencanaan Desain Sistem PLTS Pada Sistem Pompa Irigasi PLTS Off-Grid Dengan Simulasi PVSyst Di Kabupaten Kupang; 2025. Technical Report/Paper.
8. Safitri N, et al. Buku Teknologi Photovoltaic; 2025. <https://scholar.google.com/scholar?cluster=12229244108670929200>, accessed: Oct. 07, 2025.
9. Foster R, Ghassemi M, Cota A. *Solar Energy*. CRC Press; 2009.
10. Di Piazza MC, Vitale G. PV Emulators: Concepts and Realization. In: *Photovoltaic Sources: Modeling and Emulation* Springer; 2013.p. 175–191.
11. Uprety S, Lee H. A 93%-power-efficiency photovoltaic energy harvester with irradiance-aware auto-reconfigurable MPPT scheme achieving >95% MPPT efficiency across 650μW to 1W and 2.9ms FOCV MPPT transient time. *Dig Tech Pap IEEE Int Solid-State Circuits Conf (ISSCC)* 2017 Mar;60:378–379.
12. PZEM-017 300V 300A Shunt+USB Cable Car Voltmeter DC Ampere Meter RS485. Peacefair; 2025.
13. Peacefair PZEM-004T AC Multi-function Electric Energy Metering Power Monitor. Peacefair; 2025.
14. onsemi. LM2596 - 3.0 A, Step-Down Switching Regulator; 2025, www.onsemi.com, accessed: Oct. 07, 2025.

15. Gunoto P, et al. PERANCANGAN ALAT SISTEM MONITORING DAYA PANEL SURYA BERBASIS INTERNET OF THINGS. SIGMA TEKNIKA 2022 Nov;5(2):285–294.
16. Beaulieu A. Learning SQL: Master SQL Fundamentals. O'Reilly Media; 2020. <https://books.google.co.id/books?id=FwKHDwAAQBAJ>, accessed: Oct. 07, 2025.
17. Davitadze Z, Partenadze G, Djincharadze E. Graphical visualization of data measurement of programmable microcontroller according to ARDUINO-project example. In: Proceedings of 2016 IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS 2016); 2016. .

Cara mengutip artikel ini: Rahayu, L. P., Priambodo, J., Rahadiantino, L., Nasir, Z. I. C., Alvionita, S. W., Choirudiansyah, B. (2026), Inovasi Sistem *IoT* untuk Monitoring Kualitas Tanah dan Sistem Irigasi Energi Surya dalam Meningkatkan Produktivitas Petani Melon di Desa Jabon, Kabupaten Jombang, *Sewagati*, 10(2):277–293, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i2.8821>.