



Penerapan *Smart Farming* Berbasis Energi Surya pada *Greenhouse* Hidroponik Melon di Sukodono, Panceng, Gresik, Jawa Timur

Nur Afiyat^{1*}, Suparno², Faqihatin³

¹ Program Studi Teknik Elektro Universitas Qomaruddin, Gresik, Indonesia

² Program Studi Teknik Industri Universitas Qomaruddin, Gresik, Indonesia

³ Program Studi Teknik Informatika Universitas Qomaruddin, Gresik, Indonesia

*Corresponding author: nurafiyat@uqgresik.ac.id

Received 14-09-2025

Revised 13-10-2025

Published 02-12-2025

ABSTRAK

Program pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi dan produktivitas melon hidroponik melalui pertanian cerdas bertenaga surya di *greenhouse* BUMDes Subur Makmur, Sukodono, Panceng, Gresik. Permasalahan utama adalah tingginya biaya listrik akibat ketergantungan pada jaringan listrik nasional (PLN) serta penyediaan nutrisi yang masih manual. Solusinya adalah sistem PLTS *off-grid* dengan konfigurasi 2P2S yang menghasilkan daya 920 W, terintegrasi dengan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk pengelolaan nutrisi secara otomatis. Kegiatan meliputi pemasangan PLTS, penerapan sistem IoT, pelatihan, dan evaluasi. Hasil menunjukkan bahwa sistem PLTS sepenuhnya mampu memenuhi kebutuhan listrik *greenhouse*, sehingga mencapai penghematan biaya listrik sebesar 100%, sementara otomatisasi meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi. Setelah pelatihan, tenaga kerja mitra dapat mengoperasikan dan memelihara sistem PLTS dan IoT secara mandiri. Program ini memperkuat kemandirian energi, meningkatkan efisiensi produksi, serta mendukung pencapaian SDGs 7 dan 9.

Kata kunci: *Smart farming*; energi surya; IoT; hidroponik; pengabdian masyarakat.

ABSTRACT

This community service program aims to improve energy efficiency and hydroponic melon productivity through solar-powered smart farming at the Subur Makmur BUMDes greenhouse, Sukodono, Panceng, Gresik. The main issues are high electricity costs from reliance on the national grid (PLN) and manual nutrient supply. The solution is an off-grid solar PV system with a 2P2S configuration generating 920 W, integrated with an Internet of Things (IoT)-based system for automated nutrient management. Activities include PV installation, IoT deployment, training, and evaluation. Results show the PV system fully meets the greenhouse's electricity demand, achieving 100% cost savings, while automation increases water and nutrient efficiency. After training, the partner's workforce can operate and maintain the PV and IoT systems independently. This program strengthens energy self-sufficiency, enhances production efficiency, and contributes to the achievement of SDGs 7 and 9.

Keywords: *Smart farming*; solar energy; IoT; hydroponics; community service

PENDAHULUAN

Pertanian modern terus mengalami transformasi seiring meningkatnya kebutuhan pangan dan keterbatasan sumber daya alam. Salah satu bentuk inovasi



yang banyak diterapkan adalah sistem pertanian berbasis *greenhouse* hidroponik. Sistem ini memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap lingkungan tumbuh, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil produksi (Christy, 2020) (Susanti dkk., 2024). Komoditas melon menjadi salah satu tanaman hortikultura yang berkembang pesat melalui metode hidroponik karena dapat diproduksi dengan standar kualitas tinggi serta memiliki nilai ekonomi yang kompetitif (Kustiari dkk., 2023). Akan tetapi, operasional *greenhouse* hidroponik masih menghadapi berbagai kendala, terutama yang berkaitan dengan ketersediaan energi listrik, sistem monitoring yang belum terintegrasi, serta tingginya beban biaya operasional. Ketergantungan penuh pada listrik dari PLN menjadikan biaya produksi tidak efisien dan rentan terhadap kenaikan tarif listrik. Selain itu, penggunaan metode manual dalam penyiraman dan pemberian nutrisi menurunkan efektivitas tenaga kerja dan efisiensi pemanfaatan air maupun pupuk (Nuzuliyah dkk., 2024). Permasalahan ini juga ditemukan pada BUMDes Subur Makmur, Sukodono, Panceng, Gresik, yang mengelola *greenhouse* hidroponik melon dengan kapasitas 260 tanaman.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa integrasi energi terbarukan berbasis surya dengan sistem pertanian presisi dapat memberikan solusi yang berkelanjutan. Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* di berbagai lokasi di Indonesia terbukti menekan biaya operasional pertanian sekaligus mendukung kemandirian energi (Rudiyanto dkk., 2023) (Fauzi dkk., 2024). Di Jepara, penerapan *smart greenhouse* berbasis *photovoltaic* mampu menyediakan pasokan energi listrik yang stabil untuk budidaya sayuran hidroponik (Riansyah dkk., 2023). Penelitian lain di Semarang juga melaporkan bahwa pemanfaatan *greenhouse* hidroponik tenaga surya dapat meningkatkan kapasitas usaha tani perempuan melalui penghematan biaya listrik serta pelatihan manajemen (Masdjojo dkk., 2024). Selanjutnya, implementasi PLTS terintegrasi dengan sistem pompa air berbasis *photovoltaic* terbukti mampu menunjang kebutuhan pangan masyarakat (Putra dkk., 2023). Dengan demikian, pemanfaatan PLTS tidak hanya menjawab persoalan biaya energi, tetapi juga mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan terkait energi bersih dan terjangkau (SDGs 7).

Selain aspek energi, perkembangan *Internet of Things* (IoT) dan sistem sensor nirkabel membuka peluang besar dalam mendukung *smart farming*. IoT memungkinkan proses monitoring dan pengendalian kondisi lingkungan dilakukan secara otomatis dan *real-time* (Bafdal & Ardiansah, 2020) (Apriyani dkk., 2025). Berbagai penelitian membuktikan efektivitas IoT dalam pertanian hidroponik. Di Gowa, pemanfaatan panel surya yang terintegrasi dengan sistem hidroponik cerdas berbasis IoT terbukti meningkatkan efisiensi pemakaian air dan nutrisi (Muslimin dkk., 2024). Penelitian lain di Sukoharjo juga mengembangkan *smart farming* berbasis IoT untuk mendukung produksi hidroponik secara lebih efisien (Rahutomo dkk., 2022). Selain itu, perancangan *node sensor* nirkabel berbasis ESP32 dan NRF24L01 telah diaplikasikan untuk memantau suhu dan kelembapan lahan pertanian dengan konsumsi energi rendah (Wirawan & Nugroho, 2023) (Setiawan & Cristianto, 2021).

Implementasi *smart plant monitoring* untuk hidroponik melon pun dilaporkan berhasil meningkatkan efisiensi kerja operator (Muftashiva dkk., 2024). Hal ini sejalan dengan penelitian yang menegaskan transformasi kebun hidroponik konvensional menjadi *energy-efficient smart urban farming* berbasis IoT mampu menurunkan konsumsi energi dan meningkatkan produktivitas (Sugiarto dkk., 2024).

Kegiatan pengabdian masyarakat di berbagai daerah juga telah menunjukkan kontribusi positif dari integrasi PLTS dan IoT. (Prayogi dkk., 2024) melaporkan implementasi PLTS untuk mendukung pengembangan usaha hidroponik skala kecil yang mampu menurunkan biaya listrik dan meningkatkan keberlanjutan usaha tani. (Prastio dkk., 2022) menegaskan bahwa pemanfaatan PLTS 900 Wp *off-grid* secara signifikan mampu meningkatkan intensifikasi produksi kelompok tani hidroponik. Sementara itu, (Masdjojo dkk., 2024) melalui program pengabdian melaporkan keberhasilan penerapan *greenhouse* hidroponik tenaga surya yang diikuti dengan pelatihan manajemen untuk peningkatan kapasitas usaha (Rohman et al., 2021). Penelitian terbaru bahkan menggarisbawahi pentingnya analisis kelayakan usaha melon dengan *smart greenhouse* untuk memastikan keberlanjutan finansial jangka Panjang (Nuzuliyah dkk., 2024). Secara umum, hasil-hasil ini menunjukkan bahwa penerapan energi surya dan otomasi IoT bukan sekadar solusi teknis, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas sumber daya manusia mitra pertanian (Sriwijaya et al., 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, kegiatan pengabdian ini ditujukan untuk menjawab permasalahan mitra BUMDes Subur Makmur melalui penerapan *smart farming* berbasis PLTS dan IoT. Solusi yang ditawarkan berupa instalasi PLTS *off-grid* dengan konfigurasi 2P2S berdaya 920 W yang sepenuhnya mampu memenuhi kebutuhan listrik *greenhouse*, serta penerapan sistem IoT untuk otomatisasi penyiraman dan pemberian nutrisi. Dengan pendekatan ini, diharapkan terjadi efisiensi biaya energi hingga 100% sekaligus peningkatan efisiensi tenaga kerja, air, dan nutrisi. Selain itu, kegiatan ini juga melibatkan pelatihan operasional dan perawatan sistem bagi tenaga kerja mitra sehingga mampu meningkatkan kapasitas dan kemandirian dalam mengelola teknologi baru. Program ini sejalan dengan pencapaian SDGs 7 (Energi Bersih dan Terjangkau) dan SDGs 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur), serta mendukung implementasi Asta Cita dan Indikator Kinerja Utama (IKU) perguruan tinggi. Dengan keterlibatan dosen dan mahasiswa, kegiatan ini juga memberikan ruang pembelajaran praktis dalam kerangka Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM).

METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini disusun secara terencana dan sistematis agar setiap tahapan dapat berjalan efektif serta mencapai tujuan program penerapan smart farming berbasis energi surya dan IoT. Proses pelaksanaan melibatkan rangkaian kegiatan yang terintegrasi mulai dari tahap perencanaan hingga evaluasi, dengan partisipasi aktif dari mitra dan tim pelaksana. Secara umum, alur kegiatan pengabdian ini digambarkan pada Gambar 1, yang menunjukkan urutan langkah-langkah pelaksanaan program secara menyeluruh.



Gambar 1. Alur Kegiatan Pengabdian Penerapan Smart Farming Berbasis Energi Surya dan IoT

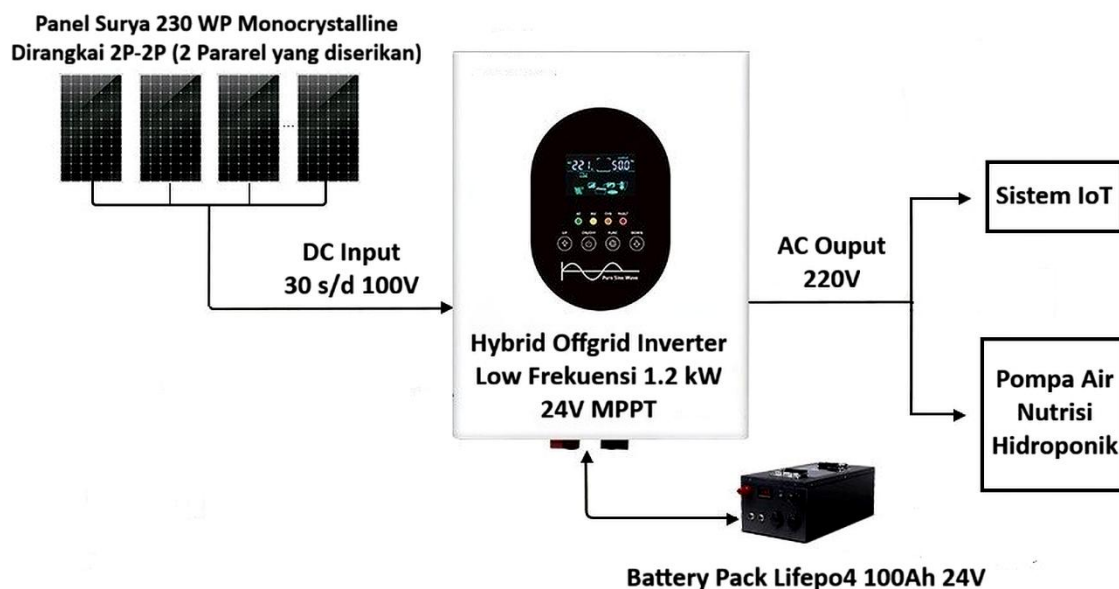
Analisis Kebutuhan Mitra

Tahap pertama adalah analisis kebutuhan mitra yang dilakukan untuk memahami secara komprehensif permasalahan utama yang dihadapi oleh BUMDes Subur Makmur dalam mengelola *greenhouse* hidroponik melon. Kegiatan ini diawali dengan wawancara mendalam bersama pengelola dan tenaga kerja, dilanjutkan dengan observasi langsung di lapangan untuk memetakan kondisi eksisting (Tjiptady et al., 2021). Hasil analisis menunjukkan bahwa *greenhouse* masih sepenuhnya bergantung pada listrik dari PLN, sehingga memerlukan biaya operasional untuk pembayaran listrik setiap bulan. Selain itu, sistem irigasi dan pemberian nutrisi dilakukan secara manual, sehingga tenaga kerja harus meluangkan waktu lebih lama untuk penyiraman serta pencampuran larutan nutrisi. Kondisi ini berdampak pada penggunaan sumber daya, baik dari sisi air, nutrisi, maupun tenaga manusia (Fadliana et al., 2021). Analisis kebutuhan juga menegaskan bahwa mitra belum memiliki keterampilan memadai dalam pengelolaan energi terbarukan dan sistem otomasi

berbasis IoT. Oleh karena itu, solusi yang dirancang harus mampu menjawab tiga permasalahan inti, yaitu tingginya biaya energi listrik, rendahnya efisiensi kerja, serta terbatasnya kapasitas sumber daya manusia dalam penguasaan teknologi energi terbarukan dan IoT untuk pertanian presisi.

Perancangan Sistem PLTS

Tahap awal perancangan difokuskan pada desain PLTS *off-grid* yang disesuaikan dengan kebutuhan operasional *greenhouse*. Sistem PLTS dirancang menggunakan konfigurasi panel surya 2P2S (dua panel paralel kemudian diserikan) dengan kapasitas total 920 W. Panel surya disusun secara seri untuk menghasilkan daya optimal dan stabil sepanjang hari. PLTS dipilih karena mampu menjadi sumber energi mandiri, ramah lingkungan, dan bebas emisi karbon. Pada tahap perancangan, ditentukan pula kapasitas inverter, baterai penyimpanan, dan komponen proteksi kelistrikan, sehingga sistem dapat beroperasi secara handal meskipun tidak terhubung dengan jaringan PLN. Dengan sistem ini, seluruh kebutuhan energi untuk operasional *greenhouse*, termasuk pompa air nutrisi, dan perangkat kontrol, dapat dipenuhi secara mandiri. Perancangan ini sekaligus menjadi solusi untuk menekan biaya listrik PLN yang sebelumnya menjadi beban utama mitra.



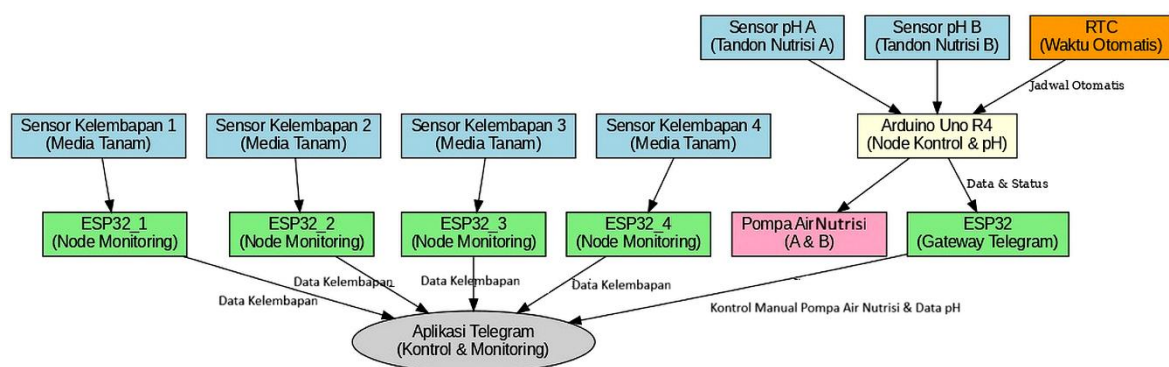
Gambar 2. Rancangan Sistem PLTS 900 W untuk Greenhouse Hidroponik Melon

Gambar 2 menunjukkan sistem PLTS *off-grid* yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan energi listrik *greenhouse* hidroponik melon. Sistem ini menggunakan empat panel surya monocrystalline berkapasitas 230 WP yang dirangkai dalam konfigurasi 2P2S sehingga menghasilkan tegangan input DC 30–100 V. Energi listrik DC dari panel surya dialirkan ke inverter *hybrid off-grid low frekuensi* 1,2 kW dengan MPPT 24 V, yang berfungsi mengonversi arus searah menjadi tegangan AC 220 V. Pada sisi output inverter, dihasilkan daya listrik sekitar 900 W dalam bentuk tegangan AC, yang kemudian digunakan untuk menyuplai beban utama *greenhouse*, yaitu sistem IoT dan

pompa air nutrisi hidroponik. Untuk menjaga kontinuitas suplai energi, inverter juga terhubung dengan battery pack LiFePO₄ 24 V 100 Ah sebagai penyimpanan. Dengan konfigurasi ini, seluruh kebutuhan energi greenhouse dapat dipenuhi secara mandiri melalui daya output AC sekitar 900 W dari PLTS, tanpa bergantung pada pasokan listrik PLN.

Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring berbasis IoT

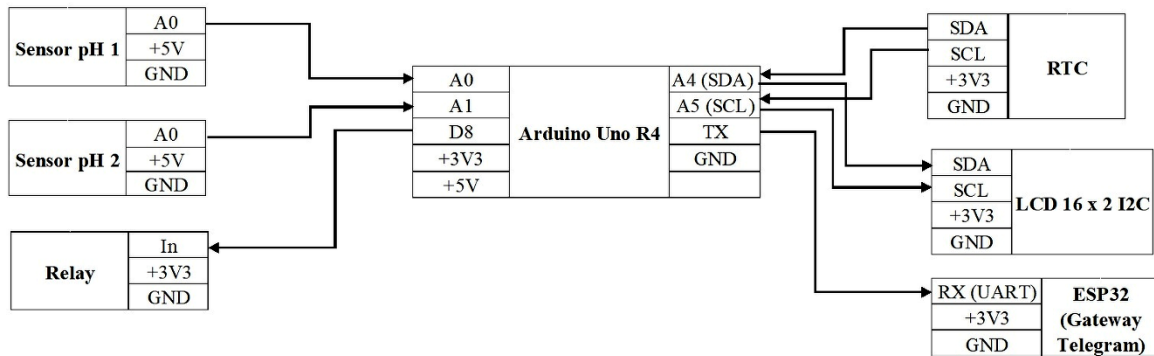
Selain aspek energi, dirancang pula sistem kontrol dan monitoring berbasis IoT untuk mendukung otomatisasi pada greenhouse. Sistem ini terdiri atas empat sensor kelembapan tanah DFROBOT Gravity: *Analog Capacitive Soil Moisture Sensor* yang dipasang pada media tanam untuk memantau kadar air secara *real-time*, serta dua sensor pH 4502C yang masing-masing ditempatkan pada tandon nutrisi A dan tandon nutrisi B guna mengukur kestabilan larutan nutrisi. Seluruh sensor ini terhubung ke mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai *node* monitoring dan mengirimkan data ke aplikasi Telegram, sehingga operator dapat memantau kondisi *greenhouse* melalui *smartphone* secara praktis. Sementara itu, pengendalian pompa air nutrisi dilakukan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R4 yang diprogram untuk bekerja secara otomatis berdasarkan parameter waktu yang ditentukan melalui modul *Real Time Clock* (RTC). Selain mode otomatis, sistem juga dapat dijalankan secara manual oleh operator melalui perintah yang dikirimkan lewat aplikasi Telegram. Rancangan ini dibuat agar fleksibel, mudah digunakan oleh mitra, serta memberikan kendali penuh atas proses irigasi dan pemberian nutrisi. Dengan demikian, sistem dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pupuk, mengurangi beban kerja manual, sekaligus memberikan akses monitoring dan kontrol yang lebih modern dan efisien.



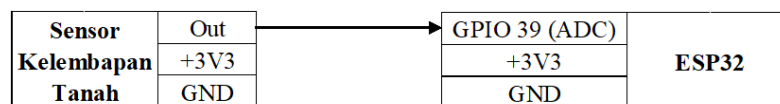
Gambar 3. Rancangan Sistem Kontrol dan Monitoring Berbasis IoT

Gambar 3 menunjukkan rancangan sistem kontrol dan monitoring berbasis IoT pada *greenhouse* hidroponik melon. Setiap sensor kelembapan yang ditempatkan pada media tanam dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 secara individual untuk mengirimkan data kelembapan secara *real-time* ke aplikasi Telegram sebagai pusat monitoring dan kontrol. Selain itu, dua sensor pH yang terpasang pada tandon nutrisi A dan B terhubung ke Arduino Uno R4, yang juga berfungsi mengendalikan pompa air dan nutrisi. Arduino mendapatkan input tambahan dari modul RTC untuk

menjalankan kontrol otomatis berbasis jadwal. Agar dapat berkomunikasi dengan aplikasi Telegram, Arduino Uno R4 terhubung dengan ESP32 yang berfungsi sebagai gateway. Melalui integrasi ini, operator dapat memantau kondisi kelembapan dan pH secara langsung, sekaligus mengendalikan pompa baik secara manual melalui Telegram maupun otomatis berdasarkan jadwal RTC. Rancangan ini mendukung efisiensi kerja, mengurangi beban manual tenaga operator, dan memastikan penyiraman serta pemberian nutrisi berlangsung lebih terkendali.



Gambar 4. Skematik Rangkaian untuk Sistem Kontrol Pompa Air Nutrisi dan Monitoring pH



Gambar 5. Skematik Rangkaian untuk Monitoring Kelembapan Media Tanam

Gambar 4 menampilkan skematik rangkaian sistem kontrol pompa air nutrisi dan monitoring pH, sedangkan Gambar 5 menunjukkan skematik rangkaian monitoring kelembapan media tanam yang terintegrasi dalam jaringan IoT pada greenhouse. Kedua sistem ini dirancang untuk bekerja secara sinergis, di mana sensor pH yang ditempatkan pada tandon nutrisi serta sensor kelembapan pada media tanam mengirimkan data secara *real-time* ke mikrokontroler ESP32. Data tersebut kemudian diproses untuk mengatur kerja pompa air nutrisi secara otomatis, sekaligus memberikan informasi kondisi lingkungan yang dapat dipantau operator melalui aplikasi Telegram. Dengan demikian, pemberian nutrisi berlangsung lebih efisien, tepat sasaran, dan tidak lagi sepenuhnya mengandalkan tenaga manual. Untuk komunikasi sistem kontrol dan monitoring melalui media transmisi WiFi yang ada pada setiap ESP32 yang digunakan dengan akses point yang disediakan di dalam greenhouse, sehingga seluruh perangkat dapat terhubung dan beroperasi secara terintegrasi dalam satu sistem monitoring yang modern dan praktis.

Instalasi dan Implementasi

Tahap instalasi dan implementasi diawali dengan pemasangan sistem PLTS *off-grid* berkapasitas 920 W yang berfungsi sebagai sumber utama energi listrik untuk operasional *greenhouse*. Empat panel surya *monocrystalline* dipasang pada rangka penyangga dengan sudut kemiringan tertentu agar memperoleh intensitas cahaya matahari optimal sepanjang hari. Energi listrik yang dihasilkan panel kemudian dialirkan ke *inverter hybrid low frequency* 1,2 kW dengan fitur MPPT 24 V untuk mengonversi arus searah menjadi arus bolak-balik 220 V. Selain itu, sistem dilengkapi dengan battery pack LiFePO_4 24 V 100 Ah yang berfungsi menyimpan energi, sehingga kontinuitas suplai listrik tetap terjaga meskipun cuaca mendung atau pada malam hari. Seluruh komponen listrik, termasuk panel, inverter, baterai, dan jalur distribusi, dirangkai dengan memperhatikan standar keamanan dan efisiensi. Dengan konfigurasi ini, sistem PLTS tidak hanya mampu memenuhi kebutuhan energi bagi pompa nutrisi dan perangkat IoT, tetapi juga memberikan kemandirian energi yang berkelanjutan bagi operasional *greenhouse*.



Gambar 6. Pemasangan Panel Surya di Depan Greenhouse Melon BUMDes Subur Makamur

Selanjutnya dilakukan pemasangan sistem kontrol dan monitoring berbasis IoT yang berfungsi untuk mendukung otomatisasi pemberian nutrisi pada *greenhouse*. Sistem ini terdiri dari sensor pH 4502C yang ditempatkan pada masing-masing tandon nutrisi A dan B, serta empat sensor kelembapan DFROBOT Gravity: *Analog Capacitive Soil Moisture Sensor* yang dipasang pada media tanam. Seluruh sensor dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 sebagai node monitoring, sedangkan pengendalian pompa air nutrisi dilakukan melalui Arduino Uno R4 yang terintegrasi dengan modul

RTC untuk mengatur jadwal penyiraman secara otomatis. Proses instalasi dilakukan bertahap, mulai dari pengujian koneksi antarperangkat, kalibrasi sensor untuk memastikan akurasi pengukuran, hingga sinkronisasi data ke aplikasi Telegram. Setelah sistem berjalan normal, dilakukan uji coba otomatisasi, di mana pompa dapat aktif sesuai jadwal maupun perintah manual dari operator melalui Telegram. Komunikasi antarperangkat memanfaatkan jaringan WiFi bawaan ESP32 dengan dukungan *access point* yang dipasang di *greenhouse*, sehingga seluruh data sensor dapat dikirimkan secara *real-time*.



Gambar 7. Pemasangan Sistem IoT untuk Kontrol dan Monitoring di Dalam Greenhouse Melon BUMDes Subur Makamur

Pelatihan Sumber Daya Manusia

Tahap keempat adalah pelatihan sumber daya manusia (SDM) yang difokuskan pada peningkatan kapasitas tenaga kerja mitra dalam menggunakan sistem yang telah terpasang. Pelatihan dilakukan secara partisipatif, dimulai dengan penjelasan sederhana mengenai alur kerja PLTS 920 W sebagai sumber energi utama, kemudian dilanjutkan dengan demonstrasi penggunaan aplikasi IoT untuk memantau kondisi *greenhouse*. Peserta diperkenalkan pada cara membaca data sensor kelembapan dan pH yang ditampilkan melalui aplikasi Telegram, serta langkah-langkah mengendalikan pompa nutrisi baik secara otomatis berdasarkan jadwal RTC maupun secara manual melalui perintah Telegram. Materi pelatihan lebih menekankan pada pemahaman fungsi dasar sistem dan prosedur operasional harian, sehingga tenaga kerja dapat dengan mudah menyesuaikan diri dengan teknologi baru. Untuk memperkuat pemahaman, dilakukan sesi praktik berulang dengan pendampingan langsung. Dengan demikian, pelatihan ini berperan penting dalam memperkenalkan teknologi energi

terbarukan dan smart farming berbasis IoT kepada mitra, meskipun masih terbatas pada tahap penggunaan sistem.

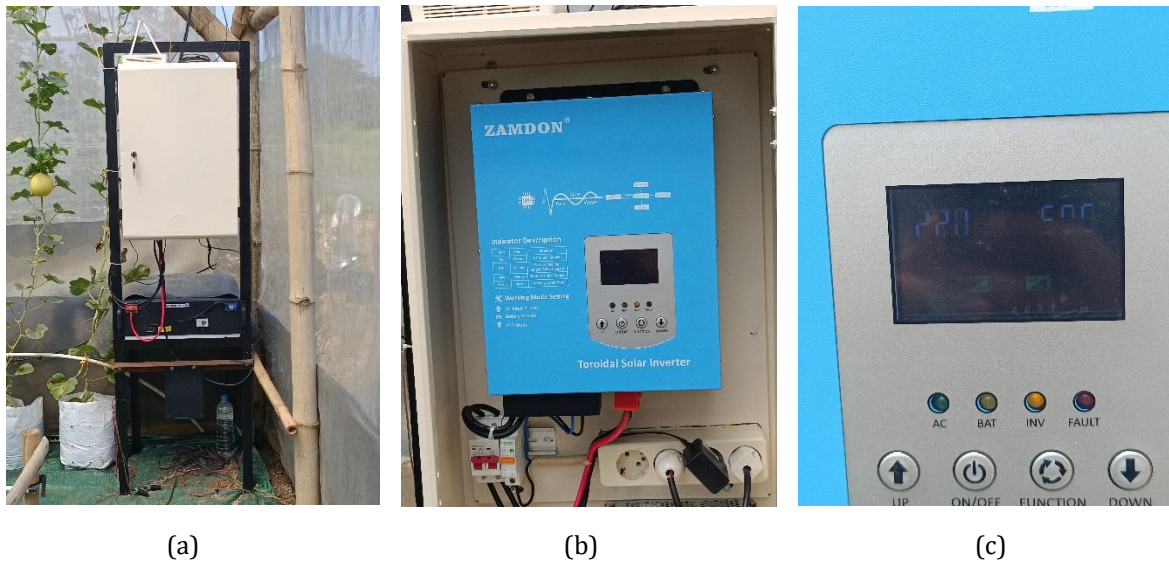
Evaluasi dan Monitoring

Tahap terakhir adalah evaluasi dan monitoring yang dilakukan untuk menilai keberhasilan implementasi sistem dari sisi teknis dan operasional. Evaluasi teknis difokuskan pada kinerja PLTS 920 W yang telah terpasang, dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah implementasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kebutuhan energi *greenhouse* dapat sepenuhnya dipenuhi oleh PLTS, sehingga operasional tidak lagi bergantung pada listrik PLN. Dari sisi operasional, penerapan sistem kontrol dan monitoring berbasis IoT terbukti mengurangi beban kerja manual, terutama dalam kegiatan penyiraman dan pemberian nutrisi yang sebelumnya harus dilakukan secara rutin oleh tenaga kerja. Monitoring juga menunjukkan bahwa penggunaan air dan nutrisi menjadi lebih efisien, karena pompa hanya aktif sesuai kebutuhan tanaman berdasarkan data sensor kelembapan dan pH. Sementara itu, evaluasi terhadap SDM dilakukan melalui observasi langsung pasca pelatihan, yang memperlihatkan bahwa tenaga kerja sudah mampu menggunakan aplikasi Telegram untuk memantau sensor dan mengendalikan pompa sesuai prosedur yang diberikan. Monitoring pascaimplementasi juga tetap dilakukan secara berkala untuk memastikan sistem bekerja optimal dan dapat dipertahankan secara berkelanjutan. Dengan demikian, kegiatan ini terbukti memberikan dampak positif terhadap kemandirian energi dan peningkatan efisiensi operasional *greenhouse*.

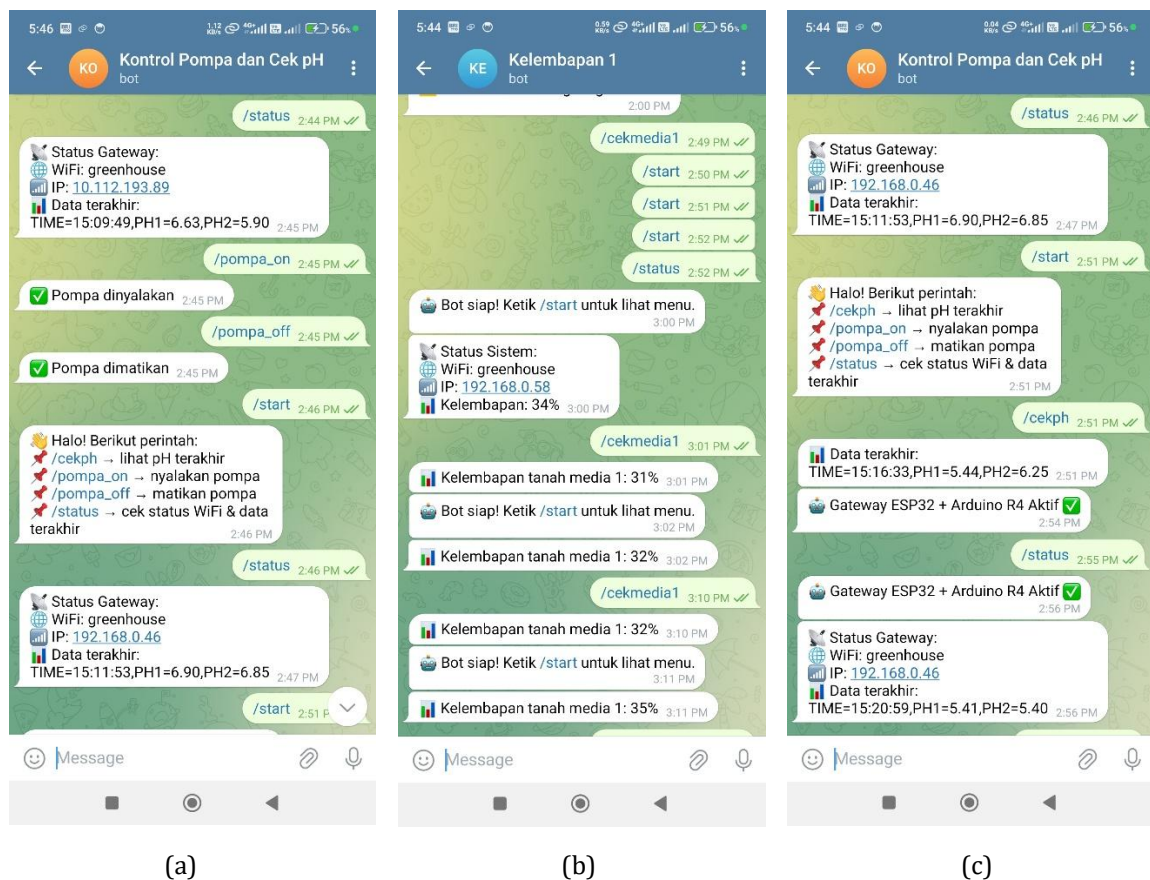
HASIL KEGIATAN

Hasil kegiatan pengabdian masyarakat ini dapat dilihat dari capaian teknis, operasional, maupun peningkatan kapasitas mitra. Dari sisi teknis, sistem PLTS *off-grid* berkapasitas 920 W berhasil diinstalasi dan berfungsi optimal dalam memenuhi kebutuhan energi listrik *greenhouse*. Panel surya yang dipasang mampu menyuplai listrik secara mandiri tanpa ketergantungan pada jaringan PLN, sehingga operasional *greenhouse* menjadi lebih hemat dan berkelanjutan.

Dari sisi operasional, penerapan sistem kontrol dan monitoring berbasis IoT memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi kerja. Data kelembapan media tanam dan pH larutan nutrisi dapat dipantau secara *real-time* melalui aplikasi Telegram, sedangkan pompa air nutrisi dapat dioperasikan secara otomatis maupun manual sesuai kebutuhan. Hal ini membuat proses penyiraman dan pemberian nutrisi lebih tepat sasaran, efisien dalam penggunaan air dan pupuk, serta mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual.



Gambar 8. (a) Penempatan inverter dan baterai PLTS (b) Unit inverter (c) Display inverter menunjukkan tegangan 220 V AC yang dihasilkan dari panel surya



Gambar 9. (a) Kontrol pompa air nutrisi (b) Monitoring kelembapan media tanam (c) Monitoring pH air nutrisi

Pada aspek sumber daya manusia, pelatihan yang diberikan kepada tenaga kerja mitra telah meningkatkan pemahaman mereka dalam menggunakan sistem PLTS dan aplikasi IoT. Tenaga kerja kini mampu membaca data sensor, mengoperasikan

pompa melalui Telegram, serta menjalankan prosedur operasional harian secara mandiri. Monitoring pascaimplementasi menunjukkan bahwa mitra dapat mengadaptasi teknologi ini dalam kegiatan rutin, sehingga sistem yang dibangun benar-benar mendukung peningkatan produktivitas dan kemandirian energi.



(a)



(b)

Gambar 10. (a) Penandatanganan berita acara serah terima aset (b) Penyerahan aset secara simbolis kepada direktur BUMDes Subur Makmur desa Sukodono

Pengukuran keberhasilan kegiatan dilakukan menggunakan tiga indikator utama, yaitu:

Efisiensi Energi, diukur melalui perbandingan konsumsi listrik sebelum dan sesudah penerapan PLTS. Berdasarkan pencatatan beban listrik greenhouse, terjadi penghematan biaya energi hingga 100% karena seluruh kebutuhan listrik telah terpenuhi oleh sistem PLTS.

Efisiensi Operasional, yang dinilai dari pengurangan waktu kerja manual dan frekuensi kesalahan dalam proses penyiraman serta pemberian nutrisi. Tahap pengukuran indikator ini masih berlangsung, namun hasil observasi awal menunjukkan adanya penurunan waktu operasional dibandingkan kondisi sebelum penerapan sistem IoT.

Peningkatan Kapasitas Sumber Daya Manusia (SDM), yang dievaluasi melalui pelaksanaan pre-test dan post-test sederhana selama kegiatan pelatihan. Proses evaluasi ini masih berlanjut, namun hasil sementara memperlihatkan adanya peningkatan pemahaman tenaga kerja mitra terhadap operasional sistem, serta menunjukkan tren peningkatan kemampuan yang signifikan.

Secara keseluruhan, kegiatan ini menghasilkan luaran berupa terbangunnya greenhouse hidroponik berbasis energi surya dan IoT yang efisien, mandiri, serta mudah dioperasikan oleh mitra. Penerapan PLTS terbukti mampu menjamin ketersediaan energi listrik secara berkelanjutan, sehingga operasional tidak lagi bergantung pada pasokan dari PLN. Sementara itu, integrasi sistem kontrol dan monitoring berbasis IoT membuat proses penyiraman dan pemberian nutrisi lebih terukur, efisien, serta dapat diawasi dari jarak jauh. Kombinasi kedua sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, tetapi juga menghadirkan model smart farming yang dapat direplikasi di lokasi lain.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berhasil menerapkan sistem *smart farming* berbasis energi surya dan IoT pada *greenhouse* hidroponik melon di BUMDes Subur Makmur, Sukodono, Panceng, Gresik. Pemasangan PLTS *off-grid* berkapasitas 920 W terbukti mampu memenuhi kebutuhan energi listrik *greenhouse* secara mandiri, sehingga ketergantungan pada listrik PLN dapat dihilangkan. Integrasi sistem kontrol dan monitoring berbasis IoT, melalui sensor kelembapan dan pH yang terhubung dengan ESP32 dan Arduino Uno R4, memungkinkan proses penyiraman serta pemberian nutrisi berjalan otomatis, efisien, dan dapat dipantau *real-time* melalui aplikasi Telegram. Pelatihan yang diberikan juga meningkatkan pemahaman tenaga kerja dalam menggunakan sistem, sehingga teknologi ini dapat dioperasikan secara mandiri dalam kegiatan harian *greenhouse*.

Untuk keberlanjutan program, mitra disarankan melakukan perawatan rutin terhadap panel surya, inverter, baterai, serta sensor IoT agar sistem tetap berfungsi optimal. Selain itu, pelatihan lanjutan dapat diberikan untuk memperdalam keterampilan teknis tenaga kerja, khususnya dalam *troubleshooting* sederhana apabila terjadi gangguan pada perangkat. Ke depan, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor tambahan seperti suhu dan kelembapan udara, serta fitur pencatatan data berbasis cloud untuk mendukung analisis pertumbuhan tanaman secara lebih komprehensif. Dengan langkah ini, *smart farming* berbasis energi surya dan IoT tidak hanya menjadi solusi lokal, tetapi juga dapat menjadi model pengembangan pertanian berkelanjutan di daerah lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemdiktisaintek) atas dukungan pendanaan melalui program hibah pengabdian kepada masyarakat tahun 2025 yang telah memungkinkan kegiatan ini terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Pemerintah Desa Sukodono, Kecamatan Panceng, Kabupaten Gresik atas dukungan, izin, dan fasilitasi yang diberikan selama proses kegiatan berlangsung. Selanjutnya, apresiasi setinggi-tingginya ditujukan kepada BUMDes Subur Makmur selaku mitra pelaksana yang telah berpartisipasi aktif dalam setiap tahapan kegiatan, mulai dari instalasi, implementasi, hingga pelatihan penggunaan sistem. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Qomaruddin angkatan 2023 yang telah membantu dalam proses implementasi di lapangan, serta kepada kolega yang turut memberikan dukungan dan kontribusi pemikiran dalam pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Apriyani, M. E., Ismail, A., & Andini, A. W. (2025). Sistem Monitoring Budidaya Melon Melalui Greenhouse Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 12(1), 187–194.

- Bafdal, N., & Ardiansah, I. (2020). *Smart Farming Berbasis Internet of Things dalam Greenhouse*. UNPAD Press.
- Christy, J. (2020). Peningkatan Produksi Buah Tanaman Melon (Cucumis melo L.) Secara Hidroponik. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 22(3), 150–156.
- Fadliana, A., Choirina, P., Tjiptady, B. C., Fitriani, I. M., & Pradhana, C. (2021). Preservasi Pakan dengan Teknologi Ensilase untuk Optimalisasi Ketersediaan Bahan Pakan Ternak Hijauan di Desa Ngasem Kecamatan Ngajum Kabupaten Malang. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 1(1), 24–34.
- Fauzi, M. N. F., Rahman, H., & Santoso, B. (2024). Analisa Tekno Ekonomi Proyek PLTS Atap Off-Grid pada Lobadaun Greenhouse Agriculture di Cilawu Kab. Garut. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, 1, 153–160. <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sntm/article/view/3593>
- Kustiari, T., Sundari, S., & Hermawan, F. (2023). Aplikasi Hidroponik Substrat Sistem Fertigasi Otomasi Terpogram pada Komoditas Unggulan Melon Politeknik Negeri Jember. *Society: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1), 12–18.
- Masdjojo, G. N., Santosa, A. B., & Adhi, A. (2024). Penerapan greenhouse hidroponik tenaga surya dan pelatihan manajemen guna peningkatan kapasitas usaha KWT Nandur Sedekah Gunungpati Semarang tahun 2024. *Jurnal Abdi Insani*, 11(4), 2651–2662.
- Muftashiva, T. D., Munadi, M., & Haryanto, I. (2024). Sistem smart plant monitoring pada hidroponik melon berbasis Internet of Things. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 12(3), 51–56.
- Muslimin, Z., Ahmad, A., Areni, I. S., Akil, Y. S., Salam, E. U., Anshar, M., Mayasari, F., & Achmad, A. D. (2024). Pemanfaatan Solar Cell pada Sistem Pertanian Hidroponik Cerdas di Samata Green House Group Indonesia, Kabupaten Gowa. *JURNAL TEPAT: Teknologi Terapan untuk Pengabdian Masyarakat*, 7(2), 233–244.
- Nuzuliyah, L., Sunandar, S., & Widodo, A. (2024). Analisis Kelayakan dan Sensitivitas Usaha Budidaya Melon Golden Premium: Implementasi Sistem Low Cost Smart Greenhouse. *Jurnal AgroSainTa: Widyaiswara Mandiri Membangun Bangsa*, 8(02), 65–76.
- Prastio, R. P., Megantoro, P., Arifin, S., Mutiarso, I. R., Muzadi, A. R., Firmansyah, F. B., & Perkasa, S. D. (2022). The Utilization of 900 Wp off-grid Solar Power Plant for Product Intensification of a Hydroponics Farmer Group. *Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat Indonesia*, 2(8), 302–308.
- Prayogi, S., Pertiwi, N. I., & Rozamuri, A. M. (2024). Implemetasi Pembangk Listrik Tenaga Surya untuk Pengembangan Usaha Kebun Hidroponik PagiFarm. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 4(4), 2969–2979.
- Putra, D. F. U., Wibowo, R. S., Aryani, N. K., Penangsang, O., & Soeprijanto, A. (2023). Implementasi Greenhouse Terintegrasi dengan Pompa Air Berbasis Photovoltaic untuk Menunjang Kebutuhan Pangan Sayur. *Sewagati*, 7(2), 214–221.
- Rahutomo, F., Sutrisno, S., Pramono, S., Sulisty, M. E., Ibrahim, M. H., & Haryono, J. (2022). Implementasi dan Sosialisasi Smart Farming Hidroponik Berbasis

- Internet of Thing di Dusun Ngentak, Bulakrejo, Sukoharjo. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 2(6), 1961–1970.
- Riansyah, A., Sagaf, M., & Ismail, M. (2023). Penerapan Teknologi Smart Greenhouse Berbasis Photovoltaic dan IoT pada Budidaya Sayuran Hidroponik di Desa Pekalongan Jepara. *Abdimas Universal*, 5(2), 284–288.
- Rohman, M., Sulaiman, M., Fadliana, A., Tjiptady, B. C., & Choirina, P. (2021). Upaya Pelestarian Lingkungan Melalui Penanaman Bibit Pohon Di Desa Palaan, Kabupaten Malang. *Jurnal Andalas: Rekayasa dan Penerapan Teknologi*, 1(2), 57-60.
- Rudiyanto, B., Rachmanita, R. E., & Budiprasojo, A. (2023). *Dasar-Dasar Pemasangan Panel Surya*. UNISMA PRESS.
- Setiawan, H. T., & Cristianto, W. (2021). Sistem Akuisisi Data Suhu dan Kelembapan pada Lahan Pertanian Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan NRF24L01. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 5(2), 75–78.
- Sriwijaya, B., Permadi, L. C., Meditama, R., Tjiptady, B. C., Rohman, M., & Darmawan, K. (2024). Perencanaan Panel Surya Sebagai Pengganti Listrik Alternatif Daerah Pesisir Lintas Selatan Desa Tumpak Pucung. *at-tamkin: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 7(2), 52-62.
- Sugiarto, I., Yogatama, A., & Tyasmoro, S. Y. (2024). Transformasi kebun hidroponik konvensional menjadi energy-efficient smart urban farming berbasis IoT. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (JIPEMAS)*, 7(3), 537–553.
- Susanti, A. A., Nasrudin, N., & Septirosya, T. (2024). Pertumbuhan dan Kualitas Hasil Melon pada Pemberian Konsentrasi POC dengan Sistem Hidroponik Substrat Irigasi Tetes. *Jurnal Agrotek Tropika*, 12(2), 376–383.
- Tjiptady, B. C., Rahman, R. Z., Pradani, Y. F., Sulaiman, M. S., Machfuroh, T., & Saepuddin, A. (2021). Sosialisasi peningkatan perekonomian masyarakat melalui badan usaha milik desa di Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 1(1), 35-40.
- Wirawan, A. P., & Nugroho, H. (2023). Perancangan Node Sensor Nirkabel BLE Bertenaga Baterai menggunakan ESP32 untuk Aplikasi Pertanian Cerdas. *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, 11(1), 12–22.