



Peningkatan Produktivitas Kebun Hidroponik Pagifarm Bogor melalui Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis *IoT*

**Soni Prayogi^{1*}, Raden RDR², Ismah Aulia Larasati³, Muhammad Abdillah⁴,
Arif Murti Rozamuri⁵**

^{1, 2, 3, 4} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina, Indonesia

⁵ Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi Bisnis, Universitas Pertamina, Indonesia

*Corresponding author: soni.prayogi@universitaspertamina.ac.id

Received 17-09-2025

Revised 07-10-2025

Published 02-12-2025

ABSTRAK

Permasalahan tingginya ketergantungan pada listrik konvensional dalam usaha hidroponik berdampak pada tingginya biaya operasional dan risiko penurunan produktivitas akibat pemadaman listrik. Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di Pagifarm Bogor dengan tujuan meningkatkan efisiensi energi dan produktivitas pertanian hidroponik melalui penerapan *Pembangkit Listrik Tenaga Surya* (PLTS) berbasis *Internet of Things* (IoT). Metode pelaksanaan meliputi survei kebutuhan energi, perancangan dan instalasi sistem PLTS, serta pelatihan teknis kepada mitra mengenai penggunaan dan pemeliharaan sistem. Hasil kegiatan menunjukkan pengurangan konsumsi listrik dari PLN hingga 70%, penurunan biaya operasional listrik, serta peningkatan produktivitas tanaman sebesar 10–15% dengan siklus panen yang lebih singkat. Selain itu, mitra mampu mengelola sistem PLTS secara mandiri melalui aplikasi monitoring berbasis IoT. Kesimpulannya, penerapan energi terbarukan berbasis PLTS mampu meningkatkan keberlanjutan usaha hidroponik sekaligus memberikan dampak positif pada aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Kata kunci: Energi Terbarukan, PLTS, Hidroponik, IoT, Pemberdayaan Masyarakat.

ABSTRACT

The high dependence on conventional electricity in hydroponic farming increases operational costs and poses risks of reduced productivity during power outages. This community service activity was carried out at Pagifarm Bogor to enhance energy efficiency and hydroponic productivity through the implementation of an Internet of Things (IoT)-based Solar Power Plant (PLTS). The implementation methods included energy demand surveys, system design and installation, and technical training for partners on system operation and maintenance. The results showed a reduction of up to 70% in electricity consumption from the grid, decreased operational costs, and a 10–15% increase in plant productivity with shorter harvest cycles. Moreover, partners were able to independently manage the PLTS system using IoT-based monitoring applications. In conclusion, the integration of renewable energy through PLTS improves the sustainability of hydroponic farming while generating positive economic, social, and environmental impacts.

Keywords: Renewable Energy, Solar Power Plant, Hydroponics, IoT, Community Empowerment

PENDAHULUAN

Pertanian modern saat ini menghadapi tantangan yang semakin kompleks dalam memenuhi kebutuhan pangan global di tengah keterbatasan lahan, perubahan iklim, serta krisis energi yang melanda berbagai negara. Salah satu bentuk pertanian



inovatif yang mulai banyak diterapkan adalah sistem hidroponik, yaitu metode budidaya tanaman tanpa tanah dengan memanfaatkan larutan nutrisi sebagai sumber utama pertumbuhan (Handayani et al., 2023). Sistem ini dinilai lebih efisien dalam penggunaan air, mampu memanfaatkan ruang sempit, serta menghasilkan produk yang lebih konsisten dibandingkan pertanian konvensional (Peter Amalathas & Alkaisi, 2019). Namun, keberhasilan sistem hidroponik sangat bergantung pada kestabilan suplai energi listrik untuk mengoperasikan komponen penting seperti pompa air, aerator, pencahayaan buatan, serta perangkat sensor monitoring nutrisi. Ketergantungan tinggi terhadap energi konvensional ini menimbulkan sejumlah permasalahan, mulai dari meningkatnya biaya operasional, keterbatasan ekspansi usaha, hingga risiko kegagalan produksi akibat pemadaman Listrik (Hochman et al., 2018). Kondisi tersebut mendorong perlunya integrasi energi terbarukan dalam mendukung keberlanjutan sistem pertanian hidroponik. Salah satu sumber energi terbarukan yang paling potensial untuk diaplikasikan adalah energi surya melalui sistem *Pembangkit Listrik Tenaga Surya* (PLTS), mengingat ketersediaan sinar matahari yang melimpah di Indonesia sepanjang tahun (Fadhilah et al., 2024).

Pagifarm Bogor merupakan salah satu usaha mikro yang bergerak di bidang pertanian hidroponik dengan memanfaatkan lahan terbatas di kawasan urban. Lokasi ini dipilih sebagai mitra kegiatan pengabdian masyarakat karena menghadapi permasalahan nyata dalam pengelolaan energi yang berdampak pada keberlanjutan usaha (Kaur et al., 2022). Berdasarkan hasil observasi, rata-rata konsumsi listrik Pagifarm mencapai lebih dari 2 kWh per hari, yang sebagian besar digunakan untuk mengoperasikan sistem pompa sirkulasi nutrisi, aerator, serta pencahayaan buatan pada fase pembibitan (Priyadarshi et al., 2020). Ketergantungan penuh pada pasokan listrik dari PLN membuat Pagifarm harus menanggung biaya operasional yang cukup tinggi setiap bulannya, sementara skala produksi yang terbatas tidak sebanding dengan beban pengeluaran tersebut. Lebih jauh, seringkali terjadi pemadaman listrik, terutama saat musim hujan atau ketika beban puncak, menyebabkan terganggunya suplai nutrisi pada tanaman dan menurunkan produktivitas panen (Bhagat et al., 2024). Di sisi lain, mitra juga menghadapi keterbatasan pengetahuan terkait pemanfaatan energi alternatif yang dapat diintegrasikan dengan sistem pertanian mereka. Kondisi ini menunjukkan bahwa Pagifarm membutuhkan solusi teknologi tepat guna yang mampu menekan biaya energi, menjamin kontinuitas operasional, sekaligus mendorong efisiensi pertanian berkelanjutan (Coşgun et al., 2024).

Selain aspek teknis dan operasional, tantangan yang dihadapi Pagifarm juga mencakup aspek sosial dan ekonomi. Sebagai usaha mikro, Pagifarm tidak hanya berperan sebagai produsen sayuran hidroponik, tetapi juga sebagai model edukasi pertanian urban bagi masyarakat sekitar (Liu et al., 2022). Namun, keterbatasan daya listrik membuat mitra tidak mampu mengembangkan fasilitas edukasi maupun memperluas kapasitas produksi (Prayogi et al., 2024). Hal ini berpotensi menghambat pertumbuhan usaha serta peluang pemberdayaan masyarakat di sekitarnya. Dari sisi keberlanjutan, penggunaan energi konvensional yang sepenuhnya bergantung pada

sumber fosil juga bertentangan dengan agenda global menuju pembangunan berkelanjutan, khususnya pada tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang menekankan pentingnya energi bersih, terjangkau, dan aksi nyata terhadap perubahan iklim (Silviana & Prayogi, 2023). Oleh karena itu, penerapan energi terbarukan dalam kegiatan pertanian hidroponik bukan hanya relevan secara teknis, melainkan juga strategis dalam mendukung kemandirian ekonomi, peningkatan kapasitas sumber daya manusia, serta penguatan ketahanan pangan lokal (Ramadhan et al., 2023). Dengan demikian, solusi yang ditawarkan harus mampu menjawab tantangan multidimensional, baik dari sisi energi, produktivitas, maupun pemberdayaan komunitas.

Berdasarkan analisis situasi tersebut, dapat dirumuskan beberapa permasalahan utama yang dihadapi mitra Pagifarm Bogor. Pertama, tingginya ketergantungan pada listrik konvensional untuk mendukung seluruh operasional sistem hidroponik, yang berimplikasi pada biaya operasional tinggi serta risiko terganggunya produksi akibat pemadaman listrik. Kedua, kurangnya pemahaman dan keterampilan mitra dalam pemanfaatan energi terbarukan, khususnya teknologi PLTS yang dapat diintegrasikan dengan sistem hidroponik berbasis IoT. Ketiga, terbatasnya sumber daya finansial untuk melakukan investasi awal dalam pengembangan sistem energi alternatif. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian masyarakat ini dirancang dengan tujuan meningkatkan kinerja usaha hidroponik melalui penerapan sistem PLTS berbasis IoT yang terintegrasi dengan sistem monitoring. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan solusi komprehensif yang tidak hanya menyelesaikan masalah teknis, tetapi juga memberdayakan mitra dalam aspek pengetahuan, keterampilan, dan kemandirian (He et al., 2023). Lebih jauh, keberhasilan kegiatan ini diharapkan dapat menjadi model percontohan bagi penerapan energi bersih dalam mendukung ketahanan pangan dan pembangunan berkelanjutan di wilayah urban lainnya.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di Pagifarm Bogor dilaksanakan dengan pendekatan partisipatif, dimana mitra dilibatkan secara aktif dalam setiap tahapan agar terjadi transfer pengetahuan dan keterampilan yang berkelanjutan seperti terlihat pada Gambar 1. Tahapan pelaksanaan dimulai dengan observasi dan analisis kebutuhan energi yang dilakukan melalui pengukuran langsung konsumsi listrik harian pada sistem hidroponik. Beban utama yang diidentifikasi meliputi pompa sirkulasi nutrisi, aerator, lampu pencahayaan buatan, serta perangkat sensor monitoring yang terhubung ke sistem *Internet of Things* (IoT). Dari hasil survei tersebut diperoleh data rata-rata konsumsi energi sebesar 2,1 kWh per hari, sehingga tim merancang sistem *Pembangkit Listrik Tenaga Surya* (PLTS) dengan kapasitas terpasang 1.000 Wp yang diproyeksikan mampu menyuplai sekitar 70% dari kebutuhan listrik harian mitra. Perancangan teknis sistem PLTS mencakup penentuan kapasitas panel surya, spesifikasi *solar charge controller*, kapasitas baterai

penyimpanan, serta pemilihan inverter hybrid agar sistem dapat beroperasi secara paralel dengan listrik PLN. Selain itu, dirancang pula integrasi sistem monitoring berbasis IoT yang mampu menampilkan data real-time terkait produksi energi (Zhang et al., 2016), kapasitas baterai, serta konsumsi beban listrik, sehingga memudahkan mitra dalam melakukan pemantauan performa sistem.



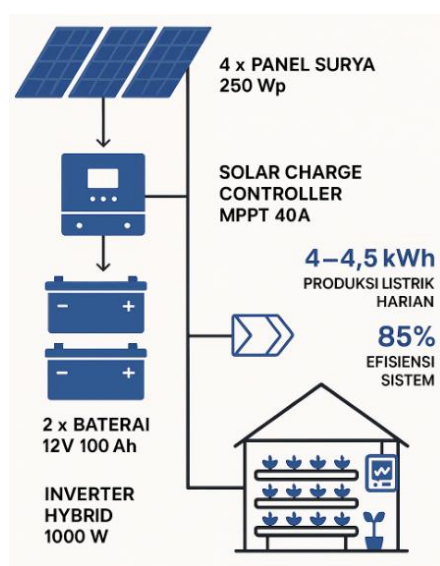
Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan PKM

Setelah tahap perancangan selesai, dilakukan instalasi dan implementasi sistem yang meliputi pemasangan empat panel surya 250 Wp pada atap greenhouse, pemasangan *inverter hybrid* berkapasitas 1.000 W, serta dua unit baterai penyimpanan 12V 100Ah. Proses instalasi dilakukan selama tiga hari dengan melibatkan mitra secara langsung, sehingga mereka memahami alur pemasangan, fungsi setiap komponen, serta prosedur keselamatan kerja. Setelah sistem terpasang, dilakukan uji coba untuk memastikan kontinuitas suplai daya, efisiensi konversi energi, serta kestabilan integrasi dengan jaringan listrik hidroponik. Tahap berikutnya adalah pelatihan teknis kepada mitra yang dilaksanakan selama dua hari dengan metode tatap muka interaktif dan praktik langsung. Materi pelatihan mencakup prinsip kerja PLTS, prosedur pengoperasian, perawatan rutin panel dan baterai, penggunaan aplikasi IoT *monitoring*, hingga troubleshooting dasar apabila terjadi gangguan (Adiwibowo et al., 2025). Selain itu, tim juga menyusun modul panduan operasional yang diserahkan kepada mitra sebagai referensi jangka panjang. Untuk mengevaluasi keberhasilan kegiatan, dilakukan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah implementasi, yang meliputi konsumsi energi, biaya listrik, efisiensi operasional, serta produktivitas tanaman hidroponik. Evaluasi kualitatif juga dilakukan melalui wawancara dan kuesioner kepada mitra untuk menilai tingkat pemahaman, kepuasan, dan kesiapan mereka dalam mengelola sistem secara mandiri. Dengan metode pelaksanaan yang terstruktur dan partisipatif ini, diharapkan kegiatan PKM tidak hanya menyelesaikan permasalahan energi di Pagifarm, tetapi juga meningkatkan kapasitas mitra dalam mengelola usaha hidroponik yang berkelanjutan berbasis energi terbarukan.

HASIL KEGIATAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat di Pagifarm Bogor berhasil memberikan dampak nyata terhadap peningkatan efisiensi energi dan produktivitas usaha hidroponik. Pada tahap awal implementasi, sistem hidroponik Pagifarm tercatat mengonsumsi listrik rata-rata sebesar 2,1 kWh per hari yang seluruhnya bersumber dari jaringan listrik PLN. Beban listrik tersebut sebagian besar berasal dari penggunaan pompa sirkulasi nutrisi, aerator untuk menjaga kadar oksigen larutan, serta lampu LED untuk proses pencahayaan tambahan pada fase pembibitan. Kondisi ini menyebabkan biaya listrik bulanan relatif tinggi dan seringkali tidak sebanding dengan pendapatan dari hasil penjualan sayuran hidroponik. Setelah penerapan *Pembangkit Listrik Tenaga Surya* (PLTS) berbasis IoT dengan kapasitas 1.000 Wp, konsumsi listrik dari PLN dapat dikurangi hingga 70% per hari. Data pengurangan beban ini diperoleh dari pencatatan meteran digital dan sistem monitoring IoT yang terintegrasi, sehingga hasilnya dapat diverifikasi secara transparan dan akurat.

Secara teknis, instalasi PLTS meliputi pemasangan empat panel surya masing-masing berkapasitas 250 Wp, dua unit baterai 12V 100Ah sebagai penyimpanan energi, satu inverter hybrid berkapasitas 1.000 W, dan satu solar charge controller MPPT 40A seperti terlihat pada Gambar 2. Panel surya dipasang pada atap greenhouse Pagifarm dengan sudut kemiringan optimal untuk memaksimalkan penyinaran matahari. Berdasarkan hasil pengukuran, rata-rata produksi listrik harian mencapai 4–4,5 kWh pada kondisi penyinaran penuh. Angka ini cukup untuk mendukung operasional hidroponik harian, termasuk pompa nutrisi, aerator, dan perangkat monitoring. Efisiensi sistem, yang dihitung dari perbandingan antara input iradiasi matahari dengan output energi listrik yang digunakan untuk beban, tercatat sekitar 85%, nilai yang sangat baik untuk kategori usaha mikro dengan teknologi hybrid. Efisiensi tinggi ini dicapai berkat penggunaan solar charge controller tipe MPPT yang mampu mengoptimalkan penyerapan energi dari panel surya.



Gambar 2. Rancangan skema pemasangan PLTS

Implementasi sistem IoT juga menjadi salah satu faktor penting dalam keberhasilan program. Mitra Pagifarm dapat memantau secara langsung kondisi operasional PLTS melalui aplikasi berbasis Android yang menampilkan parameter produksi energi, kapasitas baterai, hingga konsumsi beban secara real-time seperti terlihat pada Gambar 3. Sistem monitoring ini tidak hanya mempermudah proses pengawasan, tetapi juga meningkatkan kesadaran mitra terhadap pola penggunaan energi. Sebagai contoh, mitra dapat menyesuaikan waktu penyalan pompa atau pencahayaan tambahan agar selaras dengan periode produksi energi tertinggi, sehingga pemanfaatan energi menjadi lebih efisien. Dengan demikian, penerapan IoT tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai sarana edukasi yang membangun kebiasaan baru dalam manajemen energi yang lebih bijak dan efektif.



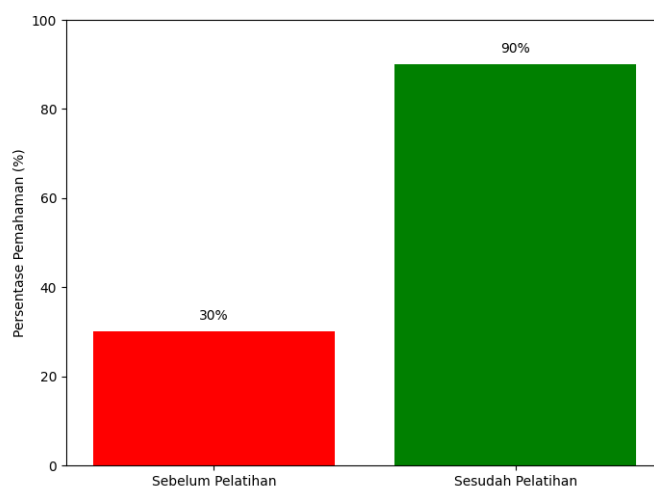
Gambar 3. Implementasi hasil pemasangan PLTS

Dari sisi produktivitas pertanian, penerapan PLTS berbasis IoT memberikan dampak signifikan terhadap kualitas dan kuantitas hasil panen. Sebelum program ini, siklus panen sayuran seperti selada, kangkung, dan bayam merah berlangsung sekitar 30–33 hari dengan hasil rata-rata 400–500 tanaman per siklus. Setelah sistem PLTS terpasang, suplai energi yang lebih stabil memungkinkan sistem irigasi dan aerasi berjalan tanpa gangguan, sehingga tanaman memperoleh nutrisi dengan lebih konsisten seperti terlihat pada Gambar 4. Hasilnya, siklus panen menjadi lebih singkat, yaitu sekitar 28–30 hari, dan produktivitas meningkat sebesar 10–15%. Peningkatan ini juga terlihat pada kualitas visual tanaman yang lebih segar, seragam, dan memiliki ukuran yang lebih baik, sehingga nilai jual produk meningkat.



Gambar 4. Kualitas dan kuantitas hasil panen tanaman

Selain dampak teknis dan produktivitas, kegiatan ini juga memperlihatkan peningkatan signifikan pada aspek pengetahuan dan keterampilan mitra. Sebelum kegiatan, mitra belum memiliki pemahaman yang memadai tentang prinsip kerja energi surya maupun cara pemeliharaan sistem kelistrikan berbasis PLTS. Melalui pelatihan teknis yang dilaksanakan selama dua hari dengan dihadiri 26 peserta, mitra diperkenalkan pada dasar-dasar energi surya, cara kerja panel fotovoltaik, prinsip penyimpanan energi dalam baterai, serta mekanisme kerja inverter hybrid. Setelah pelatihan, dilakukan evaluasi dengan memberikan kuis sederhana. Hasilnya menunjukkan bahwa lebih dari 90% peserta mampu menjawab dengan benar minimal 80% pertanyaan yang diajukan, yang berarti tingkat pemahaman mereka meningkat secara signifikan. Tidak hanya teori, mitra juga dilatih secara langsung untuk melakukan pemeriksaan rutin, seperti pengecekan kebersihan panel surya, pengukuran kapasitas baterai, dan pemantauan indikator sistem melalui aplikasi IoT (Boudia et al., 2021).



Gambar 5. Peningkatan pemahaman mitra sebelum dan sesudah pelatihan teknis PLTS

Dari sisi ekonomi, dampak penghematan biaya listrik dapat dirasakan langsung oleh Pagifarm. Sebelum implementasi, biaya listrik bulanan yang dikeluarkan berkisar antara Rp 400.000–Rp 450.000 per bulan. Setelah pemanfaatan PLTS, biaya tersebut berkurang sekitar Rp 250.000–Rp 300.000 per bulan. Berdasarkan analisis finansial sederhana, investasi awal sistem PLTS yang didukung oleh program PKM ini dapat mencapai titik balik modal (*break even point*) dalam kurun waktu 2,5–3 tahun. Hal ini menjadi indikator penting bahwa penerapan energi terbarukan tidak hanya bermanfaat dari aspek lingkungan, tetapi juga layak secara ekonomi. Lebih jauh, penghematan biaya listrik membuka peluang bagi Pagifarm untuk mengalokasikan dana pada pengembangan usaha, seperti penambahan fasilitas pencahayaan untuk pembibitan atau perluasan sistem hidroponik dengan rak vertikal.

Dampak sosial juga menjadi salah satu capaian penting dalam kegiatan ini. Dengan adanya sistem PLTS, mitra merasa lebih percaya diri dalam mengelola kebun hidroponik karena memiliki keterampilan baru yang relevan dengan teknologi modern. Keberadaan sistem PLTS berbasis IoT juga memberikan nilai tambah dari sisi

edukasi, karena pengunjung kebun dapat melihat langsung bagaimana energi surya dimanfaatkan untuk mendukung pertanian berkelanjutan (Hochman et al., 2018). Pagifarm bahkan mulai memanfaatkan keberhasilan ini sebagai strategi promosi melalui media sosial, yang tidak hanya meningkatkan citra sebagai kebun hidroponik modern, tetapi juga menarik perhatian masyarakat sekitar. Beberapa pengunjung menyatakan ketertarikannya untuk mengadopsi teknologi serupa di rumah mereka, baik untuk keperluan pertanian skala kecil maupun sebagai bentuk penghematan energi rumah tangga.

Selain itu, kegiatan ini berhasil menghasilkan modul pelatihan yang berisi panduan teknis terkait perancangan, instalasi, pengoperasian, dan pemeliharaan sistem PLTS. Modul ini disusun dengan bahasa yang sederhana dan dilengkapi dengan ilustrasi, sehingga mudah dipahami oleh masyarakat awam sekalipun. Modul tidak hanya diberikan kepada Pagifarm sebagai mitra utama, tetapi juga dibagikan kepada komunitas petani urban di sekitar Bogor sebagai luaran edukatif (Bathaei & Štreimikienė, 2023). Dokumentasi berupa video instalasi dan tutorial pemeliharaan juga disiapkan untuk mendukung penyebaran informasi melalui platform digital. Dengan adanya luaran ini, diharapkan lebih banyak masyarakat yang dapat mengakses pengetahuan tentang pemanfaatan energi terbarukan untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Satu bulan setelah implementasi, dilakukan evaluasi keberlanjutan untuk memantau kondisi sistem PLTS. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem berjalan dengan baik tanpa adanya kendala teknis yang berarti. Mitra mampu melakukan pembersihan panel surya secara rutin, memantau kapasitas baterai, serta mencatat data monitoring harian. Tidak ditemukan indikasi gangguan signifikan pada inverter maupun baterai. Sistem monitoring berbasis IoT juga membantu mitra dalam mendeteksi performa sistem tanpa perlu melakukan pemeriksaan fisik secara intensif (Arbi et al., 2025). Keberhasilan ini menunjukkan bahwa transfer teknologi telah berjalan efektif, dimana mitra tidak hanya menguasai cara pengoperasian, tetapi juga mampu menjaga keberlanjutan sistem secara mandiri.

Terakhir, kegiatan ini menciptakan efek berganda (*multiplier effect*) di lingkungan sekitar. Pagifarm mulai aktif menginisiasi diskusi dengan komunitas petani urban lain di Bogor untuk berbagi pengalaman mengenai penerapan energi surya dalam sistem pertanian hidroponik. Diskusi ini menjadi cikal bakal terbentuknya komunitas belajar yang berfokus pada integrasi energi terbarukan dengan pertanian modern. Dengan demikian, kegiatan PKM ini tidak hanya memberikan dampak pada mitra utama, tetapi juga menumbuhkan kesadaran kolektif di masyarakat tentang pentingnya transisi menuju energi bersih. Ke depan, efek berantai ini diharapkan dapat memperluas adopsi teknologi energi surya pada skala usaha kecil lainnya, sehingga mendukung agenda pembangunan berkelanjutan dalam aspek energi, pangan, dan lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di Pagifarm Bogor dengan penerapan *Pembangkit Listrik Tenaga Surya* (PLTS) berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil meningkatkan efisiensi energi dan produktivitas pertanian hidroponik. Sistem PLTS berkapasitas 1.000 Wp mampu memenuhi hingga 70% kebutuhan energi harian mitra dengan efisiensi sekitar 85% dan produksi listrik rata-rata 4–4,5 kWh per hari. Energi ini mendukung operasional pompa nutrisi, aerator, pencahayaan, dan perangkat monitoring hidroponik. Dampaknya terlihat dari peningkatan produktivitas: siklus panen sayuran berkurang dari 30–33 hari menjadi 28–30 hari, dengan hasil panen meningkat 10–15%. Sistem IoT juga memungkinkan pemantauan real-time, mendorong kebiasaan efisiensi energi. Secara ekonomi, biaya listrik bulanan berkurang Rp 250.000–Rp 300.000 dengan estimasi balik modal 2,5–3 tahun. Penerapan ini membuktikan bahwa energi terbarukan layak secara teknis, ekonomis, sosial, dan lingkungan bagi usaha mikro.

Untuk keberlanjutan program, mitra disarankan melakukan pemeliharaan rutin panel, baterai, dan inverter agar kinerja sistem optimal. Dokumentasi performa sistem dan hasil panen perlu dilakukan secara berkala untuk evaluasi dan pengembangan usaha. Pengembangan lanjutan dapat berupa penambahan pencahayaan pembibitan dan perluasan kapasitas PLTS. Keterlibatan masyarakat melalui pelatihan atau workshop juga penting untuk memperluas dampak program. Dukungan pemerintah, perguruan tinggi, dan sektor swasta diperlukan agar model ini dapat direplikasi di wilayah lain. Keberhasilan ini mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) terutama pada aspek energi bersih, ketahanan pangan, dan pembangunan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat dan Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi 2025 atas pendanaan HIBAH PKM Pemberdayaan Berbasis Masyarakat dan Universitas Pertamina pada SURAT KEPUTUSAN REKTOR NOMOR: 220/UPER/SK/HK.01/VI/2025 yang telah memberikan dukungan untuk mendukung terlaksananya kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwibowo, P. H., Saepuddin, A., Rasyid, A. H. A., Palupi, A. E., Muhaji, M., Arsana, I. M., Wailanduw, A. G., Siregar, I. H., Ansori, A., Irfa'i, M. A., Zakiyya, H., & Purwanto, A. (2025). Pelatihan Hidroponik Sebagai Upaya Peningkatan Keterampilan dan Ketahanan Pangan Siswa di Sekolah Indonesia Davao (SID) Filipina. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 5(1), 449–460. <https://doi.org/10.70609/icom.v5i1.6680>
- Arbi, M., Sriati, Junaidi, Y., Yamin, M., & Priyanto, G. (2025). Pelatihan Metode Pemasaran Melalui Pembentukan Koperasi pada Pelaku Usahatani Sayuran

- Hidroponik di Kawasan Ekowisata Pulau Kemaro Kota Palembang. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 5(2), 731–737. <https://doi.org/10.70609/icom.v5i2.6923>
- Bathaei, A., & Štreimikienė, D. (2023). Renewable Energy and Sustainable Agriculture: Review of Indicators. *Sustainability*, 15(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/su151914307>
- Bhagat, R., Walia, S. S., Sharma, K., Singh, R., Singh, G., & Hossain, A. (2024). The integrated farming system is an environmentally friendly and cost-effective approach to the sustainability of agri-food systems in the modern era of the changing climate: A comprehensive review. *Food and Energy Security*, 13(1), e534. <https://doi.org/10.1002/fes3.534>
- Boudia, A., Messalti, S., Harrag, A., & Boukhniher, M. (2021). New hybrid photovoltaic system connected to superconducting magnetic energy storage controlled by PID-fuzzy controller. *Energy Conversion and Management*, 244, 114435. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114435>
- Coşgun, A. E., Endiz, M. S., Demir, H., & Özcan, M. (2024). Agrivoltaic systems for sustainable energy and agriculture integration in Turkey. *Heliyon*, 10(11), e32300. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32300>
- Fadhilah, R., Murtadho, M. N., Putra, F. J. P., Hakim, M. H., & Baiturrohman, S. (2024). PENERAPAN TEKNOLOGI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Terpadu*, 8(11), Article 11. <https://oaj.jurnalhst.com/index.php/jimt/article/view/6209>
- Handayani, L., Mulyanto, S., & Anggraini, L. (2023). Workshop Peningkatan Profit dan Penyusunan Laporan Keuangan Usaha Akuaponik Pada Program Pembinaan Mahasiswa Wirausaha (P2MW) Universitas Darwan Ali. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 3(1), 341–349. <https://doi.org/10.33379/icom.v3i1.2265>
- He, X., Hashimoto, S., Jiang, W., Liu, J., & Kawaguchi, T. (2023). Design and Implementation of a Low-Voltage Photovoltaic System Integrated with Battery Energy Storage. *Energies*, 16(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/en16073057>
- Hochman, G., Hochman, E., Naveh, N., & Zilberman, D. (2018). The Synergy between Aquaculture and Hydroponics Technologies: The Case of Lettuce and Tilapia. *Sustainability*, 10(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/su10103479>
- Kaur, K., Bhalla, D., & Singh, J. (2022). Hybridized and Complementary Comparative Analysis of Dissolved Gases in a Power Transformer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1228(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1228/1/012003>
- Liu, S., You, H., Liu, Y., Feng, W., & Fu, S. (2022). Research on optimal control strategy of wind-solar hybrid system based on power prediction. *ISA Transactions*, 123, 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2021.05.010>
- Peter Amalathas, A., & Alkaisi, M. M. (2019). Nanostructures for Light Trapping in Thin Film Solar Cells. *Micromachines*, 10(9), 619. <https://doi.org/10.3390/mi10090619>

- Prayogi, S., Pertiwi, N. I., & Rozamuri, A. M. (2024). Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Pengembangan Usaha Kebun Hidroponik PagiFarm. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 4(4), 2969–2979. <https://doi.org/10.70609/icom.v4i4.5797>
- Priyadarshi, N., Padmanaban, S., Bhaskar, M. S., Blaabjerg, F., & Holm-Nielsen, J. B. (2020). An improved hybrid PV-wind power system with MPPT for water pumping applications. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 30(2), e12210. <https://doi.org/10.1002/2050-7038.12210>
- Ramadhan, R. A., Kakke, G. R., Fajar, I. N., & Prayogi, S. (2023). Smart Trash Bin Berbasis Internet Of Things Menggunakan Suplai dari Panel Surya. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(3), 1149–1158. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i3.2777>
- Silviana, F., & Prayogi, S. (2023). Pemanfaatan Bahan Bekas sebagai Alat Peraga IPA Ramah Lingkungan. *Berdikari: Jurnal Inovasi dan Penerapan Ipteks*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.18196/berdikari.v11i2.17845>
- Zhang, Q., Wan, X., Liu, F., Kan, B., Li, M., Feng, H., Zhang, H., Russell, T. P., & Chen, Y. (2016). Evaluation of Small Molecules as Front Cell Donor Materials for High-Efficiency Tandem Solar Cells. *Advanced Materials*, 28(32), 7008–7012. <https://doi.org/10.1002/adma.201601435>