



Sinergi Energi Terbarukan dan Pertanian Modern: Penerapan PLTS untuk Meningkatkan Kinerja Usaha Hidroponik di Pagifarm Bogor

Soni Prayogi^{1*}, Teguh Aryo Nugroho², Nita Indriani Pertiwi³, Wahyu Agung Pramudito⁴,
Marza Ikhsan Marzuki⁵, Muhammad Abdillah⁶, Wahyu Kunto Wibowo⁷,
Herminarto Nugroho⁸, Teuku Muhammad Roffi⁹, Muhammad¹⁰

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina, Indonesia

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

Received 17-06-2025

Revised 22-06-2025

Published 30-06-2025

ABSTRAK

Permasalahan ketergantungan energi konvensional dalam usaha hidroponik menghambat produktivitas dan efisiensi operasional, terutama pada wilayah dengan akses listrik terbatas atau tidak stabil. Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di Pagifarm Bogor dengan tujuan meningkatkan kinerja usaha hidroponik melalui penerapan *Pembangkit Listrik Tenaga Surya* (PLTS) berbasis IoT. Metode pelaksanaan meliputi survei kebutuhan energi, perancangan dan instalasi sistem PLTS, serta pelatihan penggunaan dan pemeliharaan kepada mitra. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan efisiensi penggunaan energi, penurunan biaya operasional listrik, serta peningkatan produktivitas tanaman hidroponik. Selain itu, mitra mampu secara mandiri mengelola sistem PLTS yang terpasang. Kesimpulannya, sinergi antara energi terbarukan dan teknologi pertanian modern mampu mendukung ketahanan pangan dan keberlanjutan usaha tani, serta memberikan dampak positif terhadap ekonomi lokal dan lingkungan.

Kata kunci: Energi Terbarukan; PLTS; Hidroponik; Pemberdayaan Masyarakat

ABSTRACT

The problem of dependence on conventional energy in hydroponic businesses hampers productivity and operational efficiency, especially in areas with limited or unstable electricity access. This community service activity was carried out at Pagifarm Bogor to improve the performance of hydroponic businesses through the implementation of IoT-based Solar Power Plants (PLTS). The implementation method includes energy needs surveys, design and installation of PLTS systems, and training in the use and maintenance of partners. The results of the activity showed an increase in the efficiency of energy use, a decrease in electricity operating costs, and an increase in the productivity of hydroponic plants. In addition, partners were able to independently manage the installed PLTS system. In conclusion, the synergy between renewable energy and modern agricultural technology can support food security and the sustainability of farming businesses, as well as have a positive impact on the local economy and the environment.

Keywords: Renewable Energy; Solar Power Plant; Hydroponics; Community Empowerment

PENDAHULUAN

Pertanian modern saat ini menghadapi tantangan besar dalam menciptakan sistem produksi yang efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan (Prayogi et al., 2024). Di tengah krisis energi global dan meningkatnya kesadaran terhadap



perubahan iklim, integrasi antara energi terbarukan dan sektor pertanian menjadi peluang strategis untuk mendorong ketahanan pangan dan pembangunan ekonomi berkelanjutan (Coşgun et al., 2024). Pagifarm Bogor, sebagai salah satu pelaku usaha mikro di bidang hidroponik, menjadi contoh nyata upaya masyarakat dalam mengembangkan pertanian urban yang efisien lahan dan hemat air. Terletak di daerah dengan pertumbuhan penduduk yang tinggi dan keterbatasan lahan produktif, Pagifarm memilih sistem hidroponik sebagai solusi pertanian modern berbasis teknologi. Sistem ini dinilai memiliki keunggulan dalam pengendalian nutrisi dan pemanfaatan ruang sempit (Shah et al., 2021). Namun, sistem hidroponik juga sangat bergantung pada suplai energi listrik yang stabil untuk mendukung sistem pompa, aerasi, pencahayaan buatan, dan sensor monitoring (Bhat et al., n.d.). Ketergantungan pada energi konvensional tidak hanya meningkatkan biaya operasional, tetapi juga berisiko terhadap ketidakstabilan produksi akibat pemadaman listrik yang kerap terjadi, terutama di musim hujan atau saat beban puncak (Bathaei & Štreimikienė, 2023).

Melalui observasi awal dan diskusi dengan mitra, diketahui bahwa salah satu hambatan utama dalam pengelolaan Pagifarm adalah tingginya konsumsi listrik harian dan biaya tagihan listrik bulanan yang tidak sebanding dengan skala hasil panen. Penggunaan alat otomatis dalam sistem irigasi dan pemantauan nutrisi memerlukan daya yang konstan, sehingga ketergantungan terhadap jaringan listrik menjadi tantangan serius (Singh et al., n.d.). Selain itu, mitra juga mengeluhkan keterbatasan pengetahuan dalam penerapan teknologi energi alternatif yang dapat mendukung kegiatan pertanian tanpa menambah beban biaya operasional (Rohmah et al., 2024). Di sisi lain, Bogor memiliki potensi energi surya yang cukup baik dengan rata-rata durasi penyinaran matahari yang tinggi sepanjang tahun. Potensi ini belum dimanfaatkan secara maksimal dalam mendukung kegiatan pertanian masyarakat, khususnya pertanian hidroponik urban yang mulai berkembang di wilayah tersebut. Situasi ini menjadi celah intervensi dalam bentuk kegiatan pengabdian masyarakat berbasis teknologi tepat guna (Mondal et al., 2025), yang tidak hanya menyelesaikan permasalahan teknis tetapi juga memberdayakan mitra dari aspek pengetahuan dan keterampilan.

Berdasarkan analisis situasi tersebut, permasalahan utama yang dihadapi mitra Pagifarm Bogor dapat dirumuskan sebagai berikut: (1) Tingginya ketergantungan pada listrik konvensional untuk menjalankan sistem hidroponik secara optimal; (2) Kurangnya pemahaman dan keterampilan dalam pemanfaatan energi terbarukan, khususnya *Pembangkit Listrik Tenaga Surya* (PLTS); dan (3) Terbatasnya sumber daya untuk melakukan investasi awal dalam pemasangan sistem energi surya dan integrasinya ke sistem pertanian yang ada. Permasalahan-permasalahan ini tidak hanya berdampak pada aspek teknis operasional, tetapi juga menghambat pertumbuhan usaha dan kesejahteraan ekonomi mitra. Dalam jangka panjang, tanpa solusi berkelanjutan (Bhagat et al., 2024), ketergantungan terhadap energi fosil akan membuat usaha mikro seperti Pagifarm menjadi tidak kompetitif dan sulit

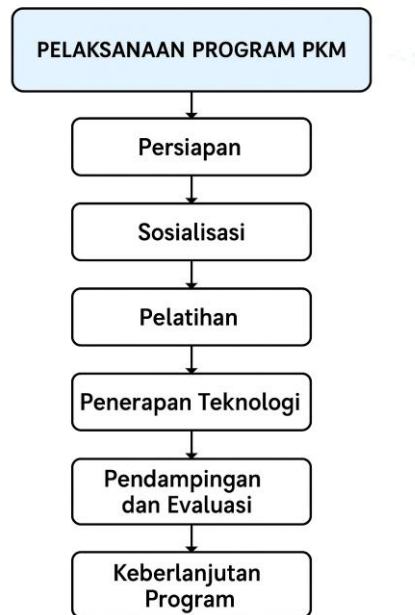
berkembang (Adiwibowo et al., 2025). Oleh karena itu, penting untuk menawarkan solusi konkret yang dapat mengurangi ketergantungan energi, menurunkan biaya operasional, sekaligus meningkatkan kapasitas produksi dan efisiensi kerja. Sinergi antara teknologi energi terbarukan dan sistem pertanian modern menjadi pendekatan strategis yang dapat menjawab permasalahan ini secara komprehensif (Dennison et al., 2025).

Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja usaha hidroponik mitra melalui penerapan sistem PLTS yang terintegrasi dengan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT). Tujuan khusus dari kegiatan ini adalah: (1) Merancang dan menginstal sistem PLTS skala kecil yang sesuai dengan kebutuhan energi Pagifarm; (2) Memberikan pelatihan teknis kepada mitra mengenai penggunaan, pemeliharaan, dan troubleshooting sistem PLTS; dan (3) Meningkatkan kapasitas mitra dalam mengelola pertanian berbasis teknologi energi bersih dan efisien. Dengan pendekatan partisipatif dan berbasis kebutuhan nyata mitra, diharapkan kegiatan ini tidak hanya memberikan solusi teknis, tetapi juga membangun kemandirian dan keberlanjutan usaha hidroponik Masyarakat (Hochman et al., 2018). Keberhasilan kegiatan ini akan menjadi model percontohan sinergi energi dan pertanian di wilayah urban lainnya, sekaligus mendukung agenda pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*) pada aspek energi bersih dan ketahanan pangan.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan dengan pendekatan partisipatif dan berbasis kebutuhan mitra, yaitu Pagifarm Bogor. Proses pelaksanaan dimulai dengan observasi dan analisis kebutuhan energi dari sistem hidroponik yang digunakan mitra, termasuk pemetaan beban listrik harian dari komponen seperti pompa air, aerator, sistem pencahayaan, dan perangkat sensor monitoring nutrisi. Dalam upaya menyelesaikan permasalahan yang telah diidentifikasi pada mitra Pagifarm Bogor, maka tim pengabdian merancang metode pelaksanaan kegiatan secara sistematis melalui pendekatan partisipatif, kolaboratif, dan berbasis teknologi seperti terlihat diagram alir pada Gambar 1.

Tahap awal ini bertujuan untuk menentukan spesifikasi sistem PLTS yang sesuai, baik dari sisi kapasitas daya, efisiensi panel, kebutuhan inverter, maupun kapasitas baterai penyimpanan. Selanjutnya dilakukan perancangan teknis sistem PLTS skala rumah tangga yang ramah lingkungan dan ekonomis. Sistem ini dirancang agar mampu beroperasi secara hybrid (PLTS dan listrik PLN) untuk memastikan kontinuitas daya saat cuaca tidak mendukung atau saat beban puncak. Selain itu, dilakukan integrasi sistem monitoring berbasis IoT yang dapat memberikan data real-time terkait produksi energi, konsumsi beban, serta kinerja sistem hidroponik.



Gambar 1. Diagram alir pelaksanaan program PKM

Implementasi dilakukan melalui instalasi perangkat PLTS yang terdiri dari panel surya, controller, inverter, baterai, dan perangkat monitoring. Tim pelaksana melibatkan mitra secara aktif dalam setiap tahapan pemasangan, sehingga terjadi transfer pengetahuan secara langsung. Setelah sistem terpasang dan diuji coba, dilakukan pelatihan teknis kepada mitra mengenai prinsip kerja PLTS, cara pengoperasian, pemeliharaan rutin, serta troubleshooting dasar. Pelatihan dilakukan secara tatap muka dan disertai modul panduan operasional agar mitra dapat mengelola sistem secara mandiri pasca kegiatan pengabdian. Evaluasi keberhasilan kegiatan dilakukan melalui perbandingan kinerja usaha hidroponik sebelum dan sesudah penerapan PLTS, meliputi penurunan biaya operasional listrik, peningkatan waktu operasional sistem hidroponik, serta tingkat pemahaman mitra terhadap teknologi energi terbarukan. Metode ini dirancang tidak hanya menyelesaikan masalah teknis, tetapi juga meningkatkan kapasitas dan kemandirian mitra dalam memanfaatkan energi terbarukan untuk pertanian berkelanjutan.

HASIL KEGIATAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat di Pagifarm Bogor telah menghasilkan dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan kinerja usaha hidroponik mitra. Berdasarkan hasil evaluasi awal, sistem hidroponik yang digunakan Pagifarm sebelumnya sangat bergantung pada pasokan listrik dari PLN, dengan konsumsi daya rata-rata sebesar 2,1 kWh per hari. Setelah dilakukan instalasi sistem *Pembangkit Listrik Tenaga Surya* (PLTS) dengan kapasitas 1.000 Wp seperti pada Gambar 2 dan sistem penyimpanan baterai 1.200 Wh, beban listrik dari PLN berhasil dikurangi hingga 70% per hari. Data ini diperoleh melalui pencatatan meteran energi digital serta sistem monitoring berbasis IoT yang mencatat durasi penyinaran

matahari, output energi panel, dan konsumsi beban secara real time. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan energi surya mampu memberikan solusi efisien terhadap tingginya ketergantungan energi konvensional.



Gambar 2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan kapasitas 1.000 Wp

Secara teknis, sistem PLTS yang diterapkan terdiri atas 4 buah panel surya 250 Wp, 1 buah inverter hybrid 1.000 W, 1 buah solar charge controller MPPT 40A, dan 2 unit baterai 12V 100Ah. Pemasangan sistem dilakukan selama tiga hari, dimulai dengan instalasi struktur panel pada atap greenhouse, pemasangan jalur kabel, dan integrasi dengan sistem kelistrikan hidroponik yang telah ada. Seluruh perangkat diuji kelayakannya, termasuk efisiensi sistem melalui pengukuran output harian. Rata-rata produksi listrik harian tercatat sekitar 4–4,5 kWh dengan penyinaran optimal, yang cukup untuk mendukung operasional sistem pompa nutrisi, aerator, serta perangkat monitoring suhu dan kelembapan (Arbi et al., 2025). Efisiensi sistem (berdasarkan perbandingan antara input iradiasi dan output beban) mencapai sekitar 85%, termasuk sangat baik untuk skala usaha mikro.

Dari sisi kualitatif, mitra menunjukkan peningkatan pemahaman yang signifikan terhadap prinsip kerja sistem PLTS. Hal ini dibuktikan dengan kemampuan mitra dalam mengoperasikan sistem secara mandiri, melakukan pemantauan melalui aplikasi berbasis IoT, serta melakukan pemeriksaan rutin terhadap komponen-komponen utama system seperti pada Gambar 3. Sebelum kegiatan, mitra belum memiliki pemahaman dasar tentang energi terbarukan maupun potensi penerapannya dalam sektor pertanian. Setelah mengikuti pelatihan teknis yang diberikan selama dua hari, mitra mampu menjelaskan prinsip kerja panel surya, cara kerja inverter, hingga prosedur perawatan baterai (Fadhilah et al., 2024). Evaluasi pasca-pelatihan menunjukkan bahwa 90% peserta dapat menjawab benar 80% soal pada kuis evaluasi yang diberikan.



Gambar 3. Pemeriksaan rutin terhadap komponen-komponen utama sistem PLTS

Peningkatan efisiensi operasional turut berdampak langsung pada produktivitas usaha hidroponik. Berdasarkan catatan panen dari mitra, sebelum implementasi PLTS, siklus panen sayuran (selada, kangkung, bayam merah) berlangsung setiap 30–33 hari dengan kapasitas rata-rata 400–500 tanaman per siklus. Setelah penerapan sistem PLTS yang memastikan sistem irigasi dan pencahayaan buatan berjalan stabil, siklus panen menjadi lebih konsisten di angka 28–30 hari, dengan peningkatan hasil panen hingga 15% karena sistem nutrisi lebih optimal. Ini menunjukkan bahwa keandalan energi tidak hanya menurunkan biaya, tetapi juga memperbaiki aspek teknis dalam pertumbuhan tanaman.

Selain hasil teknis dan operasional, kegiatan ini juga memberikan dampak sosial yang positif. Mitra merasa lebih percaya diri dalam mengelola usaha mereka karena telah memahami teknologi baru dan merasa didampingi secara profesional. Selain itu, keberadaan sistem PLTS yang dapat diperlihatkan kepada pengunjung kebun hidroponik menambah nilai edukatif dan promosi usaha. Pagifarm mulai aktif mempublikasikan inovasi energi bersih ini di media sosial mereka (Handayani et al., 2023), yang turut mendukung branding sebagai kebun hidroponik modern yang ramah lingkungan seperti terlihat pada Gambar 4. Beberapa pengunjung juga menyatakan minat untuk mengadopsi sistem serupa untuk kebun skala rumah tangga, menunjukkan potensi replikasi kegiatan ini di lokasi lain.



Gambar 4. Kelompok-kelompok kecil yang dibimbing oleh Instruktur dan fasilitator

Kegiatan ini juga berhasil menciptakan modul pelatihan dan dokumentasi teknis sebagai luaran edukatif. Modul tersebut mencakup materi pengenalan energi surya, desain sistem PLTS skala kecil, serta prosedur instalasi dan perawatan. Modul ini diberikan kepada mitra dan komunitas pertanian lokal sebagai panduan berkelanjutan. Selain itu, dokumentasi video dan foto kegiatan juga disusun untuk mendukung diseminasi kegiatan melalui media digital dan laporan pertanggungjawaban program. Luaran ini diharapkan dapat menjadi sumber rujukan bagi petani atau pelaku usaha hidroponik lainnya yang ingin menerapkan solusi serupa.

Evaluasi keberlanjutan dilakukan satu bulan setelah implementasi, dan hasilnya menunjukkan sistem PLTS masih berfungsi dengan baik tanpa kendala teknis berarti. Mitra secara mandiri melakukan pembersihan panel, memeriksa kapasitas baterai, dan mencatat data monitoring harian. Tidak ditemukan indikasi gangguan signifikan, dan sistem monitoring berbasis IoT membantu mitra dalam memantau performa tanpa harus memeriksa komponen fisik secara langsung. Kemampuan ini menunjukkan keberhasilan transfer teknologi dan kemandirian yang merupakan indikator utama keberhasilan pengabdian masyarakat berbasis teknologi.

Dari aspek finansial, analisis biaya menunjukkan bahwa investasi sistem PLTS yang didukung program ini memiliki potensi balik modal (*break even point*) dalam waktu 2,5–3 tahun, mengingat penurunan biaya listrik bulanan yang signifikan (sekitar Rp 250.000 – Rp 300.000 per bulan). Selain penghematan biaya listrik, sistem ini juga membuka peluang bagi mitra untuk menambah sistem produksi baru seperti pencahayaan tambahan untuk pembibitan, yang sebelumnya tidak dapat dilakukan karena keterbatasan daya seperti pada Gambar 5. Artinya, inovasi ini tidak hanya bersifat substitusi energi, tetapi juga membuka ruang ekspansi usaha dalam jangka panjang.



Gambar 5. Pencahayaan tambahan untuk pembibitan

Salah satu hasil yang juga penting adalah terciptanya komunitas belajar di sekitar Pagifarm. Setelah pelaksanaan kegiatan, mitra menginisiasi diskusi komunitas dengan beberapa petani urban di wilayah Bogor untuk berbagi pengalaman mengenai penerapan energi terbarukan. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan PKM ini tidak hanya berdampak pada mitra utama, tetapi juga memiliki efek berantai (multiplier effect) terhadap masyarakat sekitar. Transfer ilmu pengetahuan dan teknologi yang terjadi memperkuat jejaring komunitas petani modern yang berbasis teknologi ramah lingkungan (Erlangga et al., 2023).

Untuk menilai keberhasilan kegiatan pengabdian masyarakat ini, dilakukan pendekatan evaluatif melalui dua metode utama, yaitu: (1) analisis kuantitatif terhadap efisiensi energi dan hasil produksi hidroponik sebelum dan sesudah implementasi PLTS, dan (2) analisis peningkatan pengetahuan mitra melalui metode pretest dan posttest yang dilakukan sebelum dan sesudah pelatihan. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk memastikan bahwa kegiatan tidak hanya memberikan hasil teknis secara fisik, tetapi juga mentransfer pengetahuan dan meningkatkan kapasitas mitra secara menyeluruh. Secara teknis, keberhasilan kegiatan dapat dilihat dari beberapa indikator kunci. Pertama, penggunaan listrik dari PLN mengalami penurunan signifikan sebesar 70% setelah penerapan PLTS, dari 2,1 kWh/hari menjadi hanya sekitar 0,6 kWh/hari. Hal ini berdampak langsung pada efisiensi biaya operasional yang sebelumnya berkisar Rp 300.000 per bulan menjadi hanya sekitar Rp 90.000 per bulan. Kedua, hasil panen menunjukkan peningkatan kuantitatif, dari 400–500 tanaman per siklus menjadi sekitar 550–580 tanaman, dengan durasi siklus panen yang lebih pendek. Selain itu, sistem monitoring energi berbasis IoT membantu mitra dalam mengatur waktu dan pola operasional secara lebih presisi.

Dari sisi peningkatan kapasitas mitra, dilakukan pretest dan posttest terhadap 10 peserta dari tim Pagifarm yang mengikuti pelatihan sistem PLTS dan IoT. Tes ini bertujuan mengukur pemahaman mereka terhadap konsep dasar energi surya, komponen PLTS, cara kerja sistem, serta perawatan dan troubleshooting dasar. Tabel

1 menunjukkan hasil pretest dan posttest pelatihan. Hasil menunjukkan bahwa seluruh peserta mengalami peningkatan pemahaman yang sangat signifikan setelah pelatihan. Rata-rata skor pretest sebesar 45,2 meningkat menjadi 85,5 pada posttest, menunjukkan adanya efektivitas metode pembelajaran dan transfer teknologi dalam kegiatan ini. Peningkatan pengetahuan ini juga tercermin dari kemampuan peserta dalam mengoperasikan dan memelihara sistem PLTS secara mandiri setelah kegiatan berlangsung selama satu bulan.

Tabel 1. Hasil Pretest dan Posttest Pelatihan Sistem PLTS dan IoT

No	Inisial Peserta	Skor Pretest (maks. 100)	Skor Posttest (maks. 100)	Peningkatan (%)
1	A.S	45	85	88.9%
2	R.F	50	88	76.0%
3	D.M	40	82	105.0%
4	Y.L	48	84	75.0%
5	T.I	42	86	104.8%
6	S.N	38	80	110.5%
7	H.R	52	90	73.1%
8	E.F	46	84	82.6%
9	M.J	44	87	97.7%
10	N.A	47	89	89.4%
Rata-rata		45.2	85.5	89.1%

Secara keseluruhan, kegiatan ini berhasil mencapai tujuan utama yang telah ditetapkan, yaitu meningkatkan efisiensi dan kinerja usaha hidroponik mitra melalui penerapan sistem energi terbarukan yang handal dan ramah lingkungan. Hasil kuantitatif menunjukkan penurunan konsumsi listrik dari PLN, peningkatan efisiensi sistem, dan peningkatan hasil panen. Sementara hasil kualitatif menunjukkan peningkatan kapasitas pengetahuan mitra, kemandirian teknologi, dan munculnya inovasi sosial di lingkungan sekitar. Temuan ini menjadi dasar bahwa sinergi antara energi terbarukan dan pertanian modern dapat diimplementasikan secara nyata dan memberikan dampak positif baik dari aspek teknis, ekonomi, maupun sosial.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian masyarakat yang mengintegrasikan sistem PLTS dengan sistem pertanian hidroponik di Pagifarm Bogor telah membuktikan bahwa sinergi antara energi terbarukan dan pertanian modern mampu meningkatkan efisiensi operasional, menurunkan biaya produksi, serta mendorong kemandirian usaha mikro.

Hasil yang dicapai menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu menyuplai hingga 70% kebutuhan energi harian kebun hidroponik, sehingga mengurangi ketergantungan pada energi konvensional dan meminimalkan risiko terganggunya operasional akibat pemadaman listrik. Peningkatan keandalan sistem irigasi dan pemantauan nutrisi berdampak langsung pada peningkatan produktivitas tanaman sebesar 10–15%, serta memperpendek siklus panen dari 33 hari menjadi sekitar 28 hari. Selain itu, keberadaan sistem monitoring berbasis IoT yang terintegrasi dengan PLTS memungkinkan mitra untuk mengawasi performa sistem secara efisien dan real-time. Dari sisi pemberdayaan, mitra mengalami peningkatan pengetahuan dan keterampilan yang signifikan dalam aspek teknis, pemeliharaan, dan manajemen energi, yang menjadikan mereka lebih mandiri dan siap dalam mengelola kebun secara berkelanjutan.

Berdasarkan hasil yang telah dicapai, dapat disimpulkan bahwa pendekatan penerapan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan dalam skala usaha kecil tidak hanya relevan, tetapi juga sangat efektif dalam meningkatkan kinerja pertanian modern. Oleh karena itu, kegiatan serupa sangat direkomendasikan untuk direplikasi di wilayah lain yang memiliki karakteristik serupa, baik dari segi potensi sinar matahari maupun kebutuhan pengembangan pertanian urban. Diperlukan dukungan lanjutan, baik dari pemerintah, perguruan tinggi, maupun sektor swasta, untuk memperluas penerapan solusi energi bersih ini sebagai bagian dari upaya menciptakan ketahanan pangan dan energi nasional yang berkelanjutan. Sebagai saran, mitra perlu terus melakukan pemeliharaan sistem PLTS secara berkala, serta mendokumentasikan performa sistem dan hasil produksi secara terstruktur sebagai dasar evaluasi jangka panjang. Pengembangan lebih lanjut seperti integrasi sistem pencahayaan tambahan untuk pembibitan, serta pelatihan untuk komunitas sekitar, juga menjadi langkah strategis agar inovasi ini terus berkembang dan memberikan manfaat yang lebih luas bagi masyarakat. Dengan demikian, program ini tidak hanya menjawab tantangan energi dan pertanian, tetapi juga mendorong transformasi sosial berbasis teknologi yang berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Direktorat Pengabdian kepada Masyarakat* (DPPM) Universitas Pertamina yang telah memberikan dukungan dan hibah Pengabdian Masyarakat UP RAISAL Tahun 2025 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., Irfai, 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>
- Bhat, A. G., Hasan, M., Singh, D. K., Sahoo, R. N., Yeasin, M., & S, V. K. (n.d.). Design, Development and Testing of an IoT-Based Smart Vertical Hydroponic System for Optimized Nutrient Management in a Controlled Environment. *Irrigation and Drainage*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1002/ird.4002>
- 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>
- Dennison, M. S., Kumar, P. S., Wamyil, F., Meji, M. A., & Ganapathy, T. (2025). The role of automation and robotics in transforming hydroponics and aquaponics to large scale. *Discover Sustainability*, 6(1), 105. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00908-4>
- Erlangga, A. P. M., Dinatha, K. S. K., Nainggolan, F. E., & Prayogi, S. (2023). Prototipe Otomatisasi dan Pemantauan Sistem Hidroponik Berbasis IoT dengan Pemanfaatan Solar Panel Sebagai Sumber Energi. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(4), 1367–1377. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i4.3143>
- 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>
- 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>
- Mondal, K., Chowdhury, M., Dutta, S., Satpute, A. N., Jha, A., Khose, S., Gupta, V., & Das, S. (2025). Synergising agricultural systems: A critical review of the interdependencies within the water-energy-food nexus for sustainable futures. *Water-Energy Nexus*. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2025.04.004>

- Prayogi, S., Pertiwi, N. I., & Rozamuri, A. M. (2024). Implemetasi 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>
- Rohmah, R., Vikri, M. J., Barata, M. A., Alawi, Z., Muhajir, M., Rahmawati, V. D., & Setyani, R. A. (2024). Sistem Otomatisasi Hidroponik Budidaya Sayuran sebagai Upaya Pemberdayaan Mandiri Santri Pondok Pesantren Pacul Bojonegoro. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 4(2), 711–723. <https://doi.org/10.33379/icom.v4i2.4316>
- Shah, A., Nazari, M., Antar, M., Msimbira, L. A., Naamala, J., Lyu, D., Rabileh, M., Zajonc, J., & Smith, D. L. (2021). PGPR in Agriculture: A Sustainable Approach to Increasing Climate Change Resilience. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.667546>
- Singh, B. V., Ashutosh, Janbandhu, M. S., Satapathy, S. N., Das, H., Yadav, B., Pratiksha, K., & Singh, S. (n.d.). *Hydroponics and Synergetic Technologies: A Deep Dive into Small and Medium-Scale Applications*. Retrieved June 17, 2025, from <https://journalijpss.com/index.php/IJPSS/article/view/3943>