



Implemetasi Pembangk Listrik Tenaga Surya untuk Pengembangan Usaha Kebun Hidroponik PagiFarm

Soni Prayogi^{1*}, Nita I Pertiwi², Arif Murti Rozamuri³

¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina, Indonesia

^{2,3} Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Pertamina, Indonesia

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

Received 08-11-2024

Revised 29-11-2024

Published 16-12-2024

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan pangan dan efisiensi energi di sektor pertanian menjadi tantangan bagi usaha kecil seperti PagiFarm. Pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengimplementasikan pembangkit listrik tenaga surya guna mendukung pengembangan kebun hidroponik di PagiFarm. Pemanfaatan energi terbarukan ini diharapkan mampu mengurangi ketergantungan terhadap listrik konvensional dan meningkatkan efisiensi operasional kebun. Metode yang digunakan meliputi instalasi panel surya, pelatihan teknis, dan pendampingan pengoperasian sistem. Hasil dari program ini menunjukkan bahwa penggunaan panel surya mampu memenuhi kebutuhan listrik harian kebun hidroponik dan menurunkan biaya operasional hingga 40%. Implementasi ini juga meningkatkan kesadaran masyarakat sekitar tentang pentingnya energi terbarukan dalam mendukung usaha agrikultur. Kesimpulannya, teknologi tenaga surya dapat menjadi solusi efisien dan berkelanjutan bagi pengembangan usaha agrikultur skala kecil, sekaligus mendorong adopsi energi ramah lingkungan di sektor pertanian.

Kata kunci: Energi terbarukan; Pembangkit listrik tenaga surya; Kebun hidroponik; Efisiensi operasional.

ABSTRACT

The increasing need for food and energy efficiency in the agricultural sector is a challenge for small businesses such as PagiFarm. This community service aims to implement solar power plants to support the development of hydroponic gardens at PagiFarm. The use of renewable energy is expected to reduce dependence on conventional electricity and increase the operational efficiency of the garden. The methods used include solar panel installation, technical training, and assistance in operating the system. The results of this program show that the use of solar panels can meet the daily electricity needs of hydroponic gardens and reduce operational costs by up to 30%. This implementation also increases awareness of the surrounding community about the importance of renewable energy in supporting agricultural businesses. In conclusion, solar power technology can be an efficient and sustainable solution for the development of small-scale agricultural businesses, while encouraging the adoption of environmentally friendly energy in the agricultural sector.

Keywords: Renewable energy; Solar power generation; Hydroponic garden; Operational efficiency.



PENDAHULUAN

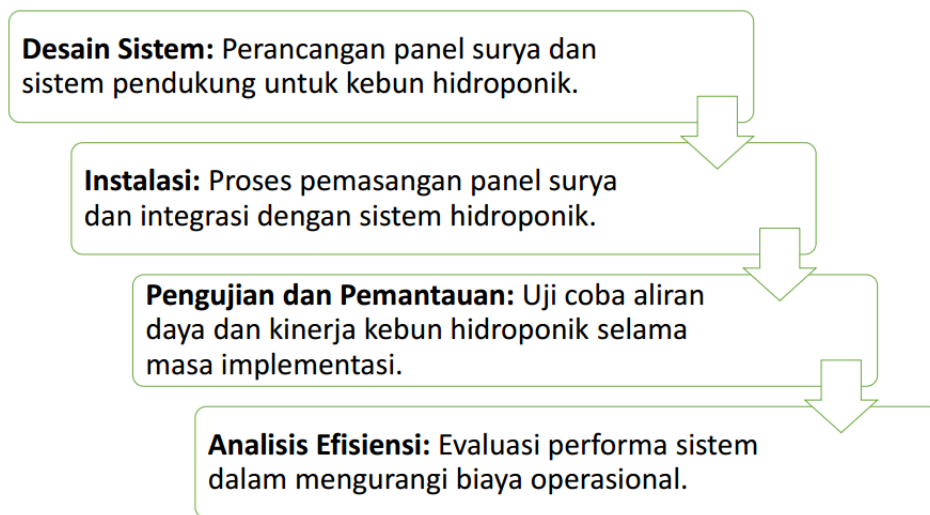
Pertumbuhan populasi dan kebutuhan pangan yang terus meningkat menuntut inovasi dalam bidang pertanian, terutama untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas usaha pertanian (Satyanarayana et al., 2023). Di sisi lain, perkembangan teknologi energi terbarukan, khususnya tenaga surya, menghadirkan peluang besar untuk mendukung keberlanjutan sektor pertanian (Velazquez-Gonzalez et al., 2022). PagiFarm, sebuah usaha kebun hidroponik kecil di pedesaan (Wang et al., 2022), menghadapi kendala tingginya biaya operasional akibat ketergantungan pada listrik konvensional, yang kerap kali mengalami gangguan dan fluktuasi harga (Batayola et al., 2023). Selain itu, masyarakat sekitar, yang sebagian besar adalah petani konvensional, belum sepenuhnya memahami manfaat energi terbarukan dalam mendukung ketahanan pangan dan usaha agrikultur (Erlangga et al., 2023). Potensi penggunaan tenaga surya di PagiFarm tidak hanya dapat mengatasi masalah biaya dan keberlanjutan usaha (Ramadhan et al., 2023), tetapi juga dapat menjadi contoh bagi masyarakat sekitar tentang manfaat penggunaan teknologi hijau dalam dunia pertanian.

Permasalahan utama yang dihadapi oleh PagiFarm adalah ketergantungan pada sumber energi listrik konvensional yang tidak hanya mahal, tetapi juga seringkali mengalami gangguan yang menghambat operasi kebun hidroponik. Fluktuasi biaya listrik berdampak langsung pada profitabilitas usaha, membuat upaya pengembangan usaha menjadi terbatas (Wedashwara et al., 2021). Selain itu, keterbatasan pengetahuan dan akses masyarakat sekitar terhadap teknologi energi terbarukan juga menjadi tantangan tersendiri (Aji et al., 2021). Tidak adanya pelatihan atau informasi yang memadai mengenai teknologi tersebut menyebabkan masyarakat kurang sadar akan potensi penghematan biaya dan peningkatan efisiensi yang bisa dicapai dengan tenaga surya (Mohammad et al., 2021). Padahal, wilayah tempat PagiFarm berada memiliki potensi sumber daya sinar matahari yang melimpah dan stabil sepanjang tahun, menjadikannya tempat yang ideal untuk penerapan pembangkit listrik tenaga surya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mengimplementasikan pembangkit listrik tenaga surya sebagai solusi alternatif energi yang dapat mendukung keberlanjutan operasional PagiFarm. Program pengabdian ini mencakup instalasi panel surya, pelatihan teknis bagi pengelola kebun dan masyarakat sekitar, serta pendampingan dalam pengelolaan dan pemeliharaan sistem. Dengan demikian, diharapkan PagiFarm mampu meningkatkan efisiensi operasionalnya dan mengurangi ketergantungan pada listrik konvensional. Selain itu, kegiatan ini bertujuan untuk mendorong adopsi energi terbarukan di kalangan masyarakat sekitar (Silviana & Prayogi, 2023), membuka peluang usaha yang lebih ramah lingkungan, serta mengedukasi masyarakat tentang pentingnya teknologi hijau bagi keberlanjutan lingkungan dan peningkatan ekonomi lokal.

METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan program pengabdian ini dilakukan melalui beberapa tahapan untuk memastikan keberhasilan implementasi pembangkit listrik tenaga surya di kebun hidroponik PagiFarm. Adapun tahapannya dapat dilihat pada Gambar 1. Pelaksanaan pengabdian ini dimulai dengan desain sistem, yaitu merancang tata letak dan kapasitas panel surya yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan energi kebun hidroponik PagiFarm. Perancangan dilakukan berdasarkan analisis kebutuhan daya untuk peralatan hidroponik, seperti pompa air, sistem pencahayaan, dan alat monitoring lingkungan. Selain itu, sistem pendukung seperti inverter, baterai penyimpanan, dan pengatur daya juga disesuaikan untuk memastikan bahwa energi yang dihasilkan dapat disimpan dan didistribusikan dengan efisien (Yu et al., 2022). Desain ini mempertimbangkan kondisi cuaca setempat untuk memaksimalkan penyerapan energi matahari dan memastikan kebun hidroponik dapat beroperasi secara mandiri.



Gambar 1. Tahapan pelaksanaan kegiatan program pengabdian

Tahap berikutnya adalah instalasi, di mana panel surya dan komponen pendukung dipasang dan diintegrasikan dengan sistem hidroponik yang sudah ada. Pemasangan dilakukan oleh tim teknis yang bekerja sama dengan pengelola PagiFarm dan beberapa anggota masyarakat, agar mereka mendapatkan pemahaman langsung mengenai proses instalasi. Integrasi sistem ini mencakup penghubungan panel surya dengan sistem penyimpanan dan distribusi daya yang akan menyuplai kebutuhan listrik kebun hidroponik secara otomatis (Saritha et al., 2023). Proses ini juga meliputi uji awal untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan aman sebelum beralih ke tahap pengujian lebih lanjut. Setelah instalasi, dilakukan pengujian dan pemantauan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara menyeluruh (Purwalaksana et al., 2024). Tim pengabdian melakukan uji coba aliran daya dengan memantau distribusi listrik dari panel surya ke peralatan hidroponik selama masa implementasi. Selain itu, dilakukan pemantauan harian untuk memastikan bahwa daya yang dihasilkan mencukupi kebutuhan kebun dan tidak ada gangguan teknis (Aziz et al., 2024). Di akhir periode implementasi, dilakukan analisis efisiensi guna

mengevaluasi performa sistem dalam mengurangi biaya operasional. Data penggunaan listrik dari panel surya dibandingkan dengan biaya listrik konvensional sebelumnya untuk mengukur penghematan yang dicapai. Hasil analisis ini memberikan gambaran konkret tentang manfaat energi surya bagi PagiFarm dan dapat menjadi referensi bagi usaha hidroponik lainnya di masa depan.

HASIL KEGIATAN

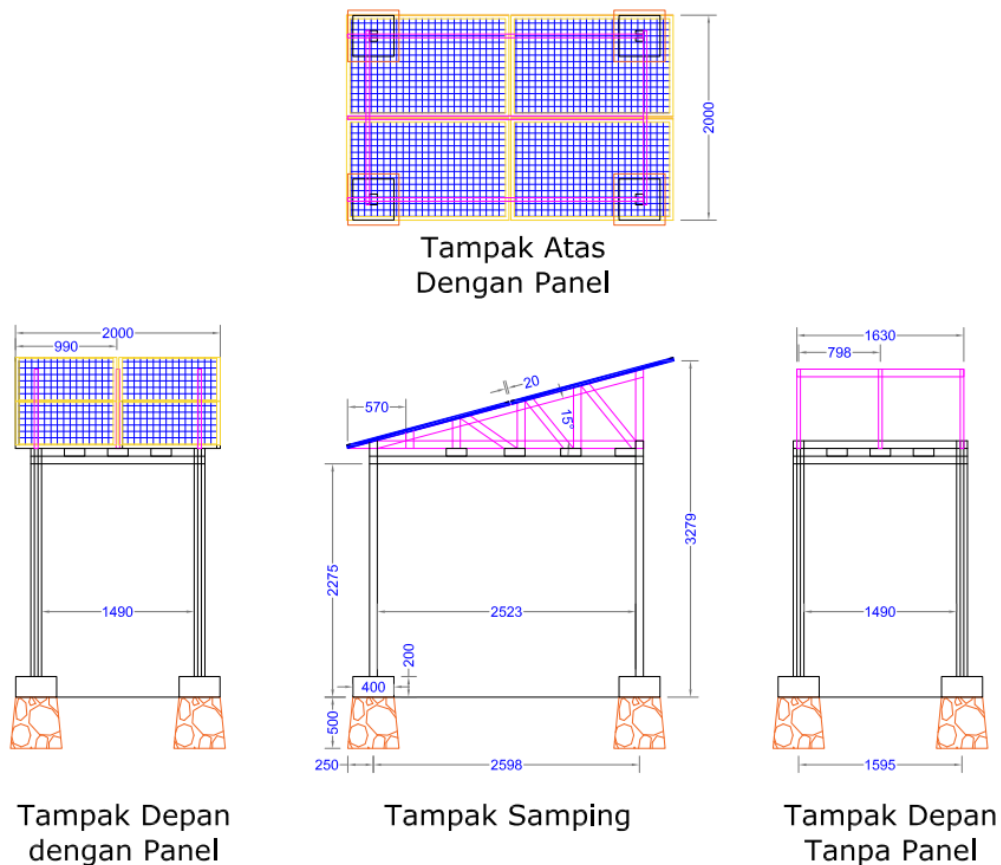
Langkah awal dalam kegiatan pengabdian ini adalah melakukan identifikasi kebutuhan energi dan survei lokasi di kebun hidroponik PagiFarm. Identifikasi kebutuhan melibatkan analisis terhadap penggunaan listrik harian di kebun, khususnya untuk perangkat vital seperti pompa air, sistem pencahayaan, dan sensor monitoring yang mendukung keberlangsungan pertumbuhan tanaman seperti terlihat pada Gambar 2. Dari hasil analisis ini, didapatkan estimasi kapasitas energi yang dibutuhkan agar kebun dapat beroperasi secara optimal dan mandiri dengan sumber energi surya. Selanjutnya, dilakukan survei lokasi untuk menentukan area yang tepat bagi pemasangan panel surya, dengan mempertimbangkan paparan sinar matahari yang optimal sepanjang hari (Shrivastava et al., 2023). Survei juga mencakup pengecekan kondisi lingkungan sekitar kebun, termasuk aspek keamanan dan aksesibilitas untuk instalasi komponen seperti inverter dan baterai (Siregar et al., 2016). Identifikasi dan survei ini bertujuan memastikan bahwa sistem pembangkit listrik tenaga surya yang akan diimplementasikan sesuai dengan kebutuhan operasional dan kondisi spesifik lokasi, sehingga dapat berfungsi secara efisien dan berkelanjutan.



Gambar 2. Identifikasi kebutuhan dan survei lokasi kegiatan program pengabdian

Pada tahap desain sistem, perancangan panel surya untuk PagiFarm dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan daya spesifik kebun hidroponik, seperti pompa air dan pencahayaan. Berdasarkan analisis kebutuhan energi harian,

diputuskan untuk menggunakan panel surya dengan total kapasitas 1 kWp yang dilengkapi dengan inverter dan baterai penyimpanan daya sebesar 200 Ah untuk memastikan ketersediaan energi saat cuaca mendung atau di malam hari (Prayogi et al., 2023). Selain itu, sistem kontrol dan monitoring juga dirancang untuk memantau konsumsi daya serta performa panel surya, sehingga dapat diidentifikasi efisiensi pemakaian energi dan potensi penghematan biaya (Farhadi et al., 2022). Desain ini disesuaikan dengan kondisi iklim setempat yang cenderung stabil dalam hal intensitas sinar matahari seperti terlihat pada Gambar 3, sehingga memungkinkan optimalisasi produksi energi dari panel surya.



Gambar 3. Desain perancangan Sistem panel surya menggunakan *AutoCAD*.

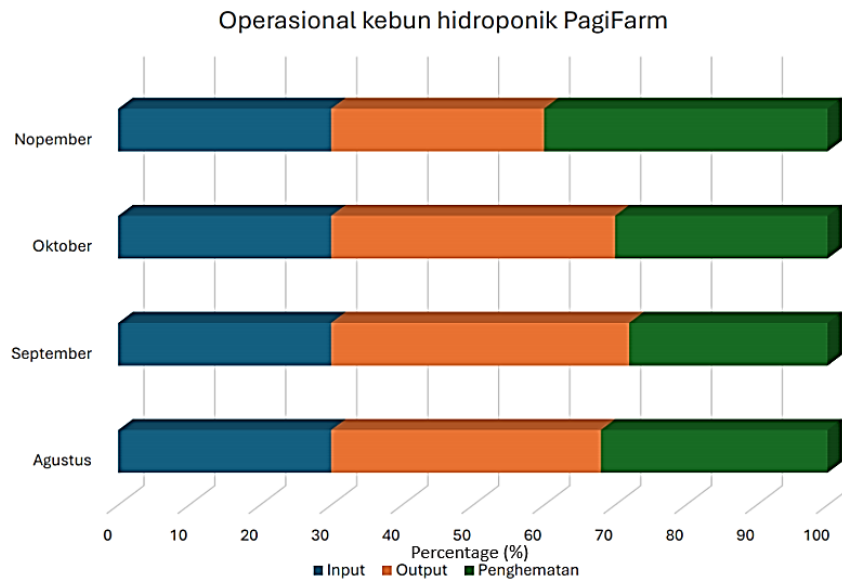
Tahap berikutnya adalah instalasi, di mana panel surya dan seluruh sistem pendukung dipasang di area kebun hidroponik. Proses instalasi dilakukan secara bertahap dengan melibatkan tim teknis serta pengelola PagiFarm dan beberapa anggota masyarakat setempat seperti terlihat pada Gambar 4. Dalam proses ini, dilakukan pemasangan panel surya pada area yang mendapatkan paparan sinar matahari maksimal. Inverter dan baterai penyimpanan ditempatkan di lokasi yang aman dan mudah diakses untuk perawatan (Xu et al., 2022). Instalasi ini juga melibatkan pengaturan pengkabelan agar aliran listrik dari panel surya ke sistem hidroponik berjalan efisien dan aman. Pada akhir instalasi, tim melakukan pengecekan terhadap semua komponen untuk memastikan tidak ada masalah dalam koneksi maupun aliran daya (Sudarso et al., 2023). Tahap pengujian dan pemantauan dimulai

setelah instalasi selesai. Tim pengabdian melakukan uji coba aliran daya dengan menjalankan sistem hidroponik sepenuhnya menggunakan energi dari panel surya (Prayogi, 2024). Pemantauan dilakukan selama dua minggu untuk mengamati stabilitas aliran listrik dan memastikan bahwa energi yang dihasilkan cukup untuk memenuhi kebutuhan sistem hidroponik tanpa gangguan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya mampu menghasilkan daya yang cukup untuk menjalankan pompa air dan pencahayaan secara penuh pada siang hari, sementara baterai penyimpanan cukup untuk memenuhi kebutuhan pada malam hari (Vega et al., 2021). Selain itu, monitoring sistem secara langsung memungkinkan deteksi dini jika terjadi penurunan performa pada panel atau komponen lain, sehingga bisa dilakukan tindakan pencegahan.



Gambar 4. Proses penentuan titik dan instalasi perancangan sistem panel surya.

Selanjutnya, dilakukan analisis efisiensi untuk mengevaluasi seberapa besar penghematan yang dihasilkan dari implementasi tenaga surya ini. Data pemakaian listrik selama sebulan dikumpulkan dan dibandingkan dengan pemakaian listrik konvensional sebelumnya (Caesarendra et al., 2022). Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan panel surya mampu mengurangi biaya operasional listrik hingga 40%, yang berdampak signifikan terhadap profitabilitas usaha kebun hidroponik PagiFarm seperti terlihat pada Gambar 5. Penghematan ini tidak hanya mengurangi biaya operasional, tetapi juga membuka peluang bagi PagiFarm untuk mengalokasikan dana ke pengembangan aspek lain, seperti penambahan instalasi hidroponik atau peningkatan kualitas produk.



Gambar 5. Analisis penghematan yang dihasilkan dari implementasi tenaga surya.

Selain penghematan biaya, implementasi sistem tenaga surya ini juga berdampak positif pada aspek sosial dan lingkungan. Masyarakat sekitar yang sebelumnya kurang mengetahui potensi energi terbarukan mulai memahami manfaat tenaga surya melalui penyuluhan dan pelatihan yang diberikan (Mishra et al., 2020). Beberapa warga menunjukkan minat untuk menerapkan teknologi serupa pada usaha pertanian mereka, terutama yang memiliki kebutuhan listrik harian tinggi (Rajendran et al., 2024). Kegiatan ini turut meningkatkan kesadaran lingkungan di kalangan masyarakat, karena mereka melihat langsung dampak positif dari pengurangan ketergantungan pada energi fosil yang lebih mahal dan kurang ramah lingkungan.

Secara keseluruhan, hasil dari pengabdian ini menunjukkan bahwa implementasi pembangkit listrik tenaga surya pada usaha kebun hidroponik dapat meningkatkan efisiensi operasional dan memberikan dampak positif jangka panjang. Selain mengurangi biaya, penggunaan panel surya juga mendorong adopsi teknologi ramah lingkungan di kalangan masyarakat setempat, yang berpotensi meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat melalui inovasi teknologi. Keberhasilan proyek ini menjadi contoh bagi usaha kecil lainnya di bidang pertanian untuk memanfaatkan energi terbarukan sebagai solusi keberlanjutan usaha.

KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi pembangkit listrik tenaga surya di kebun hidroponik PagiFarm berhasil menunjukkan dampak positif yang signifikan dalam aspek efisiensi energi dan keberlanjutan usaha. Dengan perancangan dan pemasangan sistem tenaga surya yang tepat, PagiFarm mampu mengoperasikan seluruh kebutuhan listrik harian untuk sistem hidroponik secara mandiri, tanpa bergantung pada sumber listrik konvensional. Berdasarkan hasil pemantauan dan analisis efisiensi, penggunaan panel surya ini berhasil mengurangi biaya operasional hingga 40%, yang berdampak langsung pada peningkatan keuntungan dan kapasitas pengembangan usaha. Selain

itu, sistem ini juga terbukti andal dalam menjaga stabilitas suplai daya, bahkan pada malam hari, berkat adanya sistem penyimpanan baterai yang efektif. Dengan demikian, penerapan energi terbarukan tidak hanya memberikan solusi praktis dalam mengurangi beban biaya, tetapi juga memperkuat aspek keberlanjutan dan ramah lingkungan bagi sektor pertanian modern. Selain manfaat ekonomi dan lingkungan, pengabdian ini juga berdampak positif secara sosial. Penyuluhan dan pelatihan yang diberikan selama kegiatan telah meningkatkan pemahaman pengelola kebun dan masyarakat sekitar mengenai teknologi energi terbarukan, khususnya tenaga surya. Beberapa masyarakat yang ikut serta dalam program ini bahkan menunjukkan minat untuk menerapkan teknologi serupa pada usaha mereka sendiri. Melalui kegiatan ini, diharapkan terjadi peningkatan kesadaran lingkungan dan minat terhadap energi alternatif yang lebih bersih dan terjangkau, yang pada gilirannya dapat mendorong penerapan teknologi serupa di sektor pertanian lokal lainnya.

Sebagai saran, penerapan tenaga surya untuk usaha hidroponik seperti PagiFarm sebaiknya didukung dengan program monitoring dan evaluasi yang berkelanjutan. Monitoring berkala diperlukan untuk memastikan performa sistem tetap optimal serta untuk mendeteksi dan memperbaiki masalah teknis sedini mungkin. Selain itu, pelatihan tambahan tentang perawatan dan pemeliharaan panel surya serta komponen pendukung perlu terus dilakukan, agar pengelola kebun mampu mengelola teknologi ini secara mandiri. Disarankan pula bagi pemerintah daerah atau instansi terkait untuk mendukung pengembangan energi terbarukan di sektor pertanian melalui bantuan teknis maupun insentif keuangan, sehingga semakin banyak usaha pertanian skala kecil dan menengah yang dapat beralih ke energi terbarukan. Dengan langkah-langkah tersebut, diharapkan teknologi pembangkit listrik tenaga surya dapat berperan lebih besar dalam mendukung keberlanjutan dan efisiensi energi di bidang pertanian, khususnya pada usaha hidroponik yang semakin berkembang di berbagai wilayah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DRTPM) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi dan Direktorat Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) Universitas Pertamina yang telah memberikan dukungan dan hibah pengabdian Masyarakat dengan No 0127/UPER-R/SK/HK.01/VII/2024 untuk mendukung terlaksananya kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada tim pengelola kebun hidroponik PagiFarm atas kerjasama dan antusiasmenya dalam implementasi sistem tenaga surya yang berkelanjutan. Kami berterima kasih kepada seluruh anggota masyarakat setempat yang terlibat aktif dalam kegiatan pelatihan dan instalasi, sehingga kegiatan ini dapat berlangsung dengan lancar dan memberikan manfaat yang nyata bagi perkembangan usaha kebun hidroponik. Semoga kolaborasi ini dapat terus terjalin dan menjadi inspirasi bagi implementasi energi terbarukan di

bidang pertanian dan usaha kecil menengah lainnya. Dukungan dan kontribusi dari seluruh pihak sangat berharga dalam mencapai kesuksesan kegiatan pengabdian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, D. K. P., Nurhasan, U., Arianto, R., & Triswidrananta, O. D. (2021). Smart ecosystem for hydroponic land in the hydroponic farmers group guided by CSR PT. Otsuka Indonesia as an improved quality and quantity of harvest results. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1073(1), 012030. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1073/1/012030>
- Aziz, A., Shodiq, M., Mahruhiyanto, A., & Rey, P. D. (2024). Application of photovoltaic water pumping system for hydroponic plants to support urban farming small businesses during the COVID-19 pandemic. *AIP Conference Proceedings*, 2859(1), 020006. <https://doi.org/10.1063/5.0222384>
- Batayola, F. F., Narvios, W. M. O., Mendez, J. C., Casinto, R. M., & Villegas, C. J. (2023). The Grow Impact of Electrical Stimulation and Grow Lights on Lettuce Plant (*Lactuca Sativa*) in Hydroponics System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1184(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1184/1/012028>
- Caesarendra, W., Ramadhan, Y. R., Harmailis, Pranoto, K. A., & Wijaya, G. D. (2022). Hydroponic Box Design with an IoT Monitoring System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1097(1), 012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1097/1/012047>
- 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>
- Farhadi, R., Farrokhi Teimourlou, R., Abbasalizadeh, M., & Ghosta, Y. (2022). Clean agricultural production by solar water disinfection in hydroponic systems using synergistic effects. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102331. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102331>
- Mishra, P., Jimmy, L., Ogunmola, G. A., Phu, T. V., Jayanthiladevi, A., & Latchoumi, T. P. (2020). Hydroponics Cultivation Using Real Time Iot Measurement System. *Journal of Physics: Conference Series*, 1712(1), 012040. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1712/1/012040>
- Mohammad, L., Suyanto, Asy'ari, M. K., Husna, A., & Pakpahan, S. (2021). Pengembangan Sistem Hidroponik Otomatis-Modern Berbasis Panel Surya dan Baterai. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v10i1.727>
- Prayogi, S. (2024). Enhancement of the Silicon Nanocrystals' Electronic Structure within a Silicon Carbide Matrix. *Indonesian Journal of Chemistry*, 24(1), Article 1. <https://doi.org/10.22146/ijc.79864>

- Prayogi, S., Ayunis, A., Cahyono, Y., & Darminto, D. (2023). N-type H₂-doped amorphous silicon layer for solar-cell application. *Materials for Renewable and Sustainable Energy*. <https://doi.org/10.1007/s40243-023-00232-9>
- Purwalaksana, A. Z., Wahyu, S., Ndari, W. E. W., Syah, S. A., Rismawati, E., Kusumadjati, A., & Suharmanto, P. (2024). IoT System for Floating Raft Hydroponics: Nutrient Monitoring and Automation. *Journal of Physics: Conference Series*, 2866(1), 012042. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2866/1/012042>
- Rajendran, S., Domalachenpa, T., Arora, H., Li, P., Sharma, A., & Rajauria, G. (2024). Hydroponics: Exploring innovative sustainable technologies and applications across crop production, with Emphasis on potato mini-tuber cultivation. *Heliyon*, 10(5), e26823. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26823>
- 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>
- Saritha, V., Chandana, S. L., Mahalakshmi, U. S. B. K., Shamia, D., Chawla, P., & Chaturvedi, A. (2023). An intelligent sensing and detection system for accident preventions in four wheeler vehicles. *Materials Today: Proceedings*, 80, 1713–1716. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.353>
- Satyanarayana, P., Mahalakshmi, T., Sivakami, R., Alahmari, S. A., Rajeyyagari, S., & Asadi, S. (2023). A new algorithm for detection of nodes failures and enhancement of network coverage and energy usage in wireless sensor networks. *Materials Today: Proceedings*, 80, 1717–1722. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.355>
- Shrivastava, A., Nayak, C. K., Dilip, R., Samal, S. R., Rout, S., & Ashfaq, S. M. (2023). Automatic robotic system design and development for vertical hydroponic farming using IoT and big data analysis. *Materials Today: Proceedings*, 80, 3546–3553. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.294>
- Silviana, F., & Prayogi, S. (2023). Utilization of Smartphones in Experiments of Measurement of Electron-Mass Charge Ratio. *International Journal of Engineering and Science Applications*, 10(1), Article 1.
- Siregar, S., Sari, M. I., & Jauhari, R. (2016). AUTOMATION SYSTEM HYDROPONIC USING SMART SOLAR POWER PLANT UNIT. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 78(5–7), Article 5–7. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.8713>
- Sudarso, H., Taqwa, A., & Kusumanto, R. D. (2023). Design and Implementation of Solar Power System on Lettuce Hydroponic Greenhouse in Sekayu Musi Banyuasin Regency South Sumatera Province. *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.53893/ijrvocas.v3i2.208>
- Vega, J. A. D., Gonzaga, J. A., & Lim, L. A. G. (2021). Fuzzy-based automated nutrient solution control for a hydroponic tower system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1109(1), 012064. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1109/1/012064>

- Velazquez-Gonzalez, R. S., Garcia-Garcia, A. L., Ventura-Zapata, E., Barceinas-Sanchez, J. D. O., & Sosa-Savedra, J. C. (2022). A Review on Hydroponics and the Technologies Associated for Medium- and Small-Scale Operations. *Agriculture*, 12(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050646>
- Wang, L., Cheng, H., Wu, G., He, Q., & Zheng, H. (2022). Thermodynamic and economic analysis of a solar hydroponic planting system with multi-stage interfacial distillation units. *Desalination*, 539, 115970. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2022.115970>
- Wedashwara, W., Jatmika, A. H., AZubaidi, & Arimbawa, I. W. A. (2021). Smart solar powered hydroponics system using internet of things and fuzzy association rule mining. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 712(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/712/1/012007>
- Xu, Z., Elomri, A., Al-Ansari, T., Kerbache, L., & El Mekkawy, T. (2022). Decisions on design and planning of solar-assisted hydroponic farms under various subsidy schemes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156, 111958. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111958>
- Yu, Y., Du, E., Chen, Z., Su, Y., Zhang, X., Yang, H., Wang, P., & Zhang, N. (2022). Optimal portfolio of a 100% renewable energy generation base supported by concentrating solar power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 170, 112937. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112937>