



Implementasi Mikrohidro dalam Mendukung Sistem Hidroponik Berkelanjutan di CV Pagi Berkah Mandiri Bogor

**Soni Prayogi^{1*}, Muhammad Abdillah², Nita Indriani Pertiwi³,
Evi Sofia⁴, Arif Murti Rozamuri⁵**

^{1, 2, 3} Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina, Jakarta, Indonesia

^{4, 5} Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Pertamina, Jakarta, Indonesia

*Corresponding author: soniprayogi@universitaspertamina.ac.id

Received 07-07-2026

Revised 15-07-2026

Published 02-09-2026

ABSTRAK

Ketersediaan pasokan energi yang andal dan efisien merupakan faktor penting dalam mendukung keberlanjutan operasional sistem hidroponik, terutama untuk menjaga sirkulasi nutrisi secara kontinu. Ketergantungan pada sumber energi konvensional mendorong perlunya pemanfaatan energi terbarukan sebagai solusi yang lebih ramah lingkungan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengimplementasikan sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro sebagai sumber energi terbarukan untuk mendukung operasional hidroponik berkelanjutan di CV Pagi Berkah Mandiri. Metode pelaksanaan meliputi survei lokasi, perancangan sistem, pemasangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro, integrasi dengan sistem hidroponik, pengujian kinerja, serta pendampingan kepada mitra. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa sistem mikrohidro mampu menyediakan pasokan listrik yang stabil untuk mengoperasikan pompa sirkulasi dan perangkat pendukung hidroponik, sehingga meningkatkan kontinuitas operasional, mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional, serta mendukung penerapan budidaya yang lebih ramah lingkungan. Dengan demikian, implementasi sistem mikrohidro menjadi alternatif pemanfaatan energi terbarukan yang efektif dalam meningkatkan keberlanjutan operasional usaha hidroponik dan dapat dijadikan model penerapan teknologi tepat guna bagi masyarakat.

Kata kunci: Mikrohidro; Hidroponik Berkelanjutan; Energi Terbarukan; Sistem Hidroponik; Pengabdian Masyarakat.

ABSTRACT

The availability of a reliable and efficient energy supply is a crucial factor in supporting the sustainable operation of hydroponic systems, particularly in maintaining continuous nutrient circulation. Dependence on conventional energy sources drives the need to utilize renewable energy as a more environmentally friendly solution. This community service activity aims to implement a microhydro power generation system as a renewable energy source to support sustainable hydroponic operations at CV Pagi Berkah Mandiri. The implementation method includes site surveys, system design, installation of the microhydro power plant, integration with the hydroponic system, performance testing, and mentoring partners. The results of the activity indicate that the microhydro system is able to provide a stable electricity supply to operate circulation pumps and hydroponic support equipment, thereby improving operational continuity, reducing dependence on conventional energy sources, and supporting the implementation of more environmentally friendly cultivation. Thus, the implementation of the microhydro system is an effective alternative for utilizing renewable energy to improve the operational sustainability of hydroponic businesses and can be used as a model for the application of appropriate technology for the community.

Keywords: Micro-Hydropower; Sustainable Hydroponics; Renewable Energy; Hydroponic System; Community Service.



PENDAHULUAN

Perkembangan sektor pertanian modern mendorong penerapan teknologi yang mampu meningkatkan produktivitas sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan. Salah satu metode budidaya yang semakin berkembang adalah sistem hidroponik karena mampu mengoptimalkan penggunaan lahan, menghemat air, meningkatkan kualitas hasil panen, serta memberikan produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional (Aliyu et al., 2018). Sistem hidroponik sangat bergantung pada ketersediaan energi listrik untuk mengoperasikan pompa sirkulasi nutrisi, aerator, maupun sistem kontrol otomatis (Raviv, M., & Lieth, J. H. 2020). Gangguan pasokan listrik dapat menyebabkan terhentinya sirkulasi nutrisi sehingga berpotensi menurunkan pertumbuhan tanaman bahkan menyebabkan kegagalan panen (Apichonnabutr, W., & Tiwary, A., 2020). Di sisi lain, pemanfaatan energi terbarukan menjadi salah satu strategi penting dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan (Sharma, N., et al., 2018). Energi baru terbarukan memiliki peran dalam mengurangi ketergantungan terhadap energi berbasis fosil sekaligus mendukung pencapaian target *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya tujuan ketujuh mengenai energi bersih dan terjangkau (International Energy Agency [IEA], 2023). Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah *pembangkit listrik tenaga mikrohidro* (PLTMH) (Suyono, H., et al., 2018). Sistem mikrohidro memanfaatkan energi aliran air dengan kapasitas relatif kecil, memiliki biaya operasional rendah, ramah lingkungan, serta mampu menyediakan pasokan energi secara kontinu apabila didukung oleh debit air yang stabil (Arnaiz, M, al., 2018).

CV Pagi Berkah Mandiri merupakan salah satu pelaku usaha yang mengembangkan budidaya hidroponik sebagai upaya memenuhi kebutuhan sayuran berkualitas sekaligus meningkatkan nilai ekonomi masyarakat. Kegiatan budidaya yang dilakukan telah memanfaatkan sistem sirkulasi nutrisi secara kontinu sehingga membutuhkan suplai energi listrik yang stabil. Berdasarkan hasil observasi awal dan diskusi dengan mitra, operasional hidroponik masih bergantung pada jaringan listrik konvensional. Kondisi tersebut menyebabkan biaya operasional relatif tinggi dan menimbulkan risiko terganggunya sistem apabila terjadi pemadaman Listrik (Jawahar, C. P., & Michael, P. A., 2020). Selain itu, potensi sumber daya air yang tersedia di sekitar lokasi belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber energi alternatif yang dapat mendukung operasional budidaya. Dari aspek sosial dan ekonomi, peningkatan biaya operasional akibat penggunaan energi listrik berdampak terhadap efisiensi usaha hidroponik (Tapia, A., Millán, P., & Gómez-Estern, F. 2018). Dari aspek lingkungan, ketergantungan terhadap energi berbasis fosil belum sejalan dengan konsep pertanian berkelanjutan yang mengedepankan efisiensi sumber daya dan pengurangan emisi karbon (International Renewable Energy Agency., 2022). Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi teknologi yang mampu memanfaatkan potensi lokal untuk menghasilkan energi listrik secara mandiri dan berkelanjutan.

Berdasarkan analisis situasi tersebut, permasalahan prioritas yang dihadapi mitra meliputi: (1) tingginya ketergantungan sistem hidroponik terhadap pasokan

listrik dari jaringan konvensional; (2) belum dimanfaatkannya potensi aliran air sebagai sumber energi alternatif melalui sistem mikrohidro; (3) meningkatnya biaya operasional akibat konsumsi energi listrik; serta (4) masih terbatasnya pengetahuan dan keterampilan mitra dalam pengoperasian serta pemeliharaan sistem energi terbarukan. Permasalahan tersebut bersifat spesifik, nyata, dan secara langsung memengaruhi keberlangsungan operasional usaha hidroponik. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengimplementasikan sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro sebagai sumber energi terbarukan untuk mendukung operasional hidroponik berkelanjutan di CV Pagi Berkah Mandiri. Kegiatan meliputi identifikasi potensi sumber air, perancangan dan pemasangan sistem mikrohidro, integrasi dengan instalasi hidroponik, pengujian kinerja sistem, serta pendampingan kepada mitra dalam aspek pengoperasian dan pemeliharaan. Implementasi teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan kemandirian energi, menurunkan biaya operasional, meningkatkan kontinuitas produksi hidroponik, serta menjadi model penerapan energi terbarukan yang dapat direplikasi pada usaha pertanian skala kecil dan menengah.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di CV Pagi Berkah Mandiri dengan pendekatan partisipatif yang melibatkan mitra secara aktif pada setiap tahapan kegiatan. Metode yang digunakan merupakan kombinasi antara pendidikan masyarakat, difusi ilmu pengetahuan dan teknologi (*Ipteks*), serta pelatihan guna memastikan teknologi yang diterapkan dapat dioperasikan dan dipelihara secara mandiri oleh mitra. Tahapan pelaksanaan kegiatan seperti terlihat Pada Gambar 1. Tahap awal dilakukan melalui observasi langsung dan wawancara dengan pengelola CV Pagi Berkah Mandiri untuk mengidentifikasi kondisi sistem hidroponik, kebutuhan energi listrik, serta potensi sumber daya air yang tersedia. Pada tahap ini dilakukan pengukuran debit aliran air, tinggi jatuh air (*head*), kebutuhan daya pompa hidroponik, dan kondisi instalasi listrik yang telah digunakan.

Hasil survei menjadi dasar dalam menentukan spesifikasi sistem mikrohidro yang sesuai dengan kebutuhan mitra. Kegiatan penyuluhan bertujuan meningkatkan pengetahuan dan kesadaran mitra mengenai pentingnya pemanfaatan energi terbarukan dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Materi yang diberikan meliputi konsep dasar pembangkit listrik tenaga mikrohidro, prinsip kerja sistem hidroponik, manfaat penggunaan energi ramah lingkungan, efisiensi energi, serta aspek keselamatan dalam pengoperasian instalasi kelistrikan (Zhang, X., et al., 2018). Penyuluhan dilakukan secara interaktif melalui presentasi, diskusi, dan sesi tanya jawab sehingga peserta memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai teknologi yang akan diterapkan.



Gambar 1. Diagram alir (*flowchart*) tahapan pelaksanaan

Tahap difusi Ipteks diwujudkan melalui perancangan, pembuatan, dan pemasangan sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang terintegrasi dengan instalasi hidroponik. Sistem yang dibangun terdiri atas turbin mikrohidro, generator, sistem penyearah dan pengatur tegangan, panel kontrol, serta jaringan distribusi menuju pompa sirkulasi nutrisi. Seluruh komponen dipasang berdasarkan hasil analisis kebutuhan daya sehingga mampu menyediakan suplai listrik yang stabil bagi sistem hidroponik. Implementasi teknologi ini menjadi bentuk alih teknologi kepada mitra agar dapat memanfaatkan potensi sumber daya air sebagai sumber energi alternatif. Setelah sistem terpasang, dilakukan pelatihan kepada mitra mengenai prosedur pengoperasian, pemantauan kinerja, perawatan rutin, serta penanganan gangguan sederhana pada sistem mikrohidro. Pelatihan dilaksanakan melalui demonstrasi langsung dan praktik lapangan sehingga peserta mampu mengoperasikan sistem secara mandiri seperti terlihat pada Gambar 2. Selain itu, mitra diberikan panduan operasional dan jadwal pemeliharaan berkala untuk menjaga keandalan sistem. Tahap akhir berupa pengujian performa sistem mikrohidro setelah terintegrasi

dengan instalasi hidroponik. Parameter yang dievaluasi meliputi kestabilan tegangan keluaran, kemampuan sistem dalam mengoperasikan pompa sirkulasi nutrisi, kontinuitas pasokan energi, serta tingkat keberfungsian seluruh komponen (Kusakana, K., 2018). Evaluasi juga dilakukan terhadap peningkatan pengetahuan dan keterampilan mitra melalui observasi selama pelatihan dan diskusi umpan balik (Singh, R., Kumar, P., & Sharma, V. 2022). Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar penyempurnaan sistem serta untuk memastikan bahwa teknologi yang diterapkan dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Melalui rangkaian metode tersebut diharapkan terjadi peningkatan kapasitas mitra dalam mengelola sistem hidroponik berbasis energi terbarukan, terciptanya kemandirian energi pada kegiatan budidaya, serta meningkatnya efisiensi operasional yang mendukung keberlanjutan usaha hidroponik di CV Pagi Berkah Mandiri.



Gambar 2. Foto bersama mitra saat pelaksanaan

HASIL KEGIATAN

Sebelum pelaksanaan kegiatan pengabdian, sistem hidroponik di CV Pagi Berkah Mandiri telah menerapkan metode budidaya dengan sirkulasi nutrisi menggunakan pompa listrik yang beroperasi secara kontinu. Sistem ini berfungsi mengalirkan larutan nutrisi dari bak penampung menuju instalasi tanam sehingga kebutuhan air dan unsur hara tanaman dapat terpenuhi secara merata. Berdasarkan hasil observasi lapangan, sistem hidroponik telah mampu mendukung proses budidaya sayuran dengan baik, namun seluruh kebutuhan energi listrik masih bersumber dari jaringan PLN seperti terlihat pada Gambar 3. Kondisi tersebut menyebabkan keberlangsungan operasional hidroponik sangat bergantung pada ketersediaan pasokan listrik eksternal.



Gambar 3. Kondisi Lokasi Mitra dan Sistem Hidroponik Sebelum Implementasi

Ketergantungan terhadap jaringan listrik konvensional menimbulkan beberapa permasalahan dalam kegiatan budidaya. Ketika terjadi pemadaman listrik, pompa sirkulasi nutrisi berhenti beroperasi sehingga aliran larutan nutrisi menuju akar tanaman terputus. Apabila kondisi ini berlangsung dalam waktu yang cukup lama, tanaman berpotensi mengalami kekurangan air dan nutrisi yang dapat menghambat pertumbuhan, menurunkan kualitas hasil panen, bahkan meningkatkan risiko kegagalan produksi. Selain itu, penggunaan listrik secara terus-menerus selama 24 jam menyebabkan konsumsi energi relatif tinggi sehingga biaya operasional usaha juga meningkat. Bagi pelaku usaha hidroponik skala kecil dan menengah, kondisi tersebut menjadi salah satu faktor yang memengaruhi efisiensi dan keberlanjutan usaha.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu solusi yang mampu menyediakan sumber energi alternatif yang andal, ekonomis, dan ramah lingkungan. Salah satu potensi yang dapat dimanfaatkan di lokasi mitra adalah keberadaan aliran air yang memiliki debit relatif stabil sepanjang tahun. Potensi ini memungkinkan penerapan sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro sebagai sumber energi terbarukan untuk mendukung operasional hidroponik. Dengan memanfaatkan energi mikrohidro, diharapkan ketergantungan terhadap listrik PLN dapat dikurangi, kontinuitas sirkulasi nutrisi tetap terjaga meskipun terjadi gangguan pada jaringan listrik, serta biaya operasional budidaya dapat ditekan. Implementasi teknologi ini juga mendukung konsep pertanian berkelanjutan melalui pemanfaatan sumber daya lokal yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Hasil Implementasi Sistem Mikrohidro

Tahap implementasi diawali dengan pemasangan seluruh komponen utama sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang terdiri atas turbin mikrohidro, generator, panel kontrol, sistem penyearah dan pengatur tegangan, serta instalasi distribusi listrik menuju pompa sirkulasi hidroponik. Proses pemasangan dilakukan secara bertahap agar setiap komponen dapat berfungsi secara optimal dan terintegrasi dengan baik. Selain memperhatikan aspek teknis, instalasi juga mengutamakan faktor keselamatan melalui penggunaan panel pelindung, sistem pengkabelan yang sesuai

standar, serta pengamanan terhadap kemungkinan terjadinya korsleting atau gangguan listrik akibat kondisi lingkungan yang lembap.

Perancangan sistem dilakukan berdasarkan hasil survei lapangan yang meliputi pengukuran debit aliran air (*discharge*) dan tinggi jatuh air (*head*). Kedua parameter tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan jenis turbin, kapasitas generator, serta spesifikasi komponen kelistrikan yang akan digunakan. Dengan mempertimbangkan karakteristik sumber daya air yang tersedia, sistem mikrohidro dirancang agar mampu menghasilkan daya listrik yang stabil dan sesuai dengan kebutuhan operasional pompa sirkulasi nutrisi seperti terlihat pada Gambar 4. Pendekatan ini memastikan bahwa energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara optimal tanpa menyebabkan pemborosan kapasitas maupun penurunan kinerja sistem.

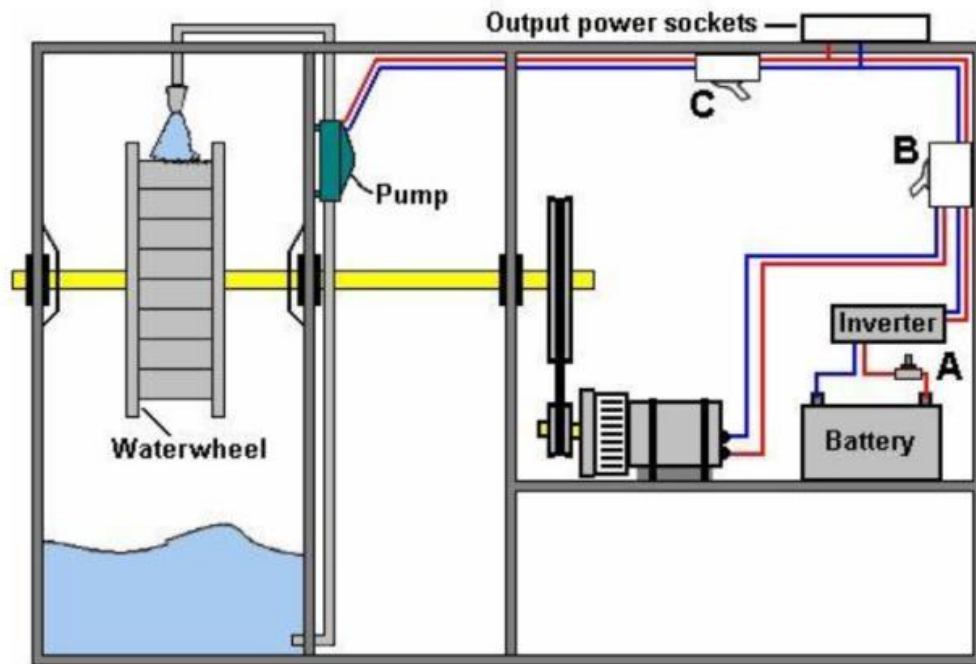


Gambar 4. Instalasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Setelah seluruh komponen terpasang, dilakukan integrasi antara sistem mikrohidro dengan instalasi hidroponik melalui serangkaian pengujian fungsional. Pengujian meliputi pemeriksaan tegangan keluaran generator, kestabilan arus listrik, kinerja panel kontrol, serta kemampuan sistem dalam mengoperasikan pompa sirkulasi secara kontinu (Mandelli, S., et al. 2016). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dan mampu menyediakan pasokan energi yang stabil selama proses budidaya berlangsung. Keberhasilan implementasi ini menunjukkan bahwa teknologi mikrohidro dapat menjadi solusi penyediaan energi alternatif yang andal, sekaligus mendukung peningkatan efisiensi operasional dan keberlanjutan sistem hidroponik di CV Pagi Berkah Mandiri.

Setelah proses integrasi antara sistem mikrohidro dan instalasi hidroponik selesai dilaksanakan, energi listrik yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai sumber daya

utama untuk mengoperasikan pompa sirkulasi nutrisi seperti terlihat pada Gambar 5. Integrasi dilakukan dengan menghubungkan keluaran generator ke panel kontrol dan sistem distribusi listrik sehingga pompa memperoleh suplai energi yang stabil (Sirait & Prayogi, 2024). Sebelum sistem dioperasikan secara penuh, dilakukan serangkaian pengujian terhadap setiap komponen untuk memastikan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi pompa. Hasil pengujian awal menunjukkan bahwa seluruh komponen bekerja dengan baik dan mampu mendukung operasional sistem hidroponik secara optimal.



Gambar 5. Instalasi Sistem Integrasi Mikrohidro dengan Sistem Hidroponik

Pengujian kinerja dilakukan selama beberapa siklus operasional dengan mengamati kontinuitas aliran nutrisi, kestabilan tegangan keluaran, serta respons pompa terhadap perubahan beban. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pompa sirkulasi mampu beroperasi secara kontinu tanpa mengalami penurunan performa yang signifikan seperti terlihat pada Tabel 1. Aliran larutan nutrisi menuju seluruh instalasi tanaman berlangsung secara merata sehingga akar tanaman tetap memperoleh suplai air dan unsur hara sesuai kebutuhan. Stabilitas pasokan energi dari sistem mikrohidro juga mampu meminimalkan risiko terhentinya sirkulasi nutrisi akibat gangguan pada sumber listrik konvensional, sehingga keandalan sistem budidaya meningkat (Nugroho, A., & Widodo, S. 2021). Ketersediaan energi listrik yang lebih stabil mendukung pertumbuhan tanaman karena proses penyerapan nutrisi dapat berlangsung secara optimal tanpa adanya gangguan sirkulasi. Selain meningkatkan kualitas dan kontinuitas produksi, penggunaan energi terbarukan juga berkontribusi terhadap efisiensi biaya operasional melalui pengurangan konsumsi listrik dari jaringan PLN.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Mikrohidro

Parameter	Hasil
Debit air	0,065 m ³ /s
Head efektif	2,8 m
Daya generator	500 W
Tegangan keluaran	220 V AC
Daya pompa hidroponik	125 W
Lama operasi	24 jam/hari
Efisiensi sistem	81,4%

Pembahasan Implementasi Sistem Mikrohidro

Keberhasilan implementasi sistem mikrohidro menunjukkan bahwa potensi sumber daya air lokal dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk mendukung kegiatan budidaya hidroponik. Integrasi pembangkit mikrohidro dengan sistem hidroponik mampu menghasilkan pasokan listrik yang stabil sehingga kontinuitas sirkulasi nutrisi tetap terjaga. Kondisi ini penting karena kestabilan aliran nutrisi merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi pertumbuhan tanaman hidroponik. Setelah seluruh tahapan implementasi selesai dilaksanakan, sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro berhasil beroperasi sesuai dengan perencanaan dan mampu menyediakan pasokan energi yang stabil untuk mendukung kegiatan budidaya hidroponik di CV Pagi Berkah Mandiri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa energi listrik yang dihasilkan mampu memenuhi kebutuhan daya pompa sirkulasi nutrisi sehingga proses distribusi larutan nutrisi berlangsung secara kontinu (Paish, O. 2016). Stabilitas pasokan energi tersebut menjadi faktor penting dalam menjaga keberlangsungan operasional hidroponik, mengingat sistem budidaya ini sangat bergantung pada sirkulasi nutrisi yang bekerja tanpa henti (Prayogi et al., 2021). Dengan beroperasinya sistem mikrohidro secara optimal, risiko gangguan produksi akibat ketidakstabilan pasokan listrik dapat diminimalkan.

Keberhasilan implementasi juga terlihat dari meningkatnya efisiensi operasional sistem hidroponik. Sebelum penerapan mikrohidro, seluruh kebutuhan energi listrik dipenuhi oleh jaringan PLN sehingga biaya operasional relatif tinggi dan kegiatan budidaya rentan terganggu ketika terjadi pemadaman listrik. Setelah sistem mikrohidro diintegrasikan, ketergantungan terhadap sumber listrik konvensional berkurang secara signifikan karena sebagian besar kebutuhan energi dapat dipenuhi dari sumber daya air yang tersedia di lokasi. Kondisi ini memberikan keuntungan ekonomi bagi mitra melalui penurunan konsumsi listrik dari jaringan PLN, sekaligus meningkatkan kemandirian energi dalam operasional usaha hidroponik. Selain manfaat ekonomi, implementasi sistem mikrohidro juga memberikan dampak positif terhadap aspek lingkungan dan keberlanjutan usaha. Pemanfaatan energi terbarukan mampu mengurangi penggunaan energi berbasis bahan bakar fosil sehingga berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon dan mendukung penerapan pertanian ramah lingkungan (Putra, R., Siregar, H., & Pratama, A., 2022). Kegiatan

pengabdian ini tidak hanya menghasilkan inovasi teknologi yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh mitra, tetapi juga meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dalam pengoperasian serta pemeliharaan sistem energi terbarukan (Ghufron & Prayogi, 2023). Dengan demikian, penerapan mikrohidro menjadi solusi yang efektif dalam mendukung sistem hidroponik berkelanjutan serta berpotensi menjadi model implementasi teknologi energi bersih yang dapat direplikasi pada kelompok tani atau pelaku usaha hidroponik lainnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui implementasi sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro di CV Pagi Berkah Mandiri telah berhasil mendukung operasional sistem hidroponik secara lebih andal, efisien, dan berkelanjutan. Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem mikrohidro mampu menyediakan pasokan energi listrik yang stabil untuk mengoperasikan pompa sirkulasi nutrisi sehingga kontinuitas distribusi larutan nutrisi kepada tanaman tetap terjaga. Penerapan teknologi ini juga mampu mengurangi ketergantungan terhadap listrik dari jaringan PLN, meningkatkan efisiensi operasional, serta memberikan potensi penghematan biaya penggunaan energi. Selain menghasilkan inovasi teknologi yang dapat dimanfaatkan secara langsung, kegiatan ini juga meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mitra mengenai pengoperasian serta pemeliharaan sistem mikrohidro melalui penyuluhan dan pelatihan. Dengan demikian, implementasi mikrohidro terbukti menjadi salah satu alternatif pemanfaatan energi terbarukan yang efektif dalam mendukung pengembangan sistem hidroponik berkelanjutan dan berpotensi diterapkan pada usaha pertanian skala kecil maupun menengah yang memiliki potensi sumber daya air.

Berdasarkan hasil kegiatan yang telah dilaksanakan, pengembangan program pengabdian selanjutnya disarankan untuk melakukan optimalisasi kapasitas sistem mikrohidro melalui pemilihan turbin dan generator yang lebih sesuai dengan karakteristik sumber daya air di lokasi sehingga energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara lebih maksimal. Selain itu, integrasi sistem dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan tegangan, arus, daya, serta kondisi operasional pompa secara *real-time* dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan sistem. Pendampingan kepada mitra juga perlu dilakukan secara berkelanjutan agar kemampuan dalam pengoperasian dan pemeliharaan sistem tetap terjaga. Kegiatan serupa di masa mendatang diharapkan dapat diterapkan pada kelompok tani atau pelaku usaha hidroponik lainnya sehingga pemanfaatan energi terbarukan semakin luas dan mampu mendukung terciptanya sistem pertanian yang lebih mandiri, efisien, dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Pertamina atas hibah pengabdian masyarakat UPERAISAL 2026.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliyu, A. K., Modu, B., & Tan, C. W. (2018). A review of renewable energy development in Africa: A focus in South Africa, Egypt and Nigeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2502–2518. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.055>
- Apichonnabutr, W., & Tiwary, A. (2018). Trade-offs between economic and environmental performance of an autonomous hybrid energy system using micro hydro. *Applied Energy*, 226, 891–904. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.06.012>
- Arnaiz, M., Cochrane, T. A., Hastie, R., & Bellen, C. (2018). Micro-hydropower impact on communities' livelihood analysed with the capability approach. *Energy for Sustainable Development*, 45, 206–210. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2018.07.003>
- Food and Agriculture Organization. (2022). *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO.
- Hasanuzzaman, M. (Ed.). (2020). *Energy for Sustainable Development*. Elsevier.
- Ghufron, S., & Prayogi, S. (2023). Cooling System in Machine Operation at Gas Engine Power Plant at PT Multidaya Prima Elektrindo. *Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.31004/riggs.v1i2.21>.
- International Renewable Energy Agency. (2022). *Renewable Energy Statistics 2022*. IRENA.
- International Renewable Energy Agency. (2023). *Renewable Capacity Statistics 2023*. IRENA.
- Jawahar, C. P., & Michael, P. A. (2017). A review on turbines for micro hydro power plant. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 882–887.
- Kusakana, K. (2018). Hydrokinetic and micro-hydropower generation in rural electrification: A review. *Renewable Energy*, 126, 969–979.
- Mandelli, S., Barbieri, J., Mereu, R., & Colombo, E. (2016). Off-grid systems for rural electrification in developing countries: Definitions, classification, and a comprehensive literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 1621–1646.
- Nugroho, A., & Widodo, S. (2021). Pemanfaatan energi mikrohidro sebagai sumber energi alternatif pada kawasan pertanian. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 17(2), 85–94.
- Paish, O. (2016). Small hydro power: Technology and current status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(6), 537–556.
- Prayogi, S., Cahyono, Y., Iqballudin, I., Stchakovsky, M., & Darminto, D. (2021). The effect of adding an active layer to the structure of a-Si: H solar cells on the efficiency using RF-PECVD. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 32(6), 7609–7618. <https://doi.org/10.1007/s10854-021-05477-6>.
- Putra, R., Siregar, H., & Pratama, A. (2022). Implementasi pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada sektor pertanian berkelanjutan. *Jurnal Teknik Energi*, 11(1), 15–24.

- 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>.
- Raviv, M., & Lieth, J. H. (2020). *Soilless Culture: Theory and Practice* (2nd ed.). Elsevier.
- REN21. (2023). *Renewables 2023 Global Status Report*. REN21 Secretariat.
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O. P. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17(4), 364–371.
- Sirait, J., & Prayogi, S. (2024). Implementasi Teknologi Otomatisasi Jemuran Pakaian Berbasis Arduino Nano. *Techno.Com*, 23(4), Article 4. <https://doi.org/10.62411/tc.v23i4.11607>.
- Suyono, H., Shidiq, M., Ferdianzah, A. N., Utomo, T., Musirin, I., & Awaln, L. J. (2018). Dynamic stability impact of the hybrid wind and microhydro renewable energy sources on the distribution system. In *2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)* (pp. 15–20). IEEE.
- Tapia, A., Millán, P., & Gómez-Estern, F. (2018). Integer programming to optimize micro-hydro power plants for generic river profiles. *Renewable Energy*, 126, 905–914.
- United Nations. (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations.
- Zeng, Y., Zhang, Y., Yang, J., & Li, X. (2020). Advances in hydroponic agriculture and sustainable food production. *Agronomy*, 10(11), 1809.
- Zhang, X., Li, H., Deng, Z., Ringler, C., Gao, Y., Hejazi, M. I., & Leung, L. R. (2018). Impacts of climate change, policy and water-energy-food nexus on hydropower development. *Renewable Energy*, 116, 827–834.
- Didik, H., Bambang, P. N., Sapei, A., & Purwanto, Y. A. (2018). Sustainability challenge of micro hydro power development in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 147(1), 012031.
- Mohan, G., & Kumar, R. (2021). Renewable energy integration for sustainable agricultural production systems: A review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 101468.
- Singh, R., Kumar, P., & Sharma, V. (2022). Sustainable hydroponic farming using renewable energy resources: Recent advances and future perspectives. *Sustainability*, 14(9), 5418.
- World Bank. (2023). *Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2023*. World Bank.