JURNAL HILIRISASI IPTEKS
ISSN: 2621-7198 (Online)

Implementasi Teknologi Pompa Air Tenaga Surya Portabel untuk Mendukung Irigasi Pertanian Bawang Merah di Nagari Alahan Panjang Kabupaten Solok

Technology Dissemination of a Portable Solar-Powered Water Pump to Support Shallot Irrigation in Nagari Alahan Panjang, Solok Regency

Delvi Yanti[1]*), Rahmi Awalina[1], Nika Rahma Yanti[1], Rusnam[1], Ayendra Asmuti[1]
[1] Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

*) Email Korespondensi: delviyanti@ae.unand.ac.id

ABSTRACT

Alahan Panjang Village, Solok Regency, is one of the onion production centers that is highly dependent on the availability of irrigation water, especially during the dry season. Farmers still rely on oil-fueled pumps and manual watering, which are inefficient, require high operational costs, and depend on the availability of conventional energy. The decrease in water discharge during the dry season causes agricultural productivity to decline and increases the risk of crop failure. This community service activity aims to implement solar-powered water pump technology as a solution for providing irrigation water for onion farmers. The method used is participatory, with mentoring conducted through the stages of needs identification, design, implementation, training, monitoring, and evaluation. The results of the activity show that one solar-powered irrigation pump unit was successfully assembled, installed, and handed over to the Kumbang Jantan Farmers Group, and it is functioning properly to support agricultural irrigation needs. Pump discharge testing showed a flow rate of 17.88 L/min when the pump was powered directly by the photovoltaic (PV) system and 44.74 L/min when powered through a battery. In addition, training and mentoring activities were also carried out so that members of the farmer group gained knowledge and skills in the operation and maintenance of the solar-powered water pump system. Through this activity, the implemented technology is expected to be utilized independently, effectively, and sustainably by the community.

Keywords: *irrigation system; shallot farming; solar-powered water pump; sustainable agriculture*

Received | June 30, 2026; Accepted | September 17, 2026; Published | September 30, 2026
Jurnal Hilirisasi IPTEKS. 9(3): 2026
Correspondence | Delvi Yanti, Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Indonesia
Email | delviyanti@ae.unand.ac.id
DOI | https://doi.org/10.25077/jhi.v9i3.969
ISSN (Online) | 2621-7198

CC BY-SA 4.0
Copyright © 2026 by Authors. Published by Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Andalas.
This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY-SA 4.0) International License (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Sektor pertanian memegang peranan strategis dalam mendukung ketahanan pangan dan perekonomian masyarakat, khususnya di wilayah pedesaan yang bergantung pada komoditas hortikultura. Salah satu tantangan utama yang dihadapi sektor pertanian saat ini adalah ketersediaan air irigasi yang semakin terbatas akibat perubahan iklim, peningkatan frekuensi musim kemarau, serta menurunnya kualitas dan kuantitas sumber daya air. Di Indonesia, fenomena kekeringan pada musim kemarau masih menjadi permasalahan yang berulang dan berdampak pada penurunan produktivitas berbagai komoditas pertanian.

Kabupaten Solok merupakan salah satu sentra produksi hortikultura di Provinsi Sumatera Barat, termasuk komoditas bawang yang memiliki nilai ekonomi tinggi bagi masyarakat. Nagari Alahan Panjang sebagai salah satu kawasan utama budidaya bawang menghadapi permasalahan keterbatasan pasokan air, terutama pada musim kemarau. Aktivitas pengairan lahan masih banyak dilakukan secara manual atau menggunakan pompa berbahan bakar minyak yang memerlukan biaya operasional relatif tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan efisiensi irigasi menjadi rendah, meningkatkan biaya produksi, serta berpotensi menurunkan produktivitas tanaman. Selain itu, ketergantungan terhadap energi fosil juga bertentangan dengan upaya pembangunan pertanian berkelanjutan yang saat ini menjadi agenda global dalam mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya tujuan ketujuh (energi bersih dan terjangkau) serta tujuan kedua (tanpa kelaparan).

Perkembangan teknologi energi terbarukan, khususnya energi surya, telah membuka peluang penerapan sistem irigasi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Teknologi pompa air tenaga surya atau Solar Photovoltaic Water Pumping System (SPVWPS) memanfaatkan energi radiasi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik untuk mengoperasikan pompa air tanpa ketergantungan pada jaringan listrik konvensional maupun bahan bakar fosil.

Sejumlah penelitian terbaru menunjukkan kinerja yang menjanjikan dari sistem pompa air tenaga surya. Wang et al., (2024) melaporkan bahwa sistem pompa fotovoltaik dengan kapasitas panel 1,8375 kWp mampu menghasilkan debit air harian sebesar 13,1 m^3 dengan rata-rata 1,93 m^3/jam. Penelitian tersebut juga menunjukkan efisiensi pemompaan maksimum sebesar 12,7% dan efisiensi rata-rata 11,1%, yang mengindikasikan bahwa sistem mampu beroperasi secara efektif untuk kebutuhan penyediaan air dan irigasi skala kecil hingga menengah. Selain itu, penelitian Ahmed et al., (2023) menunjukkan bahwa kinerja pompa air tenaga surya sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari dan temperatur modul, namun sistem tetap memiliki tingkat keandalan yang tinggi untuk pengoperasian jangka panjang pada daerah terpencil yang tidak terjangkau jaringan listrik.

Dari aspek ekonomi dan keberlanjutan, penelitian Liang et al., (2024) menunjukkan bahwa penggunaan sistem pompa fotovoltaik pada pertanian skala kecil mampu menekan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus meningkatkan akses petani terhadap sumber air irigasi. Sementara itu, kajian Guno & Agaton, (2022) menyimpulkan bahwa sistem irigasi tenaga surya memberikan manfaat ekonomi melalui penurunan biaya operasional, mengurangi emisi gas rumah kaca, serta mendukung keberlanjutan produksi pertanian dalam jangka panjang. Temuan-temuan tersebut memperkuat potensi pompa air tenaga surya sebagai solusi irigasi yang efisien dan ramah lingkungan, khususnya pada wilayah dengan intensitas penyinaran matahari yang tinggi.

Berdasarkan kajian literatur dan kondisi lapangan, terdapat beberapa celah (research gap) yang masih perlu mendapatkan perhatian. Pertama, masih terbatasnya kegiatan implementasi teknologi pompa air tenaga surya yang dirancang secara portabel untuk

mendukung pemanfaatan beberapa sumber air tampungan berukuran kecil yang tersebar pada lahan hortikultura. Kedua, sebagian besar penelitian lebih menitikberatkan pada evaluasi kinerja teknis sistem, sedangkan aspek transfer teknologi, peningkatan kapasitas pengguna, dan keberlanjutan pemanfaatan teknologi di tingkat kelompok tani belum banyak dilaporkan secara komprehensif. Ketiga, belum banyak kegiatan pengabdian yang mengintegrasikan penerapan teknologi energi terbarukan dengan kebutuhan spesifik budidaya bawang pada wilayah dataran tinggi seperti Nagari Alahan Panjang yang memiliki karakteristik sumber air dan pola pengairan yang berbeda dibandingkan wilayah pertanian lainnya.

Kebaruan (novelty) kegiatan ini terletak pada penerapan sistem irigasi pompa air tenaga surya yang bersifat portabel dan dirancang sesuai kondisi aktual lahan budidaya bawang di Nagari Alahan Panjang yang memanfaatkan sumur tampungan air berukuran kecil sebagai sumber irigasi. Selain itu, kegiatan ini tidak hanya berfokus pada instalasi teknologi, tetapi juga mengintegrasikan pendekatan pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan operasional, perawatan sistem, serta pengujian unjuk kerja secara langsung bersama kelompok tani. Pendekatan tersebut menghasilkan model penerapan teknologi irigasi berbasis energi surya yang adaptif, mudah direplikasi, dan sesuai dengan kebutuhan petani pada wilayah yang mengalami keterbatasan air saat musim kemarau. Kebaruan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis dalam pengembangan sistem irigasi hemat energi sekaligus memperkuat adopsi teknologi energi terbarukan pada sektor pertanian hortikultura.

Berdasarkan permasalahan dan kebutuhan mitra yang telah diidentifikasi, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk: (1) meningkatkan ketersediaan air irigasi bagi lahan pertanian bawang di Nagari Alahan Panjang pada musim kemarau melalui penerapan teknologi pompa air tenaga surya; (2) mendukung keberlanjutan produksi pertanian dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan hemat biaya operasional; (3) meningkatkan pengetahuan dan keterampilan kelompok tani dalam pengoperasian serta perawatan sistem pompa air tenaga surya; (4) mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dalam kegiatan pengairan pertanian; (5) mendorong penerapan teknologi tepat guna untuk meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan petani; serta (6) menghasilkan model pemanfaatan energi surya untuk sistem irigasi pertanian yang dapat direplikasi pada wilayah lain yang memiliki permasalahan serupa.

METODOLOGI

Kegiatan pengabdian dilaksanakan pada bulan Mei tahun 2026 di Kelompok Tani Kumbang Jantan, Rimbo Tinggi, Jorong Galagah, Nagari Alahan Panjang, Kabupaten Solok. Pelaksanaan kegiatan terdiri atas tahap persiapan dan identifikasi kebutuhan, perancangan sistem, implementasi teknologi, pelatihan dan pendampingan, serta monitoring dan evaluasi. Kelompok sasaran terdiri atas 17 orang anggota kelompok tani yang mayoritas merupakan petani bawang merah.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan metode Participatory Action Research (PAR) dengan pendekatan Community Development (pemberdayaan masyarakat). Metode PAR dipilih karena menempatkan masyarakat sebagai subjek utama yang terlibat secara aktif dalam proses identifikasi masalah, perencanaan, pelaksanaan tindakan, hingga evaluasi program. Menurut Khafsoh & Riani, (2024), PAR merupakan pendekatan yang melibatkan masyarakat secara langsung dalam proses pemecahan masalah melalui tahapan observasi, perencanaan, implementasi tindakan, serta evaluasi bersama.

Pendekatan ini dinilai efektif dalam kegiatan pengabdian karena mampu meningkatkan partisipasi dan rasa memiliki masyarakat terhadap program yang dilaksanakan.

Pendekatan Community Development digunakan karena kegiatan ini tidak hanya berfokus pada pemasangan teknologi pompa air tenaga surya, tetapi juga pada peningkatan kapasitas dan kemandirian kelompok tani dalam mengelola teknologi secara berkelanjutan. Ferils et al., (2025) menjelaskan bahwa pemberdayaan masyarakat berbasis Community Development bertujuan meningkatkan kemampuan masyarakat dalam memanfaatkan potensi lokal serta menjaga keberlanjutan program yang telah dilaksanakan.

Kegiatan dilaksanakan pada Kelompok Tani Kumbang Jantan yang berada di Rimbo Tinggi, Jorong Galagah, Nagari Alahan Pajang, Kabupaten. Solok. Jumlah anggota kelompok tani ini sebanyak 17 orang yang mayoritas berprofesi sebagai petani bawang merah. Tahapan kegiatan sebagai berikut:

Tahap Persiapan dan Identifikasi Kebutuhan

Tahap awal dilakukan melalui koordinasi dengan kelompok tani untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi petani. Pada tahap ini dilakukan survei lokasi untuk menentukan solusi permasalahan yang dihadapi kelompok tani. Kelompok tani bawang di Nagari Alahan Panjang mengalami keterbatasan air pada musim kemarau akibat menurunnya debit sumber air dan masih digunakannya pompa konvensional berbahan bakar minyak yang kurang efisien serta membutuhkan biaya operasional tinggi. Kondisi ini berdampak pada terganggunya irigasi dan menurunnya produktivitas pertanian bawang. Sebagai solusi, kegiatan ini menawarkan implementasi pompa air tenaga surya untuk menyediakan sistem irigasi yang lebih hemat energi, ramah lingkungan, dan berkelanjutan sehingga kebutuhan air pertanian dapat terpenuhi secara optimal.

Survei lapangan juga dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi topografi lahan, posisi sumber air, jarak sumber air terhadap lahan yang dilayani, serta kondisi jaringan perpipaan yang memungkinkan untuk diterapkan. Sistem dirancang untuk melayani lahan demplot seluas 351,58 m^2. Hasil observasi menunjukkan bahwa sumber air berada pada sumur penampung dengan kedalaman muka air sekitar 2 m dari permukaan tanah. Kondisi tersebut menjadi pertimbangan dalam menentukan kapasitas pompa, konfigurasi perpipaan, dan rancangan sistem yang bersifat portabel agar dapat dipindahkan ke beberapa titik sumber air sesuai kebutuhan.

Tahap Perancangan Sistem

Berdasarkan hasil survei lapangan, tim merancang sistem pompa air tenaga surya yang meliputi: penentuan kapasitas pompa air, kebutuhan daya panel surya, serta desain instalasi pendukung lainnya. Perancangan sistem dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi lahan pertanian dan sumber air yang tersedia. Pada lokasi mitra terdapat beberapa sumur penampung air dengan kedalaman permukaan air ± 2-meter dari permukaan tanah. Oleh karena itu, sistem pompa tenaga surya dirancang dalam bentuk portabel sehingga mudah dipindahkan dan digunakan pada beberapa titik sumber air sesuai kebutuhan irigasi lahan pertanian.

Tahap Implementasi Teknologi

Pada tahap ini dilakukan pemasangan seluruh komponen sistem pompa air tenaga surya yang meliputi panel surya, controller, pompa air, dan instalasi perpipaan. Proses implementasi dilaksanakan secara partisipatif dengan melibatkan kelompok tani dalam setiap

tahapan pemasangan. Pelibatan masyarakat ini bertujuan untuk memberikan pemahaman mengenai proses instalasi, fungsi masing-masing komponen, serta cara kerja sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, kelompok tani tidak hanya berperan sebagai penerima manfaat, tetapi juga memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang dapat mendukung pengoperasian serta pemeliharaan sistem secara mandiri.

Kinerja pompa dievaluasi berdasarkan debit air yang dihasilkan pada dua kondisi suplai energi, yaitu (1) pompa beroperasi menggunakan energi listrik yang dihasilkan panel surya secara langsung dan (2) pompa beroperasi menggunakan energi dari baterai. Pengukuran debit dilakukan menggunakan metode volumetrik, yaitu dengan menampung air yang keluar dari ujung pipa pada wadah dengan volume yang telah diketahui. Debit dihitung berdasarkan perbandingan volume air yang tertampung terhadap waktu pengisian menggunakan persamaan:

$$Q = V/t \qquad (1)$$

dengan Q adalah debit air (L/menit), V adalah volume air yang tertampung (L), dan t adalah waktu pengisian (menit).

Pengukuran dilakukan pada kondisi sistem perpipaan yang sama untuk kedua perlakuan sehingga perbedaan debit terutama dapat diamati berdasarkan sumber energi yang digunakan. Parameter radiasi matahari, tegangan, dan arus tidak direkam secara kontinu selama pengujian sehingga tidak digunakan sebagai variabel analisis.

Tahap Pelatihan dan Pendampingan

Setelah sistem pompa air tenaga surya terpasang, kegiatan dilanjutkan dengan pelatihan kepada kelompok tani mengenai pengoperasian dan pemeliharaan sistem. Materi pelatihan mencakup cara mengoperasikan pompa air tenaga surya, fungsi masing-masing komponen, pemeliharaan panel surya dan pompa, pemeriksaan instalasi perpipaan, serta langkah-langkah penanganan gangguan sederhana yang dapat terjadi selama penggunaan. Peserta juga diberikan pemahaman mengenai penggunaan air secara efisien agar air yang tersedia dapat dimanfaatkan secara optimal untuk kebutuhan irigasi.

Pelatihan dilakukan secara langsung melalui penjelasan, demonstrasi, dan praktik pengoperasian sistem dengan melibatkan anggota kelompok tani. Setelah demonstrasi, peserta diberikan kesempatan untuk mencoba mengoperasikan sistem secara langsung dengan didampingi oleh tim pelaksana. Pendampingan dilakukan untuk memastikan peserta memahami tahapan pengoperasian dan pemeliharaan dasar sistem serta dapat menerapkannya pada kondisi lapangan.

Tahap Monitoring dan Evaluasi

Monitoring dan evaluasi dilakukan melalui observasi langsung terhadap pengoperasian sistem serta diskusi dengan anggota kelompok tani setelah kegiatan implementasi dan pelatihan. Evaluasi tidak menggunakan pengukuran pre-test dan post-test, tetapi dilakukan secara kualitatif berdasarkan tanggapan peserta, hasil diskusi, dan kemampuan peserta dalam menjelaskan kembali fungsi komponen serta mempraktikkan prosedur dasar pengoperasian dan pemeliharaan sistem.

Aspek yang dievaluasi meliputi (1) pemahaman peserta terhadap fungsi dan prinsip kerja komponen pompa air tenaga surya, (2) kemampuan peserta dalam mengoperasikan sistem, (3) pemahaman terhadap pemeliharaan panel surya, pompa, dan jaringan perpipaan, serta (4) kemampuan mengidentifikasi dan menangani gangguan sederhana. Selain itu,

evaluasi teknis dilakukan dengan mengamati kelancaran operasional sistem dan kemampuan pompa dalam menghasilkan debit air sesuai hasil pengujian.
Hasil diskusi menunjukkan bahwa peserta memperoleh pemahaman mengenai pengoperasian dan pemeliharaan dasar sistem serta mengetahui prosedur penggunaan teknologi sesuai kondisi lapangan. Masukan dan kendala yang disampaikan oleh kelompok tani selama diskusi digunakan sebagai bahan evaluasi untuk perbaikan pelaksanaan dan pengembangan pemanfaatan teknologi pada tahap berikutnya. Dengan pendekatan tersebut, evaluasi program tidak hanya mempertimbangkan keberhasilan penerapan teknologi, tetapi juga keterlibatan dan kesiapan kelompok tani dalam memanfaatkan serta mengelola sistem secara berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Persiapan dan Identifikasi Kebutuhan

Pada tahap ini telah dilakukan kegiatan survei lapangan dan koordinasi dengan mitra (Gambar 1) untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi kelompok tani, khususnya terkait keterbatasan ketersediaan air irigasi serta ketergantungan pada pompa berbahan bakar minyak. Hasil observasi menunjukkan bahwa lahan budidaya bawang di Nagari Alahan Panjang umumnya memiliki sumur tampungan air berukuran relatif kecil dengan kedalaman dan lebar sekitar ±1–2 m. Selama musim kemarau, pengairan lahan dilakukan secara manual dengan memanfaatkan air dari sumur tampungan tersebut, sehingga proses irigasi menjadi kurang efisien dan membutuhkan tenaga kerja yang relatif besar. Kondisi ini menunjukkan adanya keterbatasan sistem irigasi, baik dari aspek kapasitas sumber air maupun mekanisasi distribusinya.



Gambar 1. Survei Lapangan Dan Koordinasi dengan Mitra

Sebagai solusi, diusulkan penerapan pompa irigasi berbasis energi surya yang bersifat portabel atau dapat dipindahkan dari satu sumur ke sumur lainnya. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan fleksibilitas pemanfaatan sumber air yang tersebar pada

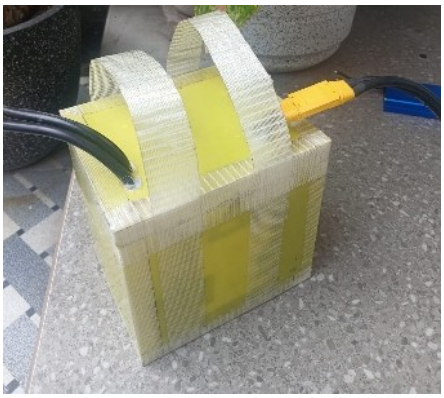
beberapa sumur tampungan, meningkatkan efisiensi proses pengairan, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta mendukung keberlanjutan sistem irigasi pada lahan pertanian tersebut.

Tahap Perancangan Sistem

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan, telah dilakukan perancangan sistem irigasi pompa tenaga surya yang disesuaikan dengan kondisi lapangan, meliputi kapasitas pompa, kebutuhan daya, serta desain instalasi pendukung. Komponen sistem irigasi pompa tenaga surya seperti Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Komponen Sistem Irigasi Pompa Tenaga Surya

No	Komponen	Spesifikasi
1	Photovoltaic: Sumber daya untuk pompa air tenaga surya 	– Spesifikasi Panel Surya SUNASIA SP230-18M – Model: SP230-18M – Peak Power (Pmax): 230 W – Cell Efficiency: 21.20% – Maximum Power Voltage (Vmp): 19.5 V – Maximum Power Current (Imp): 11.79 A – Open Circuit Voltage (Voc): 24.2 V – Short Circuit Current (Isc): 12.38 A – Power Tolerance: ±3% – Maximum System Voltage: 1000 V – Series Fuse Rating: 12 A – Number of Bypass Diode: 1 – Operating Temperature: -40°C sampai +85°C – Maximum System Voltage: 1000 V DC
2	MPPT solar charge controller: Pengatur utama aliran energi dari panel surya agar sistem bekerja pada titik daya maksimum dan energi yang dihasilkan bisa dimanfaatkan secara optimal. 	– Jenis: MPPT Solar Charge Controller – Merek: STEC – Tipe Sistem: 12 V / 24 V otomatis – Arus Maksimum Pengisian: 30 A – Metode Pengisian: MPPT (Maximum Power Point Tracking) – Display: LCD Digital – Tampilan Monitoring: Tegangan baterai, Status pengisian panel surya, Status baterai, Status beban/output – Tegangan Baterai pada Display: 13.2 V – Port Output Tambahan: 2 × USB Port

No	Komponen	Spesifikasi
3	Pompa air DC: Memindahkan atau mengalirkan air menggunakan listrik arus searah (DC) 	– Jenis Pompa: Pompa Air DC – Tegangan Kerja: 12 V DC – Daya Maksimum: 180 W – Arus Kerja Maksimum: ±15 A – Debit Maks: 1,5 m³/jam (25 liter/menit) – Head Maks: 15 meter – Daya Hisap Maks: 8–10 meter – Ukuran Pipa Inlet/Outlet: 1 inci
4	*Battery pack* LiFePO4 (*Lithium Iron Phosphate*) Tipe Prismatik: Menyimpan listrik dari panel surya (solar panel) 	– Tegangan Nominal (Pack): 12.8 V – Kapasitas Sel: 50 Ah – Konfigurasi sel: 4S (4 sel x 3,2 V) – Energi: 640 Wh – BMS: 120 A + Balancer 5,5 A
5	*Komponen pelengkap:* 	*- MCB CD* *- SPD* *- Kabel solar panel* *- dll*

Tahap Implementasi Teknologi pada Mitra

Tahap implementasi teknologi pada mitra dilaksanakan melalui serangkaian kegiatan yang bersifat teknis dan edukatif sebagai bentuk alih teknologi dari perguruan tinggi kepada masyarakat. Kegiatan ini diawali dengan pengantar oleh perwakilan Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, yaitu Prof. Dr. Ir. Rusnam, MS yang menekankan pentingnya penerapan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan dalam mendukung efisiensi sistem irigasi pertanian serta peningkatan produktivitas lahan (Gambar 2).



Gambar 2. Pengantar Kegiatan oleh Perwakilan Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

Selanjutnya, dilakukan penjelasan secara teknis mengenai sistem kerja dan unjuk kerja (performance) irigasi pompa air tenaga surya oleh Dr. Delvi Yanti (Gambar 3). Pada sesi ini dipaparkan prinsip kerja sistem yang memanfaatkan energi radiasi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik melalui panel fotovoltaik, kemudian digunakan untuk mengoperasikan pompa air. Selain itu, dijelaskan pula aspek kinerja sistem yang mencakup kapasitas debit air, efisiensi konversi energi, serta ketergantungan sistem terhadap intensitas penyinaran matahari. Penjelasan ini bertujuan agar mitra memahami mekanisme operasional serta faktor-faktor yang memengaruhi performa sistem irigasi berbasis energi surya.

Sistem pompa air berbasis energi surya atau solar photovoltaic water pumping system merupakan sistem yang mengonversi radiasi matahari menjadi energi listrik melalui modul fotovoltaik, kemudian digunakan untuk menggerakkan motor pompa air tanpa ketergantungan langsung pada jaringan listrik konvensional maupun bahan bakar fosil. Sistem ini terdiri dari komponen utama berupa panel surya, pengendali daya (seperti MPPT), motor listrik, dan pompa hidrolik yang bekerja secara terpadu dalam satu rangkaian konversi energi dari radiasi matahari menjadi energi hidrolik untuk pengangkatan air.

Menurut Camacho et al., (2024), pemasangan sistem pompa tenaga surya tanpa koneksi jaringan listrik telah memberikan manfaat bagi daerah pedesaan dan terpencil di mana tidak ada listrik atau akses listrik terbatas, dan di mana ketersediaan air diperlukan

untuk fungsi-fungsi penting atau budidaya tanaman kecil. Chendel et al., (2015) juga menyatakan pompa air tenaga surya terbukti lebih ekonomis dibandingkan sistem berbasis listrik atau diesel untuk irigasi dan penyediaan air di daerah pedesaan, perkotaan, dan terpencil. Pengembalian investasi untuk beberapa sistem pompa air PV ditemukan sekitar 4–6 tahun.



Gambar 3. Penjelasan Secara Teknis Mengenai Sistem Kerja Irigasi Pompa Air Tenaga Surya

Teknologi sistem pompa air fotovoltaik surya untuk irigasi sangat bergantung pada intensitas radiasi matahari. Pada kondisi iradiasi tinggi, daya keluaran panel meningkat sehingga debit air maksimum dapat dicapai, sedangkan pada kondisi mendung atau pagi dan sore hari, keluaran daya menurun secara signifikan. Variabilitas ini menyebabkan sistem bersifat intermiten, sehingga dalam banyak aplikasi diperlukan tangki penyimpanan air sebagai penyangga suplai agar kebutuhan air tetap terpenuhi meskipun produksi energi surya tidak stabil.

Setelah dilakukan penjelasan secara teknis mengenai sistem kerja irigasi pompa air tenaga surya, kegiatan dilanjutkan dengan tahap unjuk kerja (performance) guna mendemonstrasikan pengoperasian sistem secara langsung serta memastikan seluruh komponen dapat berfungsi dengan baik sesuai perencanaan teknis (Gambar 3). Tahap unjuk kerja (performance) irigasi pompa air tenaga surya telah dilaksanakan sebagai bagian dari proses pengujian operasional sistem sebelum dimanfaatkan secara penuh oleh kelompok penerima manfaat. Kegiatan ini bertujuan untuk memastikan seluruh komponen sistem dapat bekerja dengan baik, aman, dan sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah direncanakan.

Pelaksanaan pengujian dilakukan di lokasi pemasangan dengan melibatkan tim teknis, pelaksana kegiatan, serta perwakilan kelompok tani. Pengujian meliputi pemeriksaan panel surya (PV), kontroler, pompa air, dan baterai. Selanjutnya dilakukan pengoperasian sistem dalam dua metode, yaitu pengoperasian pompa secara langsung menggunakan daya dari panel surya (PV) dan pengoperasian menggunakan suplai daya dari baterai.



Gambar 4. Unjuk Kerja (Performance) Irigasi Pompa Air Tenaga Surya

Berdasarkan hasil pengujian pompa secara langsung menggunakan PV, diperoleh rata-rata debit aliran air sebesar 17,88 liter/menit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa panel surya mampu menyuplai energi listrik untuk mengoperasikan pompa dengan baik sesuai kondisi intensitas cahaya matahari saat pengujian berlangsung. Sementara itu, hasil pengujian pompa menggunakan baterai menunjukkan rata-rata debit air sebesar 44,74 liter/menit. Perbedaan debit tersebut menunjukkan adanya perbedaan kondisi suplai energi selama pengujian. Pada kondisi penggunaan baterai, suplai tegangan yang relatif stabil memungkinkan pompa beroperasi dengan kondisi daya yang lebih konsisten dibandingkan suplai langsung dari panel PV yang dipengaruhi oleh perubahan intensitas radiasi matahari. Meskipun demikian, perbandingan ini terutama menunjukkan perbedaan debit pada dua kondisi suplai energi dan belum dapat digunakan untuk menyimpulkan efisiensi energi sistem secara keseluruhan karena parameter konsumsi energi, intensitas radiasi, dan durasi operasi belum dievaluasi secara lengkap.

Hasil pengujian tersebut memperlihatkan bahwa kinerja sistem pompa air tenaga surya tidak hanya ditentukan oleh kapasitas panel fotovoltaik, tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik hidraulik dan kondisi operasional pompa, terutama tinggi tekan (pumping head) dan ketersediaan daya listrik. Odeh et al., (2006) menjelaskan bahwa intensitas radiasi matahari, tinggi tekan pemompaan, dan kapasitas susunan panel fotovoltaik merupakan faktor penting yang memengaruhi debit air pada sistem pompa tenaga surya. Sejalan dengan hal tersebut, Serbouh et al., (2022) menemukan bahwa peningkatan intensitas radiasi matahari dapat meningkatkan debit pompa, sedangkan peningkatan tinggi tekan cenderung menurunkan debit aliran air. Ahmed et al., (2023) juga menunjukkan bahwa kinerja sistem pompa fotovoltaik dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, temperatur panel, serta efisiensi komponen penyusunnya. Dengan demikian, perbedaan debit yang diperoleh pada pengujian di Nagari Alahan Panjang perlu dipahami sebagai hasil interaksi antara karakteristik sumber energi dan kondisi hidraulik saat pengoperasian.

Perbedaan hasil pengujian dengan spesifikasi pabrik disebabkan oleh perbedaan kondisi operasi. Pengujian dilakukan pada tegangan 12,8 V (lebih tinggi dari tegangan

nominal 12 V) dan head sistem yang relatif rendah (±2 m), sehingga rugi-rugi hidrolik kecil. Hal ini menyebabkan debit aktual mencapai 44,74 L/menit, lebih tinggi dibanding spesifikasi nominal 1,5 m³/jam (25 L/menit) yang umumnya diukur pada kondisi head maksimum 15 m (standar pabrik Tabel 1).

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, pompa dapat beroperasi secara langsung menggunakan suplai energi dari PV pada intensitas cahaya sekitar 73.000–116.000 lux. Ketika intensitas cahaya berada di bawah sekitar 73.000 lux, pompa tidak dapat beroperasi secara langsung menggunakan PV sehingga diperlukan suplai energi dari baterai. Kondisi ini menunjukkan bahwa ketersediaan energi matahari secara langsung menjadi salah satu faktor yang menentukan kemampuan operasional pompa.

Penggunaan baterai sebagai penyimpan energi merupakan salah satu pendekatan untuk mengatasi keterbatasan kontinuitas pasokan listrik pada sistem pompa fotovoltaik. Gevorkov et al., (2023) menjelaskan bahwa integrasi unit penyimpanan energi dan pengendali MPPT dapat meningkatkan fleksibilitas serta keandalan pengoperasian sistem pompa fotovoltaik. Biswas & Iqbal, (2018) juga membahas pentingnya integrasi penyimpanan energi dalam pemodelan dinamis sistem pompa air tenaga surya untuk menjaga ketersediaan energi ketika produksi listrik dari panel mengalami perubahan. Dalam kegiatan ini, penggunaan baterai LiFePO4 berkapasitas 640 Wh memberikan alternatif suplai energi ketika daya yang dihasilkan panel surya belum mencukupi kebutuhan pompa. Meskipun demikian, penggunaan baterai perlu diimbangi dengan pengelolaan siklus pengisian dan pengosongan serta pemantauan kondisi baterai agar umur pakainya dapat dipertahankan. Sebagai alternatif, penyediaan tangki penampungan air juga dapat dipertimbangkan untuk menyimpan air yang dipompa pada saat radiasi matahari tersedia, sehingga kebutuhan pengairan dapat dipenuhi ketika produksi energi surya menurun.

Secara umum, seluruh komponen sistem Irigasi pompa air tenaga surya dapat berfungsi dengan baik tanpa ditemukan kendala teknis yang signifikan. Distribusi air menuju area layanan berjalan lancar dan sistem dinilai siap dimanfaatkan untuk mendukung kebutuhan pengairan lahan pertanian masyarakat. Selain itu, kegiatan ini juga menjadi sarana edukasi bagi kelompok penerima manfaat terkait tata cara pengoperasian dan pemeliharaan sistem agar keberlanjutan pemanfaatannya dapat terjaga dengan baik. Dengan terlaksananya tahap unjuk kerja ini, maka sistem irigasi pompa air tenaga surya dinyatakan telah memenuhi fungsi operasional dasar dan siap digunakan sebagai sarana pendukung peningkatan produktivitas pertanian yang efisien dan ramah lingkungan.

Penerapan pompa air tenaga surya yang bersifat portabel memiliki relevansi untuk mendukung kegiatan pertanian skala kecil, khususnya pada lahan yang memiliki beberapa sumber air dengan lokasi tersebar. Guno & Agaton, (2022) menjelaskan bahwa pompa fotovoltaik dapat menjadi alternatif teknologi irigasi yang mendukung keberlanjutan pertanian melalui pengurangan konsumsi bahan bakar diesel dan emisi gas rumah kaca. Hasil kajian IRENA (2016) juga menunjukkan bahwa penerapan pompa tenaga surya berpotensi meningkatkan akses layanan irigasi, produktivitas pertanian, serta kesejahteraan petani, terutama pada wilayah yang memiliki keterbatasan akses energi konvensional. Dalam konteks kegiatan ini, karakteristik pompa yang dapat dipindahkan antarsumur menjadi keunggulan tersendiri karena satu unit teknologi dapat dimanfaatkan untuk beberapa lokasi sumber air. Model pemanfaatan secara berkelompok juga memungkinkan biaya investasi teknologi dibagi bersama, sehingga penerapannya lebih memungkinkan bagi kelompok tani dibandingkan kepemilikan unit secara individual.

Pelatihan dan demonstrasi pengoperasian sistem dilakukan secara langsung dengan melibatkan anggota Kelompok Tani Kumbang Jantan. Evaluasi pemahaman peserta tidak dilakukan melalui pre-test dan post-test, tetapi dilakukan secara kualitatif selama proses pelatihan melalui diskusi, tanggapan peserta, serta pengamatan terhadap kemampuan peserta dalam menjelaskan kembali fungsi komponen sistem. Selain itu, peserta diberikan kesempatan untuk mempraktikkan prosedur dasar pengoperasian dan pemeliharaan sistem, termasuk pengoperasian pompa, penggunaan sumber energi PV dan baterai, serta pemahaman terhadap fungsi komponen utama. Berdasarkan hasil interaksi dan praktik selama kegiatan, peserta dapat mengikuti demonstrasi dan praktik pengoperasian sistem yang diberikan. Hasil ini menunjukkan bahwa kegiatan telah memberikan proses transfer pengetahuan dan pengalaman praktis kepada mitra mengenai pemanfaatan pompa air tenaga surya. Namun, karena evaluasi tidak menggunakan instrumen kuantitatif sebelum dan sesudah pelatihan, hasil tersebut tidak digunakan untuk menyatakan besarnya peningkatan.

Dari perspektif keberlanjutan, penggunaan energi surya berpotensi mengurangi ketergantungan petani terhadap bahan bakar fosil, khususnya dalam pengoperasian pompa irigasi. Okakwu et al., (2022) menunjukkan bahwa tinggi tekan sistem dan intensitas radiasi matahari merupakan faktor penting dalam menentukan kinerja teknis sekaligus kelayakan ekonomi pompa fotovoltaik untuk irigasi. Sementara itu, Paudel & Adhikari, (2025) menunjukkan bahwa sistem pompa fotovoltaik dapat memberikan manfaat ekonomi dalam jangka panjang melalui pengurangan biaya energi, meskipun kelayakannya tetap bergantung pada besarnya investasi awal, kebutuhan air, dan kondisi operasional. Trivedi & Singh, (2024) juga menekankan bahwa pemilihan kapasitas sistem penyimpanan energi perlu mempertimbangkan kebutuhan operasional dan biaya pemeliharaan. Oleh karena itu, meskipun kegiatan ini belum melakukan penghitungan penghematan biaya dan periode pengembalian investasi, penerapan teknologi tersebut merupakan langkah awal dalam memperkenalkan alternatif irigasi berbasis energi terbarukan kepada masyarakat. Evaluasi ekonomi pada tahap berikutnya perlu dilakukan dengan membandingkan biaya penggunaan pompa tenaga surya terhadap sistem pompa berbahan bakar minyak, termasuk biaya investasi, penggantian baterai, dan pemeliharaan komponen.

Tahap akhir kegiatan adalah penyerahan sistem irigasi pompa tenaga surya dari Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem kepada mitra pengabdian, yaitu Kelompok Tani Kumbang Jantan (Gambar 4). Penyerahan ini menandai implementasi nyata teknologi tepat guna yang diharapkan dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan oleh mitra. Dengan adanya transfer teknologi ini, diharapkan terjadi peningkatan kapasitas pengelolaan air irigasi secara lebih efisien, mandiri energi, serta ramah lingkungan, sehingga mendukung keberlanjutan usaha pertanian di wilayah tersebut.

Kegiatan selanjutnya adalah foto bersama tim pengabdian dengan mitra sebagai bentuk dokumentasi akhir implementasi teknologi (Gambar 5). Secara ilmiah, dokumentasi ini berfungsi sebagai bukti empiris pelaksanaan kegiatan mulai dari sosialisasi, penjelasan teknis, unjuk kerja sistem, hingga penyerahan teknologi kepada mitra. Selain itu, foto bersama juga menjadi bagian dari pencatatan kegiatan (scientific record) yang mendukung aspek akuntabilitas dan evaluasi program pengabdian. Kegiatan ini sekaligus merepresentasikan terjadinya proses difusi inovasi antara tim akademisi dan Kelompok Tani Kumbang Jantan dalam penerapan teknologi irigasi pompa tenaga surya.



Gambar 4. Penyerahan Sistem Irigasi Pompa Tenaga Surya dari Program Studi Teknik Pertanian Dan Biosistem Kepada Mitra Pengabdian (Kelompok Tani Kumbang Jantan).



Gambar. Foto Bersama Tim Pengabdian Dengan Mitra

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian melalui implementasi sistem pompa air tenaga surya pada Kelompok Tani Kumbang Jantan, Nagari Alahan Panjang, telah dilaksanakan melalui tahapan identifikasi kebutuhan, perancangan, implementasi, demonstrasi, dan serah terima teknologi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pompa menghasilkan debit rata-rata sebesar 17,88

L/menit ketika menggunakan suplai daya langsung dari panel PV dan 44,74 L/menit ketika menggunakan suplai daya dari baterai pada kondisi pengujian yang dilakukan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem telah dapat dioperasikan untuk mendukung distribusi air pada lahan mitra. Selain implementasi fisik teknologi, anggota kelompok tani memperoleh pelatihan dan praktik langsung mengenai pengoperasian serta pemeliharaan dasar sistem pompa air tenaga surya. Evaluasi lebih lanjut dalam satu musim tanam diperlukan untuk mengukur kontinuitas penggunaan, penghematan biaya operasional, cakupan layanan irigasi, dan dampaknya terhadap produktivitas tanaman.

Untuk meningkatkan efektivitas pemanfaatan sistem, diperlukan pendampingan lanjutan terkait pemeliharaan dan pengelolaan teknologi pompa air tenaga surya. Selain itu, perlu dilakukan monitoring berkala terhadap kinerja sistem, terutama pada musim kemarau, guna mengetahui kontribusinya terhadap ketersediaan air irigasi dan produktivitas pertanian. Pengembangan kapasitas sistem melalui penambahan panel surya atau fasilitas penyimpanan air juga dapat dipertimbangkan untuk memperluas cakupan layanan irigasi di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini dibiayai oleh Dana Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas, dengan nomor kontrak: 01/SPK/RKAT-UNAND/FATETA-TPB/2026 Tahun Anggaran 2026. Tim pengabdian juga mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan, terutama Kelompok Tani Kumbang Jantan sebagai mitra penerima manfaat kegiatan pengabdian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Biswas, S., & Iqbal, M. T. (2018). Dynamic Modelling of a Solar Water Pumping System with Energy Storage. Journal of Solar Energy, 2018, 1–12. https://doi.org/10.1155/2018/8471715

Camacho, P. Y. S., Ocampo, J. B. R., Arreola, S. D. la C., Reyes, M. A. Z., López, A. L., Reséndiz, J. R., Avilés, M., & Cisneros, H. I. S. (2024). Optimizing Method for Photovoltaic Water-Pumping Systems under Partial Shading and Changing Pump Head. Clean Technologies, 6, 732–749.

Chendel, S. Naik, M. N., & Chandel, R. (2015). Review of Solar Photovoltaic Water Pumping System Technology for Irrigation and Community Drinking Water Supplies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49, 1084–1099.

Ferils, M., Suwanti, M, A., & Rusnawati. (2025). Implementasi KKN Berbasis Participatory Action Research Asset-Based Community Development Sebagai Wujud Catur Dharma Perguruan Tinggi Muhammadiyah: Studi Kasus Desa Hahangan, Kecamatan Aralle, Kabupaten Mamasa. J-Abdi Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 5(4), 1057–1068.

Gevorkov, L., Domínguez-García, J. L., & Romero, L. T. (2023). Review on Solar Photovoltaic-Powered Pumping Systems. Energies, 16(1). https://doi.org/10.3390/en16010094

Guno, C. S., & Agaton, C. B. (2022). Socio-Economic and Environmental Analyses of Solar Irrigation Systems for Sustainable Agricultural Production. Sustainability (Switzerland), 14(11), 1–15.

IRENA. (2016). Solar Pumping for Irrigation: Improving Livelihoods and Sustainability. In The International Renewable Energy Agency (Issue June). https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Solar_Pumping_for_Irrigation_2016.pdf

Khafsoh, N. A., & Riani, N. (2024). Implementasi of Participatory Research (PAR) In Community Service Program. Jurnal Pengabdian Masyarakat, 5(1), 237–253.

Liang, Z. Y., Shorter, A. L., & Winter, A. G. (2024). Quantifying the energetic cost tradeoffs of photovoltaic pumping systems for Sub-Saharan African smallholder farms. Irrigation Science, 42(1), 149–161. https://doi.org/10.1007/s00271-023-00872-9

Odeh, I., Yohanis, Y. G., & Norton, B. (2006). Influence of Pumping Head, Insolation and PV Array Size on PV Water Pumping System Performance. Solar Energy, 80(1), 51–64. https://doi.org/10.1016/j.solener.2005.07.009

Okakwu, I. K., Alayande, A. S., Akinyele, D. O., Olabode, O. E., & Akinyemi, J. O. (2022). Effects of Total System Head and Solar Radiation on the Techno-Economics of PV Groundwater Pumping Irrigation System for Sustainable AgriculturaL Production. Scientific African, 16, e01118. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01118

Paudel, P. P., & Adhikari, S. (2025). Technical Feasibility and Economic Analysis of Solar Photovoltaic Water Pumping System for Sustainable Irrigation in Nepal: a Case Study. International Journal of Sustainable Engineering, 18(1). https://doi.org/10.1080/19397038.2025.2590115

Serbouh, Y., Benikhelef, T., Benazzouz, D., Chikh, M. A. A., Touil, S., Richa, A., & Mahmoudi, H. (2022). Performance Optimization and Reliability of Solar Pumping System Designed for Smart Agriculture Irrigation. Desalination and Water Treatment, 255(May 2021), 4–12. https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28316

Trivedi, V., & Singh, V. (2024). A Comprehensive Review on Development of Solar Pump Operated by PV Module. Evergreen, 11(3), 1964–1989. https://doi.org/10.5109/7236845

Wang, Y., Gao, L., Xie, Y., Shen, F., Hao, Q., & Jia, B. (2024). Research on experiment for operation performance of water pumping and energy storage by photovoltaic pump. Energy Exploration and Exploitation, 42(6), 1987–1998. https://doi.org/10.1177/01445987241257749