

IMPLEMENTASI IRIGASI DAN PENERANGAN SURYA OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER DI BUNTU SARONG

Musfirah Putri Lukman^{1,*}, Muh. Imran Bachtiar², Nandy Rizaldi Najib³, Desi Widyaningsih⁴, Hadirawati⁵, Muhamad Wirasatya Putra Lukman⁶, Fikra Ramadhan^{7,**}, Zulfiah R^{8,**}, Satriani Said Akhmad⁹, Muh. Zulfadli Ansar Suyuti¹⁰,

^{1,2,3,4,7,8,9} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

^{5,6} Program Studi Bisnis Digital Institut Teknologi Pertanian, Makassar

¹⁰ Jurusan Teknik Informatika Institut Teknologi BJ Habibi, Makassar

ABSTRACT

Enrekang Regency in South Sulawesi is a central production area for shallots, playing an important role in food security and the local economy. However, shallot cultivation in this region still relies on manual irrigation and limited nighttime lighting, leading to low agricultural efficiency and suboptimal yields. To address these issues, this community service program implemented a Solar-Powered Automatic Irrigation and Lighting System (SPAILS) based on a microcontroller with Internet of Things (IoT) monitoring support. The implementation followed a structured method consisting of field observation, system design, laboratory prototyping, on-site installation, and user training to ensure the system met the needs of local farmers. The system integrates solar panels, batteries, a solar charge controller, inverter, soil moisture sensors, water pump, and LED lamps to automate irrigation and provide supplementary lighting at night. Implementation results showed that the solar panels achieved an efficiency of 17%–21% under high irradiance, while the Shimizu Jet 108 Bit pump operated with efficiencies of 34.7%–37.5%, which remain acceptable under field conditions. The system improved water-use efficiency, reduced farmers' workload, and lowered operational costs. In addition, training and socialization sessions were conducted with local farmers to ensure proper operation and maintenance of the system, while senior high school students were introduced to IoT concepts and their applications in agriculture.

Keywords: *Smart agriculture, solar-powered irrigation, IoT-based monitoring, Enrekang, shallot cultivation, renewable energy.*

ABSTRAK

Kabupaten Enrekang di Sulawesi Selatan merupakan sentra produksi bawang merah yang memiliki peran penting dalam ketahanan pangan dan perekonomian lokal. Namun, budidaya bawang merah masih banyak mengandalkan penyiraman manual dan minim penerangan malam hari, sehingga efisiensi pertanian rendah dan hasil panen kurang optimal. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian masyarakat ini mengimplementasikan Sistem Otomatis Penyiraman dan Penerangan Tenaga Surya (SPAILS) berbasis mikrokontroler dengan dukungan monitoring Internet of Things (IoT). Metode pelaksanaan meliputi observasi lapangan, perancangan sistem, perakitan dan pengujian di laboratorium, instalasi di lokasi mitra, serta pelatihan kepada petani untuk memastikan sistem dapat beroperasi sesuai kebutuhan. Sistem ini mengintegrasikan panel surya, baterai, solar charge controller, inverter, sensor kelembaban tanah, pompa air, dan lampu LED untuk mengotomatisasi penyiraman serta memberikan pencahayaan tambahan pada malam hari. Hasil implementasi menunjukkan panel surya mampu mencapai efisiensi 17%–21% pada iradiasi tinggi, sedangkan pompa Shimizu Jet 108 Bit bekerja dengan efisiensi 34,7%–37,5%, yang masih layak pada kondisi lapangan. Penerapan sistem ini meningkatkan efisiensi penggunaan air, mengurangi beban kerja petani, serta menekan biaya operasional. Selain itu, dilakukan sosialisasi dan pelatihan kepada petani mengenai penggunaan serta perawatan sistem, serta edukasi kepada siswa SMA terkait pemahaman dasar IoT dan penerapannya di bidang pertanian.

Kata Kunci: *Pertanian cerdas, irigasi tenaga surya, monitoring IoT, Enrekang, budidaya bawang merah, energi terbarukan.*

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Enrekang di Sulawesi Selatan merupakan salah satu sentra produksi bawang merah yang berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan daerah dan pendapatan masyarakat. Sebagian besar penduduk di Desa Buntu Sarong menggantungkan mata pencaharian pada sektor pertanian bawang merah dengan pola pengelolaan lahan yang masih tradisional. Akses infrastruktur dan energi listrik di wilayah ini belum memadai karena sebagian besar lahan pertanian berada di kawasan perbukitan, sehingga aktivitas budidaya masih sangat bergantung pada kondisi alam dan tenaga kerja manual. Keterbatasan ini berdampak langsung pada efisiensi usaha tani dan produktivitas hasil panen [1]–[4].

* Korespondensi penulis: Musfirah Putri Lukman, email musfirahputrilukman@poliupg.ac.id

** Mahasiswa tingkat Sarjana (S1)

Dalam praktiknya, penyiraman bawang merah masih dilakukan secara manual dengan memanfaatkan aliran air dari sumber mata air berjarak sekitar 800 meter. Air dialirkan menggunakan pipa PVC tanpa bantuan pompa, sehingga tekanan air sangat rendah. Kondisi ini menyebabkan petani harus menunggu aliran air secara bergantian dan memerlukan waktu hingga tiga hingga empat jam untuk menyelesaikan satu siklus penyiraman pada lahan seluas kurang lebih 1.600 m²[5],[6]. Selain menghabiskan waktu dan tenaga, ketidakmerataan tekanan air sering mengakibatkan distribusi penyiraman yang tidak konsisten, sehingga sebagian tanaman menerima air berlebih dan sebagian lainnya kekurangan[7]. Tidak tersedianya listrik PLN di lokasi lahan juga menjadi kendala besar karena petani tidak dapat mengoperasikan pompa listrik maupun menyediakan penerangan malam hari untuk mendukung aktivitas pertanian ataupun menjaga keamanan lahan [8]



Gambar 1. Kondisi Mitra : (a) Bawang Merah di Daerah Enrekang dan (b) Proses Penyiraman Manual Bawang Merah

Permasalahan yang dihadapi petani di wilayah ini dapat dirangkum sebagai ketidakmampuan menyediakan tekanan air yang memadai, ketiadaan sumber listrik permanen, penyiraman yang tidak efisien, tingginya beban kerja yang harus dilakukan setiap hari, serta rendahnya pemahaman terhadap penerapan teknologi energi terbarukan dan otomasi pertanian[9],[10],[11]. Keterbatasan penerangan malam hari semakin memperburuk kondisi, karena aktivitas pemantauan tanaman tidak dapat dilakukan secara optimal, dan risiko gangguan hama menjadi lebih tinggi. Situasi ini menuntut adanya inovasi teknologi yang relevan, hemat energi, dan dapat dioperasikan secara mandiri oleh petani.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian masyarakat ini menawarkan solusi berupa Sistem Otomatis Penyemprotan Air dan Penerangan Tenaga Surya (SPAILS) berbasis mikrokontroler dengan dukungan monitoring *Internet of Things* (IoT). Sistem ini dirancang untuk mengotomatisasi penyiraman menggunakan sensor kelembaban tanah sehingga volume air yang diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Energi listrik diperoleh dari panel surya yang terhubung dengan baterai, solar charge controller, dan inverter untuk mengoperasikan pompa air serta lampu LED sebagai penerangan malam hari. Integrasi IoT memungkinkan petani memantau parameter listrik dan kondisi lingkungan secara real time melalui aplikasi berbasis Android, sehingga proses pengelolaan lahan lebih efisien dan informatif [12],[13].

Tujuan kegiatan ini adalah meningkatkan efisiensi penyiraman, mengurangi beban kerja manual petani, menekan biaya operasional, serta memperkenalkan teknologi energi terbarukan dan otomasi berbasis sensor kepada masyarakat. Selain aspek teknis, kegiatan ini juga berfokus pada peningkatan literasi teknologi melalui pelatihan penggunaan sistem bagi petani dan edukasi konsep dasar IoT kepada siswa SMA setempat [14],[15]. Dengan demikian, program ini memberikan manfaat ganda, yaitu peningkatan produktivitas pertanian bawang merah serta penguatan kapasitas teknologi masyarakat pedesaan untuk mendukung keberlanjutan usaha tani di masa mendatang.

2. METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan secara bertahap dan sistematis, dimulai dari tahap observasi lapangan hingga tahap evaluasi akhir. Tahap awal berupa survei lapangan dan identifikasi masalah mitra di Dusun Buntu Sarong, Kecamatan Masalle, Kabupaten Enrekang. Pada tahap ini, tim pengabdian melakukan kunjungan ke lokasi pertanian bawang merah, melakukan wawancara dengan petani, serta mengumpulkan informasi terkait sistem penyiraman yang masih manual, keterbatasan sumber energi listrik, serta kebutuhan penerangan malam hari di lahan pertanian[16],[17]. Data hasil observasi ini menjadi dasar perancangan sistem otomatisasi penyemprotan air dan penerangan tenaga surya. Alur tahapan kegiatan ditunjukkan pada Gambar 2.

Tahap berikutnya adalah perancangan sistem yang mencakup penyusunan desain penyemprotan air berbasis mikrokontroler. Sistem ini menggunakan sensor kelembaban tanah, perancangan sistem penerangan malam dengan lampu LED tenaga surya. Penentuan spesifikasi perangkat meliputi pompa air, panel surya, *solar charge controller*, baterai, relai, dan komponen pendukung lainnya. Setelah desain disusun, dilakukan pengadaan alat dan perakitan sistem di laboratorium oleh tim dosen dan mahasiswa. Proses perakitan dilanjutkan dengan pengujian awal di kampus untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik sebelum dibawa ke lokasi mitra. Perancangan sistem dan blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 2. Tahap implementasi dilakukan dengan instalasi sistem secara langsung di lahan mitra. Pada tahap ini, petani dilibatkan secara aktif agar terjadi transfer teknologi. Sistem disesuaikan dengan kondisi lapangan, termasuk tata letak tanaman, arah sinar matahari, dan kontur tanah. Setelah instalasi, dilakukan pengujian akhir dan kalibrasi untuk memastikan kinerja sistem optimal [18],[19].

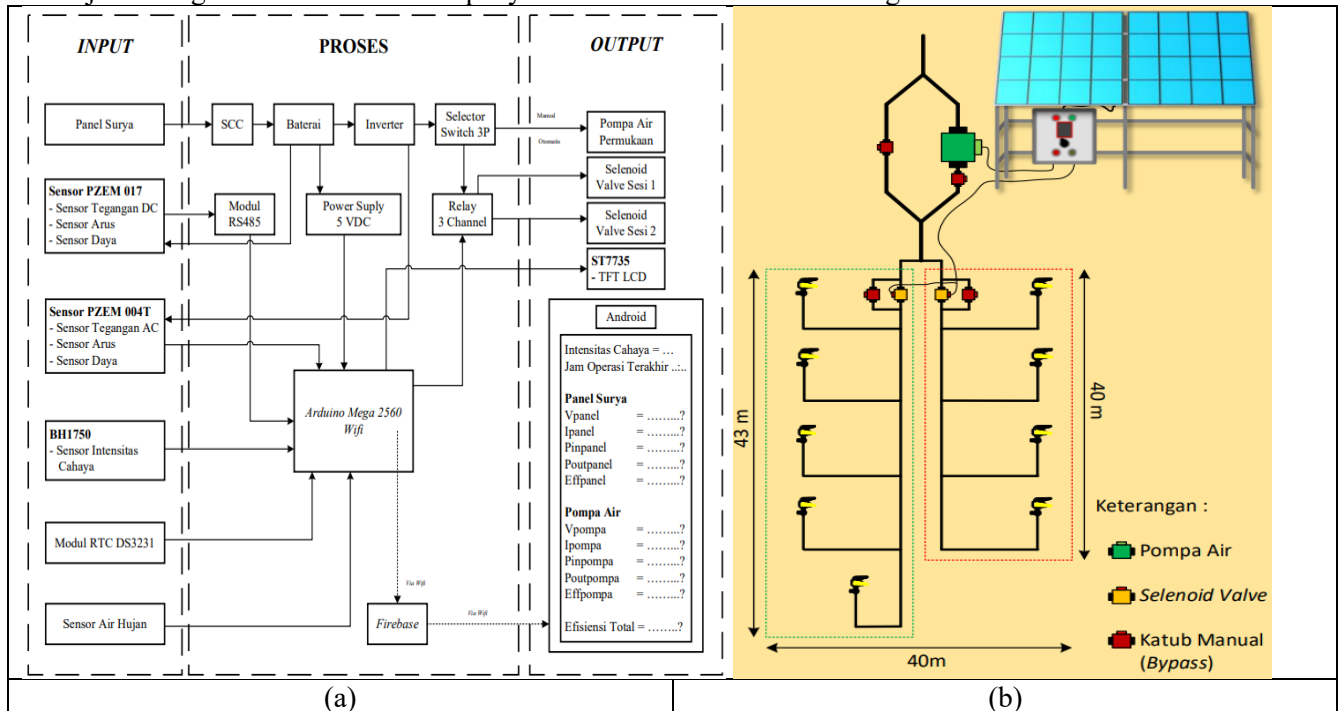


Gambar 2. Tahapan Kegiatan Pengabdian

Selanjutnya, kegiatan dilanjutkan dengan pelatihan kepada mitra mengenai cara pengoperasian sistem, pembacaan indikator, *troubleshooting* sederhana, serta pemahaman dasar tentang energi surya dan otomasi pertanian. Partisipasi mitra dalam pelaksanaan program sangat penting, mulai dari penyediaan informasi pada tahap survei, penyediaan lokasi serta sumber daya lokal saat instalasi, hingga keterlibatan dalam pelatihan penggunaan dan perawatan sistem. Mitra juga memberikan umpan balik terhadap kinerja sistem selama kegiatan berlangsung serta berkomitmen untuk menjaga dan mengembangkan sistem pasca program berakhir [20],[21]. Selain itu, kegiatan pengabdian ini turut melibatkan mahasiswa, baik dalam proses teknis perakitan maupun dalam penyampaian edukasi tentang konsep *Internet of Things* (IoT) kepada siswa SMA 11 Enrekang. Tahap terakhir adalah monitoring, evaluasi, dan keberlanjutan program. Evaluasi dilakukan secara kuantitatif melalui pengukuran frekuensi penyemprotan, efisiensi penggunaan air, serta hasil panen sebelum dan sesudah implementasi sistem. Evaluasi kualitatif dilakukan melalui wawancara dengan petani mengenai kemudahan penggunaan, perubahan perilaku bertani, serta manfaat penerangan malam hari [11], [17],[22]. Untuk keberlanjutan, sistem dirancang menggunakan komponen yang mudah diperoleh di pasaran lokal, sedangkan petani telah diberikan pelatihan perawatan dasar agar dapat mengelola sistem secara mandiri. Lebih jauh, kegiatan ini diharapkan dapat direplikasi oleh kelompok tani lain dengan dukungan pemerintah daerah dan program mahasiswa KKN di masa mendatang.

Pada Gambar 3(a) menunjukkan arsitektur sistem SPATS (Sistem Penyemprotan Air Tenaga Surya) berbasis IoT yang terbagi atas blok input, proses, dan output. Pada blok input, panel surya, sensor PZEM (DC dan AC), sensor intensitas cahaya BH1750, sensor hujan, dan modul RTC digunakan untuk menyediakan data lingkungan dan listrik. Blok proses dikendalikan oleh Arduino Mega 2560 WiFi yang menerima data sensor, mengelola logika otomatisasi, dan mengirimkan informasi ke Firebase. Daya sistem diatur melalui SCC,

baterai, inverter, dan rangkaian relay. Blok output terdiri dari pompa air, selenoid valve, katup manual, serta tampilan visual melalui TFT LCD dan aplikasi Android. Desain ini memastikan bahwa semua komponen bekerja terintegrasi untuk melakukan penyiraman otomatis dan monitoring real time.



Gambar 3. Perancangan Sistem Dan Blok Diagram (a) Blok Diagram Sistem SPATS, dan (b) Tata Letak Fisik Sistem

Gambar 3 (b) memperlihatkan tata letak fisik sistem di lahan pertanian. Panel surya dan box kontrol ditempatkan pada struktur rangka yang stabil, kemudian pompa air terhubung ke jaringan pipa sepanjang 43 m × 40 m yang dibagi menjadi dua zona penyiraman melalui selenoid valve. Pengaturan ini memungkinkan distribusi air yang lebih merata serta pengendalian otomatis berdasarkan kondisi lapangan. Metode pelaksanaan meliputi perancangan arsitektur, instalasi panel dan pompa, pemasangan sensor dan jaringan pipa, integrasi mikrokontroler dengan IoT, serta pengujian fungsi otomatisasi dan monitoring. Tahap akhir berupa pelatihan penggunaan kepada petani dan validasi performa untuk memastikan sistem beroperasi sesuai kebutuhan lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat pada tanggal 28 Agustus 2025 di Dusun Buntu Sarong, Kecamatan Masalle, Kabupaten Enrekang berupa implementasi Sistem Otomatis Penyemprotan Air dan Penerangan Tenaga Surya (SPAILS) berbasis IoT telah menghasilkan capaian penting dari sisi teknis, operasional, maupun sosial. Sistem yang dipasang dirancang untuk menjawab keterbatasan tekanan air, ketersediaan energi listrik, dan efisiensi penyiraman yang sebelumnya sepenuhnya dilakukan secara manual oleh petani. Dokumentasi kegiatan instalasi dan pelatihan awal ditunjukkan pada Gambar 4.

Pengukuran teknis dilakukan secara langsung di lapangan setelah sistem terpasang. Panel surya berkapasitas total 200 Wp diukur menggunakan multimeter digital untuk memeriksa tegangan *open-circuit* (Voc), arus *short-circuit* (Isc), serta tegangan dan arus kerja ketika terhubung ke *solar charge controller*. Pengukuran dilakukan pada rentang waktu 11.00–14.00 WITA ketika intensitas radiasi matahari mencapai titik maksimum. Dari tiga kali pengukuran harian, diperoleh rata-rata tegangan panel 18,6–19,3 V dan arus kerja 2,7–3,1 A per panel, sehingga menghasilkan daya efektif 250–295 W. Ketika dibandingkan dengan daya teoritis berdasarkan iradiasi lapangan, panel surya tersebut menunjukkan efisiensi aktual pada kisaran 17%–21%, konsisten dengan karakteristik panel *monocrystalline* pada kondisi lapangan terbuka. Pompa Shimizu Jet 108 Bit yang terhubung melalui inverter serta baterai diuji dengan metode pengukuran debit air menggunakan wadah 20 liter dan *stopwatch*. Debit rata-rata yang diperoleh berada pada kisaran 19–22 liter per menit, sedangkan konsumsi daya pompa yang dicatat melalui watt-meter portabel menunjukkan penggunaan energi

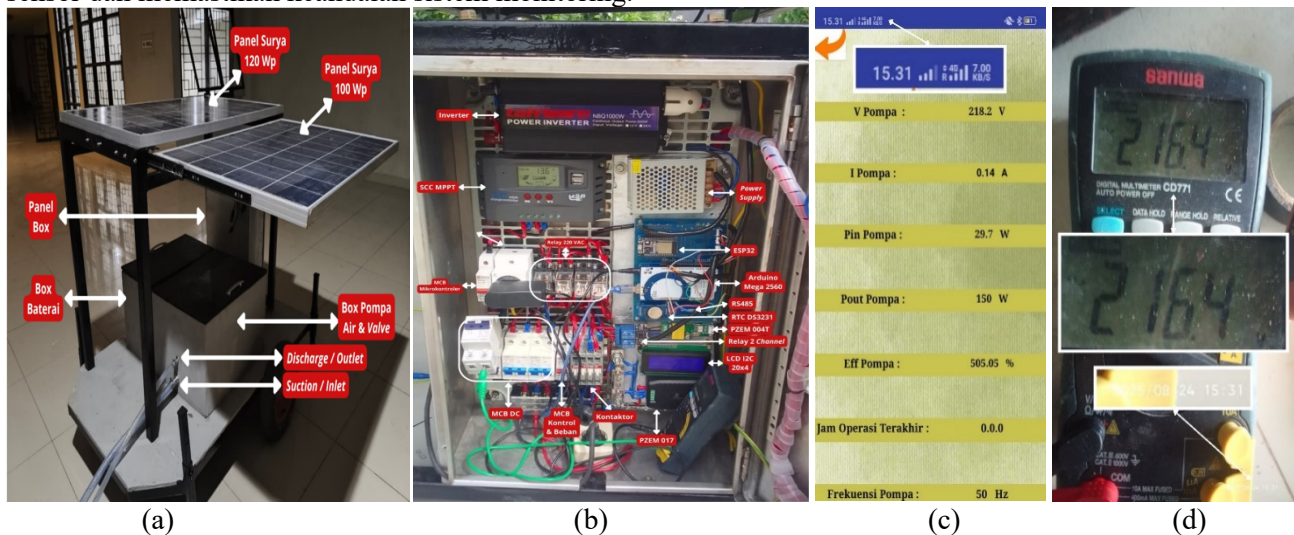
sebesar 290–310 W. Dengan membandingkan daya hidrolik dengan daya listrik yang masuk, efisiensi pompa berada pada 34,7%–37,5%. Hasil ini menunjukkan bahwa pompa bekerja baik pada kontur lahan mitra, meskipun sumber air berada ± 800 meter dari lokasi lahan. Sistem juga diuji untuk memastikan bahwa tekanan air merata pada seluruh sprinkler yang dipasang di lahan bawang merah.

Penerapan sistem ini meningkatkan efisiensi penyiraman secara signifikan. Sebelum kegiatan, penyiraman lahan seluas 1.600 m² membutuhkan waktu sekitar empat jam dalam dua sesi manual. Setelah sistem terotomatis, penyiraman dapat diselesaikan dalam waktu ± 2 jam dengan distribusi air yang lebih merata dan tekanan yang lebih stabil.



Gambar 4. Proses Pelaksanaan Pengabdian Dan Pelatihan Mitra Dan Siswa SMA : (a) Proses Panen Bawang Di Lokasi Mitra, (b) Workshop Dan Pelatihan Penggunaan Alat di Rumah Kepala Desa, dan (c) Pelatihan Siswa SMA untuk Penggunaan Alat dan Perawatan Sistem

Pembacaan kelembaban tanah menggunakan sensor menunjukkan nilai sebelum penyiraman berada di kisaran 28%–32% dan meningkat menjadi 45%–51% setelah sistem bekerja selama 12–15 menit. Data ini dikirim secara *real time* melalui sistem IoT yang terhubung ke Firebase, sebagaimana divisualisasikan pada antarmuka aplikasi Android di Gambar 5. Validasi data dilakukan dengan membandingkan pembacaan IoT terhadap pengukuran multimeter dan alat ukur eksternal lainnya, yang memperlihatkan konsistensi bacaan sensor dan memastikan keandalan sistem monitoring.



Gambar 4. Sistem SPATS dan Aplikasi Android yang dibandingkan dengan Alat Ukur Multimeter

Pembahasan hasil implementasi diperkuat dengan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah kegiatan, yang dirangkum dalam Tabel 1. Secara umum, terjadi peningkatan pada hampir semua aspek: tekanan air menjadi lebih tinggi dan merata, waktu penyiraman berkurang hingga 50%, keterlibatan tenaga kerja menurun drastis karena sistem bekerja otomatis, dan monitoring penyiraman kini dapat dilakukan melalui aplikasi Android. Selain itu, penerangan LED tenaga surya terbukti bermanfaat untuk mengurangi gangguan hama pada malam hari sekaligus meningkatkan keamanan lahan.

Dampak sosial program ini juga sangat terlihat. Sosialisasi dan pelatihan yang diberikan kepada petani meningkatkan pemahaman mereka terhadap cara mengoperasikan, merawat, dan melakukan *troubleshooting* dasar terhadap sistem. Wawancara dengan petani menunjukkan bahwa sistem ini mengurangi beban kerja harian, menghemat waktu, dan meningkatkan keandalan proses penyiraman. Selain petani mitra, kegiatan ini juga melibatkan siswa SMA 11 Enrekang yang mendapat pengenalan konsep *Internet of Things* serta demonstrasi langsung cara kerja sensor dan aplikasi monitoring. Kegiatan ini memberikan nilai tambah berupa peningkatan literasi teknologi generasi muda di bidang pertanian modern, sehingga mendukung keberlanjutan sistem.

Tabel 1. Perbandingan Kondisi Sebelum dan Sesudah Implementasi

No	Parameter	Sebelum Implementasi	Sesudah Implementasi
1	Sumber energi penyiraman	Gravitasi air (sumber mata air ± 800 m)	Panel surya + pompa DC Shimizu Jet 108 Bit
2	Tekanan air	Rendah, tidak merata	Tinggi, distribusi merata ke seluruh sprinkler
3	Waktu penyiraman	± 4 jam (2 sesi manual)	± 2 jam (otomatis)
4	Keterlibatan tenaga kerja	Tinggi (petani harus memantau langsung)	Rendah (otomatis dengan sensor IoT)
5	Monitoring sistem	Tidak ada	Real time via aplikasi Android (IoT)
6	Penerangan malam hari	Tidak tersedia	Lampu LED tenaga surya terpasang

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini berhasil meningkatkan efisiensi penyiraman, mendukung pemanfaatan energi terbarukan, dan memberikan transfer ilmu kepada masyarakat. Implementasi Sistem Otomatis Penyemprotan Air dan Penerangan Tenaga Surya terbukti mampu meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus mendorong penggunaan teknologi tepat guna di wilayah pedesaan. Hasil teknis yang konsisten, respons positif mitra, serta keterlibatan generasi muda menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat menjadi model pengembangan pertanian modern yang berkelanjutan.

Selain hasil teknis dan sosial yang diperoleh, kegiatan pengabdian ini juga menghasilkan luaran berupa publikasi pada warta online dan video dokumentasi resmi. Publikasi mengenai pelaksanaan program dimuat di media Destara News dengan judul “PNUP Hadirkan Teknologi Otomatis untuk Petani Bawang Merah di Enrekang: Hemat Energi, Hasil Panen Maksimal”, yang dapat diakses pada tautan: <https://destara.news/pnup-hadirkan-teknologi-otomatis-untuk-petani-bawang-merah-di-enrekang-hemat-energi-hasil-panen-maksimal/>.

Artikel tersebut memuat rangkaian kegiatan, manfaat sistem SPATS, serta testimoni petani, sehingga menjadi media diseminasi formal kepada masyarakat luas dan pemangku kepentingan. Selain itu, tim pengabdian juga membuat video dokumentasi pelaksanaan mulai dari instalasi, pengujian, hingga pelatihan mitra, yang berfungsi sebagai bahan edukasi serta pedoman bagi desa lain yang ingin mereplikasi sistem serupa. Publikasi daring dan dokumentasi video ini memperkuat dampak kegiatan serta mendukung keberlanjutan program di wilayah lain.

4. KESIMPULAN

Pengabdian masyarakat di Dusun Buntu Sarong berhasil menyelesaikan permasalahan petani bawang merah terkait rendahnya tekanan air dan ketiadaan listrik melalui penerapan Sistem Otomatis Penyemprotan Air dan Penerangan Tenaga Surya berbasis IoT. Panel surya yang dipasang menunjukkan efisiensi kerja 17%–21%, sedangkan pompa Shimizu Jet 108 Bit beroperasi dengan kinerja 34,7%–37,5%, sehingga waktu penyiraman berkurang dari ± 4 jam menjadi ± 2 jam dengan distribusi air yang lebih merata. Kegiatan ini juga dilengkapi dengan pelatihan bagi petani, workshop IoT bagi siswa SMA, serta luaran berupa publikasi pada warta online dan video dokumentasi kegiatan. Seluruh capaian ini menunjukkan bahwa teknologi energi

terbarukan dan sistem pengairan cerdas dapat direplikasi di wilayah lain untuk meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dengan dukungan pendanaan dari Politeknik Negeri Ujung Pandang melalui skema Pengabdian Kepada Masyarakat. Penulis menyampaikan apresiasi kepada Pemerintah Desa Buntu Sarong, petani mitra, serta siswa SMA 11 Enrekang atas partisipasi aktif selama seluruh tahapan kegiatan, mulai dari survei, instalasi sistem, hingga pelatihan dan pendampingan. Dukungan tersebut menjadi faktor penting dalam keberhasilan implementasi sistem otomatis penyemprotan air dan penerangan tenaga surya berbasis IoT di Dusun Buntu Sarong.

6. DAFTAR RUJUKAN

- [1] Muh. Ilham, Yuliana, A. R. Idris, Usman, dan A. Achmad, "Design and Development of Solar Pump System for Automatic Watering of Shallots," *Jurnal Teknologi Elekterika, Politeknik Negeri Ujung Pandang*, vol. 21, no. 2, 2024.
- [2] I. K. Parti, N. W. Rasmini, I. N. Mudiana, dan I. M. Purbhawa, "Modelling of Solar Power Generation Systems as a Source of Agricultural Irrigation Pumps," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 9, no. 4, pp. 2036-2041, 2023.
- [3] Haeni Budiati, Emerita Setyowati, dan Liefson Jacobus, "Implementasi Solar Pump untuk Irigasi Lahan Pertanian pada Kelompok Tani 'Eko Mulyo' Prambanan," *Jurnal Abdimas Bina Bangsa*, vol. 5, no. 2, 2023.
- [4] Fransiskus Bisa, Mohammad Mukhsim, dan Gigih Priyandoko, "Perancangan Prototype Sistem Pompa Air Irigasi Tenaga Surya," *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, vol. 5, no. 1, 2023.
- [5] Muhammad Syahid, Nasaruddin Salam, Wahyu Piarah, Zuryati Djafar, Jalaluddin, Rustan Tarakka, dan Gaffar Alqadri, "Pemanfaatan Pompa Air Tenaga Surya Untuk Sistem Irigasi Pertanian," *Jurnal TEPAT: Teknologi Terapan untuk Pengabdian Masyarakat*, vol. 5, no. 1, 2024.
- [6] Indah Revita Saragi, Cut Fatimah Zuhra, Crystina Simanjuntak, et al., "Innovative Solar Water Pump with Automatic Water Level Regulator for Efficiency Rice Field Irrigation," *Abdimas TALENTA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 9, no. 2, 2023.
- [7] Zulfrianto Yusrin Lamasigi, Abd. Rahmat Karim Haba, Muh. Iqbal Jafar, Syamsir Syamsir, dan Stephan A. Hulukati, "Automated Drip Irrigation System Based on IoT for Chili Plants Using Solar Panel Energy," *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, v. 5, no. 1, 2021.
- [8] Tony Melkysedek, Emilia Hesti, Irma Salamah, "Design and Build Hydroponic Installations and Applications Using IoT-Based Multisensors with Solar Panel Electrical Energy," *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems*, 2023.
- [9] Muhammad Joni Iskandar, Huswatun Ida Lailatun Hasanah, Rini Endang Prasetyowati, dan Muhammad Anwar, "The Efficiency of Solar Power Generation System Application on Agricultural Automatic Drip Irrigation in Indonesia," *Jurnal Ilmiah Membangun Desa dan Pertanian*, 2022.
- [10] N. Hapsari, S. Saharudin, and E. Kamal, "Desain sistem irigasi tetes dengan tenaga surya untuk kelompok tani Desa Emas Sodong," [Online]. Available: 2024.
- [11] R. Asmara, S. Syafarudin, and P. Paniran, "Rancang bangun purwarupa sistem monitoring dan kontrol berbasis Arduino Uno untuk irigasi sawah pada tanaman padi," *J. Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, 2024.
- [12] A. R. Sultan, A. Gaffar, and M. Marwan, "Pemasangan generator-set sebagai catu daya pengganti pada Masjid Lailatul Qadar BTP Blok AF Makassar," 2019, pp. 203–207.
- [13] Y. Ariyanto, R. Wakhidah, H. F. Utari, and B. Harijanto, "Automatic irrigation monitoring system based on photovoltaic solar energy with fuzzy logic," *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 1073, p. 012042, 2021.
- [14] P. K. Devan, K. Arun, N. H. Arvindkumar, R. Aravind, and R. D. Kumar, "IoT-solar energy powered smart farm irrigation system," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 2054, p. 012074, 2021.
- [15] A. Chakra, R. Khatun, D. Majhi, et al., "IoT based solar powered smart irrigation system," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol. (IJRASET)*, 2022.

- [16] M. S. Soekarno, R. Mohamad, N. M. Thamrin, and W. N. W. Muhamad, "Solar-powered irrigation and monitoring system for okra cultivation," *Indonesian J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 38, no. 1, pp. 469–477, 2024.
- [17] A.-R. Bawa, A. K. Sunnu, and E. A. Sarsah, "Recent advances in solar-powered photovoltaic pumping systems for drip irrigation," *IRASD J. Energy Environ.*, vol. 4, no. 2, pp. 112–132, 2023.
- [18] R. T. Thokal, A. G. Mohod, and K. G. Dhande, "Solar powered irrigation systems: Sustainability, advancements and future prospects," *J. Agric. Eng. (India)*, 2021.
- [19] Indrawan, Andi Wawan, et al. "Mini photovoltaic (PV) plant for green campus utilizing IoT-based remote monitoring and load control system." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 3370. No. 1. AIP Publishing LLC, 2025.
- [20] Lukman, Musfirah Putri, et al. "Design of early warning detection system for low infusion fluids using cloud storage and internet of things." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 3140. No. 1. AIP Publishing LLC, 2024.
- [21] Lukman, Musfirah Putri, et al. "Design of early warning detection system for low infusion fluids using cloud storage and internet of things." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 3140. No. 1. AIP Publishing LLC, 2024.
- [22] N. A. Noor, A. R. Sultan, S. Thaha, K. Riyadi, dan M. P. Lukman, "Perancangan Alat Ukur Portable Datalogger Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *J. Teknol. Elekterika*, vol. 20, no. 1, pp. 9-13, 2023.
- [24] M. P. Lukman, "Penerapan pembangkit listrik tenaga surya sebagai pemenuhan energi listrik pada gerobak pelaku usaha Kedai Manista Takalar," in *Prosiding Seminar Nasional Sentrinov*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2023.