

## **Pemanfaatan teknologi PLTS Off-Grid tanpa baterai untuk sistem irigasi persawahan di Desa Bendosewu Talun Blitar**

**Agil Ziddan Achmad<sup>1</sup>, Muhammad As'ad Sahroni<sup>1</sup>, Muhammad Arzu Prasetyo<sup>1</sup>, Inov Ivandany<sup>1</sup>, Muhammad Ihsanul Rizqi<sup>1</sup>, Muhammad Afnan Habibi<sup>1</sup>, Langlang Gumilar<sup>2</sup>, Arya Kusumawardana<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Malang, Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang

Penulis korespondensi : Arya Kusumawardana

E-mail : [arya.kusumawardana.ft@um.ac.id](mailto:arya.kusumawardana.ft@um.ac.id)

Diterima: 25 Juni 2025 | Disetujui: 13 Juli 2025 | Online: 15 Juli 2025

© Penulis 2025

### **Abstrak**

Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem irigasi pertanian di Desa Bendosewu, Kecamatan Talun, Kabupaten Blitar, dengan memanfaatkan teknologi Smart Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid. Desa Bendosewu menghadapi tantangan dalam pengelolaan sumber daya air untuk irigasi, terutama selama musim kemarau yang panjang, yang mengakibatkan defisit air bagi lahan pertanian. Mitra sasaran dalam kegiatan ini adalah kelompok tani Tawang Makmur, yang terdiri dari 30 anggota. Pelaksanaan kegiatan terdiri dari empat tahap: observasi lapangan, perencanaan, instalasi panel surya, dan monitoring serta evaluasi. Dalam tahap instalasi, enam panel surya berkapasitas 200Wp dirangkai menjadi sistem dengan total kapasitas 1200Wp, dilengkapi dengan control box yang berisi inverter hybrid dan alat pengaman. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem dapat menghasilkan tegangan 220V dan mampu menyalakan pompa air berkapasitas 300W. Kegiatan ini berhasil meningkatkan pengetahuan peserta tentang potensi energi surya sebagai sumber energi ramah lingkungan serta cara pengoperasian dan pemeliharaan sistem PLTS. Dengan implementasi teknologi ini, diharapkan produktivitas pertanian dapat meningkat dan ketergantungan pada sumber energi fosil dapat berkurang, menjadikan kegiatan ini sebagai model yang dapat direplikasi di desa lain yang menghadapi masalah serupa.

**Kata kunci:** PLTS; off-grid; sistem irigasi

### **Abstract**

This community service activity aims to optimize the agricultural irrigation system in Bendosewu Village, Talun District, Blitar Regency, by utilizing Off-Grid Solar Power Plant (SPP) Smart technology. Bendosewu Village faces challenges in managing water resources for irrigation, especially during the long dry season, which results in a water deficit for agricultural land. The target partner in this activity is the Tawang Makmur farmer group, which consists of 30 members. The implementation of the activity consisted of four stages: field observation, planning, solar panel installation, and monitoring and evaluation. In the installation stage, six solar panels with a capacity of 200Wp were assembled into a system with a total capacity of 1200Wp, equipped with a control box containing a hybrid inverter and safety devices. The test results show that the system can produce 220V voltage and is able to power a 300W water pump. This activity succeeded in increasing participants' knowledge about the potential of solar energy as an environmentally friendly energy source as well as how to operate and maintain the PLTS system. With the implementation of this technology, it is expected that agricultural productivity can increase and dependence on fossil energy sources can be reduced, making this activity a model that can be replicated in other villages facing similar problems.

**Keywords:** solar power plant; off-grid; irrigation system.

## PENDAHULUAN

Sektor pertanian di Indonesia menghadapi tantangan multidimensi terkait ketahanan air, akses energi, dan keberlanjutan lingkungan. Di pedesaan seperti Desa Bendosewu, Kabupaten Blitar, ketergantungan pada irigasi konvensional berbasis bahan bakar fosil atau jaringan listrik terpusat telah menimbulkan beban ekonomi signifikan bagi petani, dengan biaya operasional mencapai 30-40% dari total produksi. Sistem ini tidak hanya rentan terhadap fluktuasi harga energi tetapi juga berkontribusi pada emisi gas rumah kaca sektor pertanian yang mencapai 10% secara global (Smith et al., 2007). Lebih kritis lagi, perubahan iklim telah memperparah ketersediaan air melalui pergeseran pola musim dan peningkatan frekuensi kekeringan (Bolan et al., 2024). Di tengah kompleksitas ini, teknologi energi terbarukan terutama Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid, muncul sebagai solusi potensial yang belum dimanfaatkan secara optimal di Indonesia meskipun potensi radiasi matahari mencapai 200000 TWh (Silalahi et al., 2021)

Sistem agrivoltaic – integrasi panel surya dengan lahan pertanian telah terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan lahan hingga 60% sekaligus mengurangi penguapan air tanah sebesar 30% (Singla et al., 2025). Namun, implementasi di negara berkembang sering terhambat oleh tingginya biaya investasi awal dan keterbatasan penyimpanan energi. Penggunaan baterai konvensional dalam sistem PLTS menyumbang biaya yang lebih besar dibandingkan dengan komponen lainnya (Narayan et al., 2018), serta menimbulkan risiko pencemaran lingkungan jika tidak didaur ulang dengan tepat (Abdelkareem et al., 2023). Studi oleh Chandel et al. (2023) mengonfirmasi bahwa desain PLTS tanpa baterai (battery-less) untuk irigasi dapat menurunkan levelized cost of energy (LCOE) dibandingkan sistem konvensional (Rezk et al., 2019), meski memerlukan kontrol inverter yang presisi untuk menyesuaikan variabilitas radiasi matahari. Inovasi teknis semacam ini sangat relevan dengan kondisi geografis Indonesia, di mana 65% lahan pertanian berlokasi di daerah terpencil tanpa akses jaringan listrik stabil (Saha, 2025).

Desa Bendosewu, sebagai lokasi pengabdian masyarakat ini, merepresentasikan tipikal wilayah pertanian Jawa Timur dengan produktivitas padi 5,2 ton/ha tetapi ketergantungan tinggi pada diesel generator untuk irigasi. Sebelum intervensi, Kelompok Tani Tawang Makmur menghabiskan Rp 2,8 juta per hektar setiap musim hanya untuk biaya bahan bakar pompa irigasi 2. Kondisi ini selaras dengan temuan (OECD, 2024) bahwa petani skala kecil di Asia Tenggara mengalami tekanan profitabilitas akibat biaya energi. Proyek ini mengimplementasikan sistem PLTS off-grid tanpa baterai berkapasitas 1200 WP yang dirancang khusus untuk menggerakkan pompa irigasi langsung dari energi matahari, menghilangkan kebutuhan penyimpanan energi 26. Desain ini mengadopsi temuan mutakhir (Abdellahi et al., 2019; Chandel et al., 2017; Hilali et al., 2022) tentang optimalisasi direct-coupled PV pumping systems melalui Maximum Power Point Tracking (MPPT), yang mampu meningkatkan efisiensi konversi energi hingga 52.6% dibandingkan teknologi konvensional.

Komponen kunci inovasi ini adalah inverter pintar yang mengatasi dua kelemahan sistem konvensional: daya starting tinggi dan rentang operasi tegangan sempit. Algoritma kontrol inovatif dalam inverter berhasil menekan lonjakan arus saat starting hingga 40% dan memperluas rentang tegangan operasi menjadi 100-300 VDC, memungkinkan penggunaan pompa 2 kW meski dengan fluktuasi radiasi matahari signifikan. Teknologi ini selaras dengan prinsip energy-water-food nexus yang menekan sinergi ketiga sektor tersebut (Peña-Torres et al., 2022). Implementasinya di Bendosewu telah mengurangi biaya irigasi sebesar 70% sekaligus menurunkan emisi CO<sub>2</sub> setara 3,2 ton per tahun per hektar. Temuan ini mendukung studi (Rosa & Gabrielli, 2023) bahwa integrasi PLTS tanpa baterai dalam irigasi dapat mempercepat transisi menuju pertanian nol emisi (net-zero agriculture).

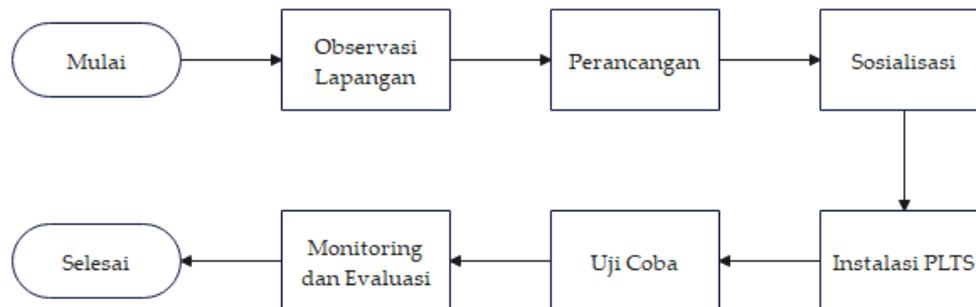
Meski menjanjikan, adopsi teknologi ini menghadapi kendala tingginya biaya awal instalasi dan kesenjangan pengetahuan teknis di tingkat petani. Analisis kebijakan oleh (Yafi et al., 2024) menunjukkan bahwa subsidi selektif berbasis kinerja (performance-based incentives) dapat menurunkan payback period dari 7 tahun menjadi 3 tahun. Di Indonesia, dukungan regulasi melalui Perpres No. 112/2022 tentang Energi Terbarukan belum diikuti mekanisme pembiayaan inklusif untuk petani skala kecil. Oleh karena itu, model kolaborasi akademisi-kelompok tani-

Pemanfaatan teknologi PLTS Off-Grid tanpa baterai untuk sistem irigasi persawahan di Desa Bendosewu Talun Blitar

pemerintah daerah seperti yang dijalankan Fakultas Vokasi Universitas Negeri Malang di Bendosewu menjadi kunci keberlanjutan.

## METODE

Kegiatan Pengabdian ini dilaksanakan dalam empat tahapan yaitu tahap observasi lapangan, perencanaan, pelaksanaan (instalasi panel surya dan uji coba), serta monitoring dan evaluasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram alir kegiatan pengabdian

### Observasi Lapangan

Dalam tahap observasi lapangan, tim pelaksana pengabdian melakukan kunjungan ke tempat mitra untuk mengetahui kondisi medan tempat pengabdian yang akan dipasang panel surya, serta kebutuhan beban apa saja yang akan ditanggung oleh PLTS.

### Perancangan

Pada tahap perencanaan kegiatan berisi beberapa kegiatan seperti perancangan panel surya yang sesuai dengan yang dibutuhkan dan beberapa kegiatan lain sebagai berikut:

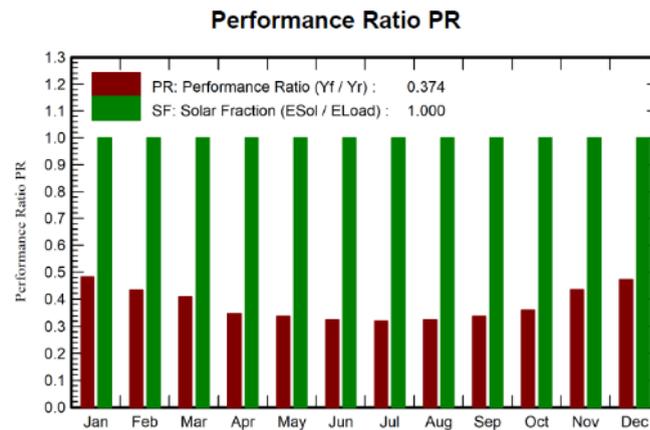
1. Melakukan koordinasi dengan pengurus kelompok tani Tawang Makamur Desa Bendosewu Talun Blitar.
2. Melakukan perencanaan terkait panel surya, inverter dan peralatan yang dibutuhkan untuk instalasi panel surya sesuai dengan kebutuhan daya yang dibutuhkan pada lokasi penginstalasian panel surya.
3. Panel surya yang dirancang diuji coba untuk mengetahui panel surya tersebut sesuai dengan yang diharapkan atau tidak.

Pada tahap perancangan ini juga dilakukan simulasi guna mengetahui PLTS yang sudah dirancang sesuai dengan yang diharapkan atau tidak, uji coba dilakukan menggunakan software simulasi Pvsyst dan menunjukan bahwa Sistem tenaga surya ini mampu memenuhi 100% kebutuhan energi sepanjang tahun, yang ditunjukkan dengan Solar Fraction (SF) sebesar 1,000 di setiap bulan. Seperti yang ditunjukkan Gambar 2. Namun, meskipun dapat memenuhi 100% kebutuhan daya sepanjang tahun efisiensi kinerja sistem dalam mengkonversi energi matahari bervariasi setiap bulan, yang ditunjukkan oleh fluktuasi nilai Performance Ratio (PR). Rata-rata PR adalah 0,374, yang menunjukkan bahwa ada faktor-faktor yang memengaruhi optimalisasi sistem.

### Monitoring dan Evaluasi

Dalam tahap monitoring dan evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah panel surya yang telah terpasang bekerja secara baik ataukah tidak dan evaluasi kegiatan pengabdian yang telah dilakukan. Tahap ini dicapai dengan melakukan pemantauan panel surya dan komunikasi secara rutin dengan mitra yang terkait dan bahan evaluasi adalah panel surya yang telah terpasang dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian.

Pemanfaatan teknologi PLTS Off-Grid tanpa baterai untuk sistem irigasi persawahan di Desa Bendosewu Talun Blitar



**Gambar 2.** Grafik Performance Ratio

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian berupa penyerahan perangkat pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) kepada perwakilan kelompok tani Tawang Makmur, di Desa Bendosewu Talun Blitar pada 5 September 2024. Perangkat PLTS tersebut terdiri dari 6 panel surya berkapasitas 200Wp yang dirangkai seri sehingga menghasilkan 1200Wp, control box yang didalamnya terdapat inverter *hybrid* serta MCB DC dan MCB AC dua pole masing-masing satu unit. Gambar 3 berikut merupakan foto saat penyerahan perangkat tersebut.

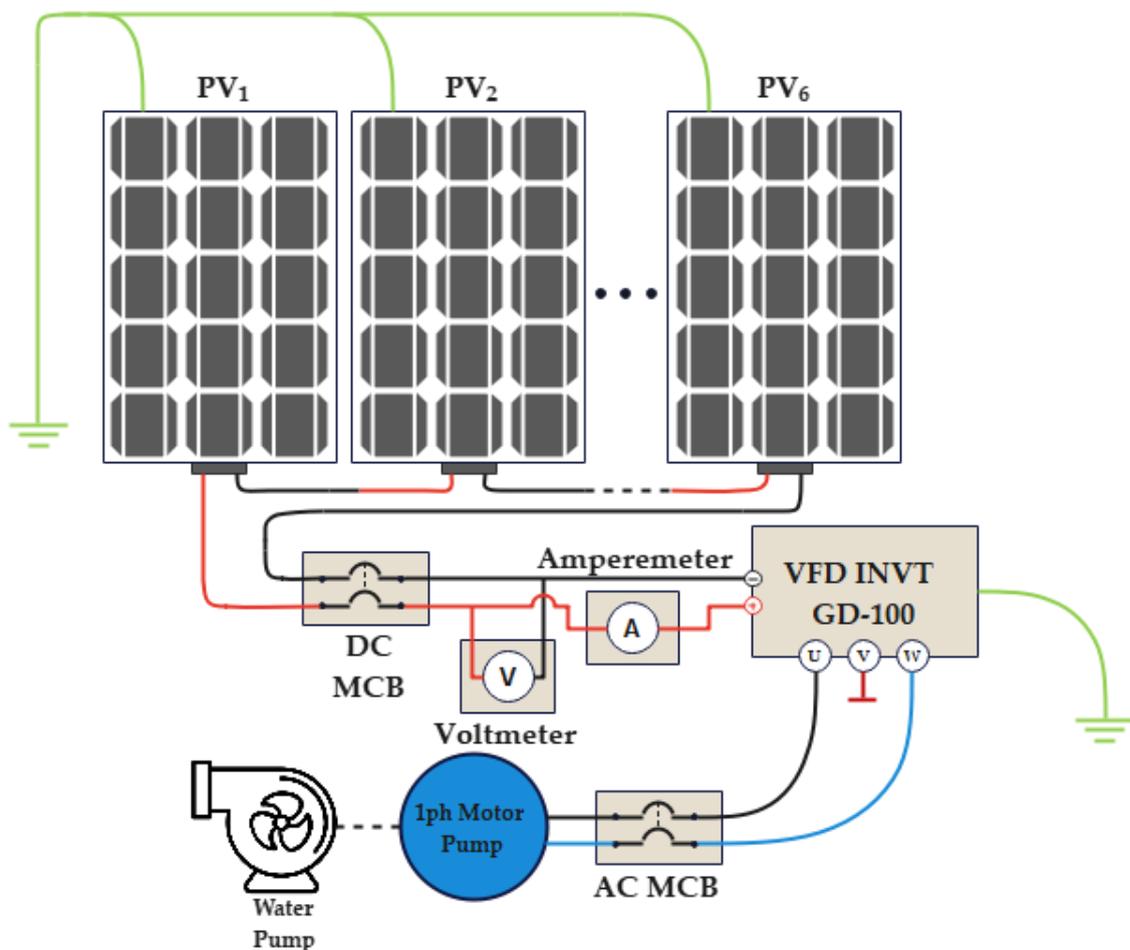
Pada sesi penyerahan juga diberikan tentang pengetahuan terkait potensi energi matahari sebagai sumber energi listrik yang ramah lingkungan serta pengenalan PLTS, cara pengoperasiannya dan perawatan yang disampaikan oleh anggota tim pengabdian, kegiatan pada sesi ini berjalan dengan lancar. Hal ini ditunjukkan dari keaktifan anggota tim pengabdian dan perwakilan kelompok tani dalam berdiskusi tentang teknologi PLTS.



**Gambar 3.** Penyerahan Perangkat Panel Surya

Setelah sesi penyerahan, kegiatan pengabdian dilanjutkan ke sesi pemasangan (instalasi) PLTS di area persawahan yang berada di lingkungan di Desa Bendosewu Talun Blitar. Pemasangan panel surya dikerjakan oleh anggota tim pengabdian. Sebelum dilakukannya proses pemasangan panel surya, tim pengabdian melakukan diskusi terlebih dahulu dengan perwakilan kelompok tani terkait lokasi yang cocok untuk pemasangan peralatan PLTS. Gambar 4 menunjukkan *wiring* diagram instalasi panel surya yang disepakati bersama dengan semua anggota tim pengabdian.

Pemanfaatan teknologi PLTS Off-Grid tanpa baterai untuk sistem irigasi persawahan di Desa Bendosewu Talun Blitar



Gambar 4. Wiring Diagram Instalasi PLTS

### Pemasangan Panel Surya

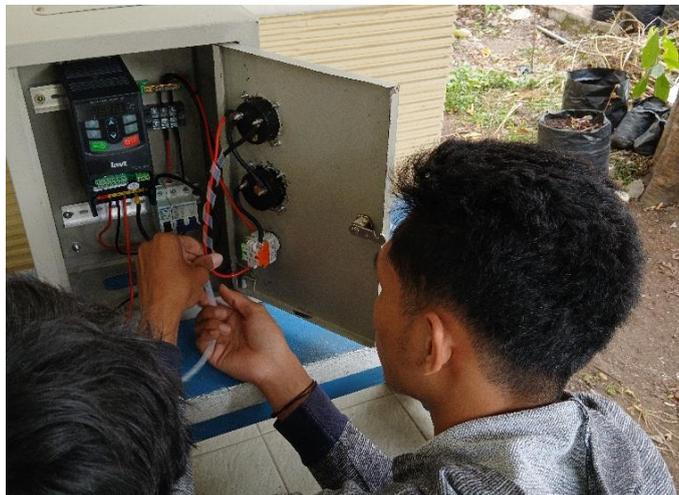
Panel surya yang dipasang merupakan enam buah panel surya berkapasitas 200Wp. Panel surya ini ditempatkan pada atap tandon dan gubuk. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan bahwa tempat ini merupakan tempat yang paling dekat dengan beban yang disuplai oleh panel surya dan dapat terkena langsung sinar matahari karena tidak terhalang pohon ataupun bangunan sekitar.

### Perakitan dan Pemasangan Control Box

Tahapan berikutnya adalah perakitan komponen pendukung panel surya yaitu inverter, MCB DC, MCB AC dan alat-alat proteksi yang berguna untuk melindungi panel surya dan peralatan dari kerusakan yang dapat ditimbulkan nantinya. Komponen-komponen tersebut dirakit pada satu box dan ditempatkan di dalam gubuk. Instalasi panel surya ini juga dilengkapi dengan sistem manual untuk pengoperasian panel agar nantinya jika diperlukan maka dapat diaktifkan secara manual. Adapun Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan realisasi perancangan PLTS.



**Gambar 5.** Pemasangan PLTS.



**Gambar 6.** Pemasangan Komponen-komponen Pendukung PLTS

### Uji Coba Panel Surya

Setelah seluruh instalasi panel surya selesai, berikutnya dilakukan uji coba untuk mengetahui instalasi tersebut berkerja dengan baik atau tidak. Hasil dari uji coba panel surya adalah sebagai berikut:

1. Panel surya dapat menghasilkan tegangan yang dibutuhkan dengan baik yang ditunjukan sebesar 220V.
2. Panel surya dapat menyalakan pompa air mulai pukul 7:30 WIB dengan kapasitas pompa 300W dan berhenti beroperasi jam 16:30 WIB.
3. Sistem pengaman yang dipasang pada control panel dapat berfungsi dengan baik ketika arus lebih atau kesalahan setting dalam inverter komponen pengaman berupa MCB mengalami trip.

Hasil uji coba ini menunjukkan bahwa perangkat panel surya yang terpasang dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

## SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini telah berhasil mengimplementasikan teknologi Smart PLTS Off-Grid untuk mengoptimalkan sistem irigasi di Desa Bendosewu, Kecamatan Talun, Kabupaten Blitar. Perangkat PLTS yang terpasang terdiri dari 6 panel surya berkapasitas 200Wp yang dirangkai seri sehingga menghasilkan 1200Wp, dilengkapi dengan control box yang berisi inverter hybrid serta MCB DC dan MCB AC.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa perangkat panel surya yang terpasang dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Panel surya dapat menghasilkan tegangan 220V yang dibutuhkan, mampu menyalakan pompa air dengan kapasitas 300W, serta sistem pengaman yang terpasang dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan ini juga memberikan pengetahuan dan pemahaman kepada perwakilan kelompok tani Tawang Makmur terkait potensi energi matahari sebagai sumber energi listrik yang ramah lingkungan serta cara pengoperasian dan perawatan PLTS.

Guna mendukung keberlanjutan dan pengembangan lebih lanjut, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan: 1). Perlu adanya pelatihan dan pendampingan secara berkala kepada kelompok tani Tawang Makmur terkait perawatan dan pemeliharaan sistem PLTS agar dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan; 2). Diperlukan adanya evaluasi berkala terhadap kinerja sistem PLTS untuk memastikan keberlanjutan sistem dan mengidentifikasi potensi pengembangan di masa depan; 3). Hasil kegiatan pengabdian ini dapat dijadikan sebagai model atau referensi bagi desa-desa lain yang menghadapi permasalahan serupa terkait irigasi pertanian, sehingga dapat diterapkan dan direplikasi di berbagai wilayah; 4). Perlu adanya dukungan dari pemerintah daerah dan pihak-pihak terkait lainnya untuk mendukung keberlanjutan dan pengembangan lebih lanjut dari teknologi PLTS ini di Desa Bendosewu dan desa-desa lainnya.

## DAFTAR RUJUKAN

- Abdelkareem, M. A., Ayoub, M., Khuri, S., Alami, A. H., Sayed, E. T., Deepa, T. D., & Olabi, A. G. (2023). Environmental aspects of batteries. *Sustainable Horizons*, 8, 100074. <https://doi.org/10.1016/j.horiz.2023.100074>
- Abdellahi, B., Mahmoud, M. E. M. M., Dah, N. O., Diakité, A., Hassen, A. E., & Ehssein, C. (2019). Monitoring the performances of a maximum power point tracking photovoltaic (MPPT PV) pumping system driven by a brushless direct current (BLDC) motor. *International Journal of Renewable Energy Development*, 8(2), 193–201. <https://doi.org/10.14710/ijred.8.2.193-201>
- Bolan, S., Padhye, L. P., Jasemizad, T., Govarthan, M., Karmegam, N., Wijesekara, H., Amarasiri, D., Hou, D., Zhou, P., Biswal, B. K., Balasubramanian, R., Wang, H., Siddique, K. H. M., Rinklebe, J., Kirkham, M. B., & Bolan, N. (2024). Impacts of climate change on the fate of contaminants through extreme weather events. *Science of The Total Environment*, 909, 168388. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168388>
- Chandel, S. S., Naik, M. N., & Chandel, R. (2017). Review of performance studies of direct coupled photovoltaic water pumping systems and case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 163–175. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.019>
- Hilali, A., Mardoude, Y., Essahlaoui, A., Rahali, A., & Ouanjli, N. E. (2022). Migration to solar water pump system: Environmental and economic benefits and their optimization using genetic algorithm Based MPPT. *Energy Reports*, 8, 10144–10153. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.08.017>
- Narayan, N., Papakosta, T., Vega-Garita, V., Qin, Z., Popovic-Gerber, J., Bauer, P., & Zeman, M. (2018). Estimating battery lifetimes in Solar Home System design using a practical modelling methodology. *Applied Energy*, 228, 1629–1639. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.06.152>
- OECD. (2024). *Towards Greener and More Inclusive Societies in Southeast Asia*. OECD. <https://doi.org/10.1787/294ce081-en>
- Peña-Torres, D., Boix, M., & Montastruc, L. (2022). Optimization approaches to design water-energy-food nexus: A literature review. *Computers & Chemical Engineering*, 167, 108025. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2022.108025>

- Rezk, H., Abdelkareem, M. A., & Ghenai, C. (2019). Performance evaluation and optimal design of stand-alone solar PV-battery system for irrigation in isolated regions: A case study in Al Minya (Egypt). *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 36, 100556. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.100556>
- Rosa, L., & Gabrielli, P. (2023). Achieving net-zero emissions in agriculture: A review. *Environmental Research Letters*, 18(6), 063002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acd5e8>
- Saha, S. K. (2025). Empowering rural South Asia: Off-grid solar PV, electricity accessibility, and sustainable agriculture. *Applied Energy*, 377, 124639. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124639>
- Silalahi, D. F., Blakers, A., Stocks, M., Lu, B., Cheng, C., & Hayes, L. (2021). Indonesia's Vast Solar Energy Potential. *Energies*, 14(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/en14175424>
- Singla, M. K., Gupta, J., Gupta, A., Safaraliev, M., Zeinoddini-Meymand, H., & Kumar, R. (2025). Empowering Rural Farming: Agrovoltaic Applications for Sustainable Agriculture. *Energy Science & Engineering*, 13(1), 35–59. <https://doi.org/10.1002/ese3.2017>
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., & Smith, J. (2007). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 789–813. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2184>
- Yafi, A. H., Surya, I. R. F., Adiatma, J. C., Mendrofa, M. J. S., Aji, P., Maswan, P., Wiranegara, D. R. Y., Sari, R. P., & Firdausi, S. N. (2024). *Peaking Indonesia's Energy Sector Emission by 2030: The Beginning or The End of Energy Transition Promise*.