

## EDUCATION AND IMPLEMENTATION OF SOLAR-POWERED ELECTRIC SPRAYERS FOR FARMERS TO SUPPORT RENEWABLE ENERGY IN PETUK LITI VILLAGE

### EDUKASI DAN IMPLEMENTASI SPRAYER ELEKTRIK TENAGA SURYA UNTUK PETANI DALAM MENDUKUNG ENERGI TERBARUKAN DI DESA PETUK LITI

Lola Cassiophea<sup>1</sup>, Tarita Aprilani Sitinjak<sup>2</sup>, Revianti Coenraad<sup>3</sup>, Whendy Trissan<sup>4</sup>, Wiratno Y Sigin<sup>5</sup>, Topan Eka Putra<sup>6</sup>, Tuah<sup>7</sup>, Danar Ariangga Windra Gautama<sup>8</sup>, Ni Putu Diah Agustin Permanasuri<sup>9</sup>, Mega Kurniawati<sup>10</sup>, Petrisly Perkasa<sup>11</sup>, Pitro<sup>12</sup>, Nor Hikmah Wati<sup>13</sup>

<sup>1)2)3)4)5)6)7)8)9)10)11)</sup> Dosen Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, FKIP UPR, Universitas Palangka Raya  
<sup>12)13)</sup> Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP Universitas Palangka Raya  
Jl. H. Timang Tunjung Nyaho Palangka Raya Kode Pos 73112

Email: [lola.cassiophea@ptb.upr.ac.id](mailto:lola.cassiophea@ptb.upr.ac.id)

#### ABSTRACT

Geographically, Petuk Liti Village is located within Pulang Pisau Regency and within the Kahayan Tengah District. This village also serves as a transportation hub between regencies, including Gunung Mas Regency, South Barito Regency, North Barito Regency, and Kapuas Regency. In agriculture, plantations, and fisheries, the residents of Petuk Liti Village primarily cultivate rubber, oil palm, and rattan trees. Manual spraying is still often carried out using conventional tools such as knapsack sprayers, which are manually operated or powered by fossil fuel engines. Besides being tiring, using these tools is inefficient in terms of time and energy, and contributes to carbon emissions that worsen environmental conditions (Putri & Santoso, 2020). With the increasing need for energy-efficient and environmentally friendly technology, an innovative solution is needed, namely the implementation of solar panel-based electric sprayers. Through an educational and applied approach, this community service is expected to improve farmers' skills and awareness of the importance of transitioning to green energy in daily agricultural production activities. The targeted outputs of this community service are the manufacture of electric sprayers and the publication of articles in SINTA-accredited journals and HKI.

**Keywords:** *Electric Sprayer, Petuk Liti, Wood Waste, Solar Panels*

#### ABSTRAK

Secara geografis Desa Petuk Liti masuk dalam wilayah Kabupaten Pulang Pisau dan berada di wilayah Kecamatan Kahayan Tengah. Desa ini juga merupakan jalur penghubung transportasi lalu lintas antar kabupaten, diantaranya: Kabupaten Gunung Mas, Kabupaten Barito Selatan, Kabupaten Barito Utara, dan Kabupaten Kapuas. Di bidang pertanian, perkebunan dan perikanan masyarakat Desa Petuk Liti lebih banyak menanam pohon karet, sawit dan rotan. Kegiatan penyemprotan secara manual masih banyak dilakukan dengan alat konvensional seperti *knapsack sprayer* yang digerakkan secara manual atau menggunakan motor berbahan bakar fosil. Selain melelahkan, penggunaan alat ini tidak efisien dari segi waktu dan tenaga, serta menyumbang emisi karbon yang memperburuk kondisi lingkungan (Putri & Santoso, 2020). Seiring meningkatnya kebutuhan akan teknologi yang hemat energi dan ramah lingkungan, maka diperlukan solusi inovatif berupa penerapan sprayer elektrik berbasis panel surya. Melalui pendekatan edukatif dan aplikatif, pengabdian ini diharapkan mampu meningkatkan keterampilan petani serta kesadaran terhadap pentingnya transisi menuju energi hijau dalam kegiatan produksi pertanian sehari-hari. Target luaran dari pengabdian ini adalah pembuatan sprayer elektrik dan publikasi artikel di jurnal terakreditasi SINTA serta HKI.

**Kata Kunci:** *Sprayer Elektrik, Petuk Liti, Limbah Kayu, Panel Surya*

#### PENDAHULUAN

Secara geografis Desa Petuk Liti masuk dalam wilayah Kabupaten Pulang Pisau dan berada di wilayah Kecamatan Kahayan Tengah. Desa ini juga merupakan jalur penghubung transportasi lalu lintas antar kabupaten, diantaranya: Kabupaten Gunung Mas, Kabupaten Barito Selatan, Kabupaten Barito Utara, dan Kabupaten Kapuas. Luas wilayah administrasi desa petuk sekitar 2000 ha yang

terkelola oleh masyarakat dari bidang perkebunan. Secara geografis wilayah Desa Petuk Liti masih luas untuk perkembangan dan perluasan desa karena wilayah Petuk Liti masuk area moratorium kehutanan karena meliputi hutan lindung, hutan konservasi, hutan kawasan satwa alam, dan hutan produksi berdasarkan peta Lampiran SK Menteri Kehutanan Tahun 2013 Nomor 292 tentang kawasan hutan.

Kegiatan penyemprotan secara manual masih banyak dilakukan dengan alat konvensional seperti *knapsack sprayer* yang digerakkan secara manual atau menggunakan motor berbahan bakar fosil. Selain melelahkan, penggunaan alat ini tidak efisien dari segi waktu dan tenaga, serta menyumbang emisi karbon yang memperburuk kondisi lingkungan (Putri & Santoso, 2020). Seiring meningkatnya kebutuhan akan teknologi yang hemat energi dan ramah lingkungan, maka diperlukan solusi inovatif berupa penerapan *sprayer* elektrik berbasis panel surya.

Teknologi ini memanfaatkan energi matahari sebagai sumber daya utama untuk mengisi ulang baterai alat semprot elektrik. Energi surya merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang paling potensial di Indonesia karena posisi geografisnya yang berada di garis khatulistiwa, dengan intensitas sinar matahari tinggi sepanjang tahun (Widodo & Sari, 2021). Dengan demikian, petani tidak hanya mendapatkan kemudahan dalam penggunaan alat, tetapi juga berkontribusi dalam upaya pemanfaatan energi bersih yang sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development Goals), khususnya tujuan ke-7 (Energi bersih dan terjangkau) dan tujuan ke-13 (Penanganan perubahan iklim) (United Nations, 2015).

Sebagai dosen pada bidang Pendidikan Teknik Bangunan, penting kiranya melakukan sinergi antara keilmuan teknik, inovasi teknologi terapan, dan pengabdian masyarakat melalui implementasi alat semprot elektrik tenaga surya. Pengembangan teknologi tepat guna seperti ini menjadi bagian dari peran aktif perguruan tinggi dalam menerapkan hasil riset dan pendidikan kepada masyarakat secara langsung (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2020).

Desa Petuk Liti dipilih sebagai lokasi kegiatan karena karakteristik masyarakatnya yang mayoritas berprofesi sebagai petani, namun masih terbatas dalam akses terhadap teknologi pertanian modern dan energi terbarukan. Melalui pendekatan edukatif dan aplikatif, pengabdian ini diharapkan mampu meningkatkan keterampilan petani serta kesadaran terhadap pentingnya transisi menuju energi hijau dalam kegiatan produksi pertanian sehari-hari.

## METODE PENELITIAN

Pengabdian kepada masyarakat ini menawarkan solusi teknologi tepat guna berupa alat semprot (*sprayer*) elektrik tenaga surya yang efisien, ramah lingkungan, dan mudah dioperasikan oleh petani. Solusi ini dilatarbelakangi oleh permasalahan di lapangan, yakni rendahnya efisiensi tenaga kerja pertanian dan ketergantungan terhadap alat semprot manual atau berbahan bakar fosil yang mahal dan mencemari lingkungan (Putri & Santoso, 2020).

Teknologi yang ditawarkan terdiri dari *sprayer* elektrik yang ditenagai baterai yang dapat diisi ulang (*rechargeable*) menggunakan panel surya. Alat ini mampu menggantikan metode penyemprotan konvensional dan secara signifikan mengurangi kelelahan kerja, mempercepat waktu semprot, serta mengurangi biaya operasional jangka panjang. Berdasarkan kajian sebelumnya, teknologi ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi waktu kerja hingga 30% dan mengurangi konsumsi bahan bakar (Rohmah & Fitria, 2019).

Selain implementasi teknis, kegiatan ini juga melibatkan edukasi dan pelatihan teknis bagi petani setempat mengenai:

1. Prinsip kerja energi surya.
2. Perakitan dan perawatan *sprayer* elektrik.
3. Teknik penyemprotan efektif dan hemat bahan.
4. Manajemen alat berbasis energi terbarukan.

Solusi ini tidak hanya bersifat aplikatif tetapi juga edukatif, karena mampu meningkatkan literasi teknologi dan energi hijau bagi masyarakat pedesaan. Dengan adanya pelatihan langsung, petani tidak hanya menjadi pengguna, tetapi juga memahami prinsip dasar pemeliharaan serta pengembangan alat secara mandiri. Ini sejalan dengan pendekatan *community-based empowerment*, di mana masyarakat menjadi subjek sekaligus mitra dalam pengembangan teknologi tepat guna (Sudarsono, 2020).

Kegiatan pengabdian dilaksanakan di Desa Petuk Liti Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. Waktu pelaksanaan pada bulan Juni sampai dengan bulan November 2025, dengan mitra kegiatan pengabdian ini adalah masyarakat serta kelompok masyarakat Desa Petuk Liti, Kabupaten Pulang Pisau. Berikut peta lokasi Desa Petuk Liti pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Lokasi Kegiatan Pengabdian di Desa Petuk Liti

Metode yang digunakan dalam kegiatan pengabdian ini adalah pendekatan partisipatif edukatif, yang mengedepankan keterlibatan aktif masyarakat sasaran (petani) dalam seluruh tahapan kegiatan, mulai dari perencanaan, pelatihan, hingga implementasi. Pendekatan ini dipilih agar transfer teknologi tidak hanya bersifat satu arah, tetapi juga mendorong pemahaman mendalam, rasa memiliki, dan keberlanjutan penggunaan alat yang diberikan (Sudarsono, 2020).

Pendekatan ini didukung dengan metode demonstratif dan praktik langsung, karena teknologi yang diperkenalkan bersifat aplikatif dan membutuhkan pelatihan teknis. Materi yang disampaikan disesuaikan dengan konteks lokal dan bahasa yang mudah dipahami oleh petani setempat, sehingga mempermudah proses internalisasi teknologi. Kegiatan akan dilaksanakan dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan
  - Survei awal ke lokasi untuk identifikasi kebutuhan petani terkait alat penyemprotan.
  - Koordinasi dengan aparat desa dan kelompok tani lokal.
  - Pembuatan dan perakitan sprayer elektrik tenaga surya.
  - Penyusunan materi edukasi dan modul pelatihan.
2. Tahap Sosialisasi dan Pelatihan
  - Sosialisasi umum mengenai urgensi energi terbarukan dan potensi penggunaan panel surya dalam pertanian.
  - Pelatihan teknis pengoperasian dan perawatan alat semprot elektrik berbasis tenaga surya.
  - Penyebaran modul dan buku panduan penggunaan alat.
3. Tahap Implementasi Lapangan
  - Demonstrasi langsung penggunaan alat di lahan pertanian milik petani.

- Monitoring penggunaan alat oleh petani selama beberapa kali masa penyemprotan.
  - Pendampingan teknis dan troubleshooting jika ditemukan kendala.
4. Tahap Evaluasi dan Tindak Lanjut
    - Evaluasi efektivitas pelatihan dan penggunaan alat melalui kuesioner dan diskusi kelompok.
    - Dokumentasi hasil kegiatan dalam bentuk laporan, artikel, dan video.
    - Penyerahan alat dan saran pengembangan program lanjutan bersama kelompok tani.

Ipteks yang ditransfer yakni teknologi ini memanfaatkan photovoltaic (PV) untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk mengoperasikan pompa sprayer. Panel surya dalam alat ini biasanya terdiri dari mono atau *polycrystalline solar cell* yang memiliki efisiensi konversi antara 15–22%. Hal ini memungkinkan penggunaan alat di lahan tanpa ketergantungan pada listrik PLN atau bahan bakar minyak.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode yang digunakan dalam kegiatan pengabdian ini adalah pendekatan partisipatif edukatif, yang mengedepankan keterlibatan aktif masyarakat sasaran (petani) dalam seluruh tahapan kegiatan, mulai dari perencanaan, pelatihan, hingga implementasi. Pendekatan ini dipilih agar transfer teknologi tidak hanya bersifat satu arah, tetapi juga mendorong pemahaman mendalam, rasa memiliki, dan keberlanjutan penggunaan alat yang diberikan (Sudarsono, 2020).

Pendekatan ini didukung dengan metode demonstratif dan praktik langsung, karena teknologi yang diperkenalkan bersifat aplikatif dan membutuhkan pelatihan teknis. Materi yang disampaikan disesuaikan dengan konteks lokal dan bahasa yang mudah dipahami oleh petani setempat, sehingga mempermudah proses internalisasi teknologi.



Gambar 2 Sprayer elektrik tenaga surya

Tim pelaksana PKM mempersiapkan bahan maupun materi yang digunakan untuk penerapan alat sprayer elektrik. Jenis peralatan yang disediakan untuk kegiatan

pengabdian ini adalah alat sprayer elektrik untuk pemupukan maupun penyiraman tanaman pertanian/perkebunan.



Gambar 2 Kegiatan pelaksanaan praktik langsung penggunaan sprayer elektrik tenaga surya

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui tingkat kepuasan dan kinerja sprayer elektrik tenaga surya berdasarkan penilaian 10 responden. Penilaian mencakup berbagai aspek penting seperti desain, berat alat, kapasitas tangki, daya semprot, lama pemakaian baterai,

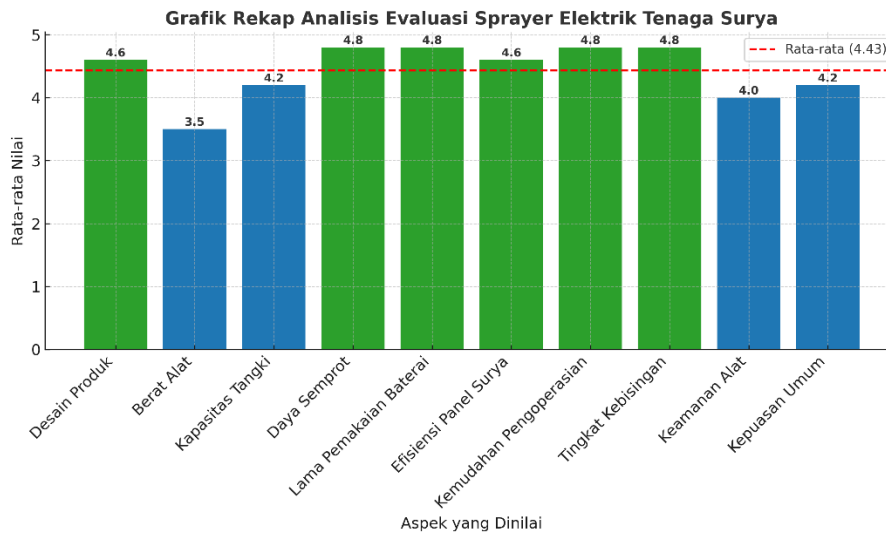
efisiensi panel surya, kemudahan pengoperasian, tingkat kebisingan, keamanan, serta kepuasan umum. Berdasarkan rekapitulasi, diperoleh hasil rata-rata pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Data rata-rata hasil penilaian setiap aspek sprayer elektrik tenaga surya

Aspek	Rata-rata	Kategori
Desain Produk	4.6	Sangat Baik
Berat Alat	3.5	Baik
Kapasitas Tangki	4.2	Baik
Daya Semprot	4.8	Sangat Baik
Lama Pemakaian Baterai	4.8	Sangat Baik
Efisiensi Panel Surya	4.6	Sangat Baik
Kemudahan Pengoperasian	4.8	Sangat Baik
Tingkat Kebisingan	4.8	Sangat Baik
Keamanan Alat	4.0	Baik
Kepuasan Umum	4.2	Baik

Pada Gambar 3 di bawah ini disajikan grafik rekap analisis dengan warna kategori (hijau= Sangat Baik, biru = Baik)





Gambar 3. Grafik rekap analisis evaluasi sprayer elektrik tenaga surya

1. Kinerja semprotan dan baterai unggul  
Aspek daya semprot dan lama pemakaian baterai mendapat nilai rata-rata tertinggi (4,8). Hal ini menunjukkan sprayer mampu menghasilkan tekanan semprotan yang kuat dan merata, serta daya tahan baterai yang sangat baik untuk mendukung operasional lapangan.
2. Desain dan kemudahan pengoperasian mendukung kepuasan pengguna  
Desain produk dinilai sangat ergonomis (4,6) dan mudah dioperasikan (4,8). Hal ini menjadi keunggulan penting karena memudahkan petani dalam penggunaan sehari-hari.
3. Panel surya efisien namun bergantung cuaca  
Efisiensi panel surya mendapatkan nilai 4,6 (sangat baik). Beberapa responden memberikan catatan bahwa performa optimal sangat bergantung pada ketersediaan sinar matahari.
4. Berat alat jadi kendala  
Aspek dengan nilai terendah adalah berat alat (3,5). Meskipun masuk kategori "Baik", sebagian besar responden merasa sprayer cukup berat ketika digunakan dalam waktu lama di lapangan.
5. Kepuasan umum tetap tinggi  
Rata-rata kepuasan umum mencapai 4,2, yang menandakan pengguna menilai sprayer inovatif, efektif, dan bermanfaat meskipun masih ada ruang untuk perbaikan.

Sprayer elektrik tenaga surya menunjukkan kinerja yang sangat baik terutama dalam hal daya semprot, daya tahan baterai, dan kemudahan pengoperasian. Namun, berat alat masih menjadi aspek yang perlu mendapat perhatian dalam pengembangan selanjutnya agar lebih nyaman digunakan. Beberapa hal yang harus diperbaiki

untuk efisiensi dan keefektifan sprayer elektrik adalah sebagai berikut :

1. Reduksi berat alat: Penggunaan material ringan namun kuat untuk menurunkan bobot tanpa mengurangi kapasitas tangki.
2. Optimalisasi panel surya: Penambahan sistem cut-off atau indikator pengisian agar lebih efisien dan adaptif terhadap kondisi cuaca.
3. Peningkatan keamanan: Perlu uji kebocoran dan proteksi tambahan pada instalasi listrik untuk meningkatkan rasa aman pengguna.

#### KESIMPULAN

1. Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) di Desa Petuk Liti telah berhasil mengimplementasikan sprayer elektrik tenaga surya sebagai teknologi tepat guna untuk mendukung kegiatan pertanian. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa alat ini memiliki kinerja sangat baik terutama pada aspek daya semprot, daya tahan baterai, kemudahan pengoperasian, serta efisiensi panel surya. Kendati demikian, berat alat masih menjadi catatan penting untuk perbaikan pada tahap pengembangan berikutnya.
2. Selain menghasilkan prototipe yang fungsional, kegiatan ini juga memberikan dampak positif berupa peningkatan pemahaman dan keterampilan petani dalam memanfaatkan inovasi teknologi ramah lingkungan. Dengan demikian, PKM ini tidak hanya menjawab kebutuhan praktis petani, tetapi juga mendorong kesadaran masyarakat terhadap transisi menuju energi hijau.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bousselham, A., et al. (2022). Renewable energy in agriculture: Solar-powered irrigation and spraying

- systems. *Renewable Energy*, 182, 471–482. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.116>
- Jain, P., et al. (2019). Economic viability of solar-powered agricultural sprayers in rural India. *Agricultural Economics Research Review*, 32(1), 55–62. <https://doi.org/10.5958/0974-0279.2019.00004.2>
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2020). *Panduan Umum Pengabdian kepada Masyarakat Perguruan Tinggi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Nassar, A. et al. (2020). Recent advancements of battery storage technologies for solar applications. *Energy Storage*, 2(1), e126. <https://doi.org/10.1002/est.126>
- Patrisia Y, Coenraad R, Inderawan NA, & Elidad E (2020) Mechanical properties of fly ash-based geopolymers concrete using variation in maximum size of coarse aggregate. *Journal of Physics: Conference Series*, 1469(1): 012025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1469/1/012025>
- Patrisia Y, Murwantini S (2013). Influence of Ulin Wood Grain Usage as Fiber Material on Concrete Compressive and Tensile Strength. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 1 (1):11-20.
- Patrisia Y, Cassiophea L (2013). Pemanfaatan Serbuk Kayu Benuas Sisa Industri Penggergajian Sebagai Bahan Pembuatan Paving Block. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 1 (2): 50-61
- Patrisia Y, Coenraad R (2014). Mathematic Modelling of Concrete Pump Productivity on the Concrete Work of Construction Project in Palangka Raya. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 2 (2), 12-22.
- Patrisia Y, Coenraad R (2016). Modeling Materials Price For Building Material In Palangka Raya. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 4 (2):11-20.
- Patrisia Y, Coenraad R (2017). Pls Model for the Price Approach of Concrete Sand Material. *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 5(1): 36-40.
- Patrisia Y, Law DW, Gunasekara C, & Wardhono A (2022). Fly ash geopolymer concrete durability to sulphate, acid and peat attack. *MATEC Web Conf.* 364 02003. DOI: 10.1051/mateconf/202236402003.
- Patrisia Y, Gunasekara C, Law DW, Loh T, Nguyen KTQ, & Setunge S (2024) Optimizing engineering potential in sustainable structural concrete brick utilizing pond ash and unwashed recycled glass sand integration. *Case Studies in Construction Materials*, 21: e03816. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03816>.
- Patrisia, Y., Gunasekara, C., Setunge, S., Mendis, P., & Nanayakkara, O. (2025). Multi-perspective evaluation of waste-derived cellulose fiber concrete: engineering performance, microstructure and sustainability. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/23789689.2025.2561203>
- Patrisia, Y., Gunasekara, C., Law, D.W., Loh, T., Nguyen, K., Setunge, S., & So, T.S. (2025) Advanced manufacturing of waste-integrated concrete roof tiles: Scaling up to TRL 6. *Sustainable Materials and Technologies*, 45: e01461. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2025.e01461>.
- Patrisia, Y., Gunasekara, C., Law, D.W., Setunge, S., & Kaminsky, B. (2025b) Engineering and thermo-acoustic insulation performance of recycled waste concrete composites. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*: 1-19. <https://doi.org/10.1080/21650373.2025.2533996>.
- Peiris, D., Gunasekara, C., Law, D.W., Patrisia, Y., Tam, V.W.Y., & Setunge, S. (2025) Impact of treatment methods on recycled concrete aggregate performance: a comprehensive review. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-36497-y>.
- Putri, D. N., & Santoso, H. (2020). Analisis Efisiensi Alat Semprot Tenaga Surya dalam Penerapan Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, 9(2), 115–122.
- Patel, N., & Kumar, P. (2017). Development of ergonomically designed sprayers for smallholder farmers. *International Journal of Agricultural Engineering*, 10(1), 70–75. <https://doi.org/10.15740/HAS/IJAE/10.1/70-75>
- Rohmah, M., & Fitria, D. (2019). Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna dalam Meningkatkan Produktivitas Pertanian. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Madani*, 3(1), 47–56.
- Shukla, A.K., Sudhakar, K., & Baredar, P. (2016). Recent advancements in solar photovoltaic technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 63, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.050>
- Sudarsono, A. (2020). Peran Perguruan Tinggi dalam Penerapan Teknologi Ramah Lingkungan kepada Masyarakat. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Teknik*, 5(1), 22–30.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Retrieved from <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Widodo, T. S., & Sari, R. A. (2021). Potensi Energi Surya di Indonesia sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(1), 73–81.
- Yuan, Y., et al. (2019). Review of micro-pump technologies and applications in agriculture. *Biosystems Engineering*, 181, 26–41. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.02.007>
- Zhang, Q., et al. (2021). Recent advances in precision spraying technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 182, 106031. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106031>