

Pemanfaatan Panel Surya Untuk Pompa Irigasi Tanaman di Area Perhutani Jatirejo Cepu

Asepta Surya Wardhana¹, Ayende², Pujiyanto³, Roni Heru Triyanto⁴, Astrie Kusuma Dewi⁵
^{1,2,3,4,5}Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu, Blora, Jawa Tengah
Email: aseptasw@esdm.go.id

Abstract

Indonesia is an agricultural country with a broad forest area with agricultural areas everywhere and evenly distributed. The Cepu Subdistrict area has fairly broad and has not been fully utilized maximally. The main priority faced by consistent water needs to maintain soil fertility. Solution This need is needed a good irrigation system during the dry season. Conventionally the use of diesel water pumps with fuel for agricultural irrigation systems is needed expensive and ineffective. The utilization of solar power for water pumps is one of the alternatives to reliable, efficient, effective, and efficient solutions to keep the irrigation system running well during the dry season. This service has successfully implemented the use of solar panels of 200WP to run a submersible pump with a depth of ± 4 meters infiltration well. This applied technology uses a timer automation system that runs pump performance during the day. For irrigation systems, implement an automation system in water with 2: 1 where 2 hours of watering and 1-hour filling water reservoir. This application can improve the planting results from farmers around Perhutani land. The land that is originally difficult with water will guarantee the water needs during the dry period.

Keywords: Irrigation, Solar Panels, Water, Forestry Service.

Abstrak

Indonesia merupakan negara agraris yang mempunyai wilayah hutan yang luas dengan daerah pertanian yang berada dimana-mana dan merata. Daerah kecamatan Cepu mempunyai lahan kelola perhutani yang cukup luas dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Prioritas utama yang dihadapi kebutuhan air yang konsisten untuk menjaga kesuburan tanah. Solusi kebutuhan ini dibutuhkan sistem irigasi yang baik saat terjadi musim kemarau. Secara konvensional penggunaan diesel pompa air dengan bahan bakar minyak untuk sistem irigasi pertanian diperlukan biaya mahal dan tidak efektif. Pemanfaatan tenaga surya untuk pompa air merupakan salah satu alternatif solusi yang handal, hemat, efektif dan efisien untuk menjaga sistem irigasi tetap berjalan dengan baik saat musim kemarau. Pada pengabdian ini telah berhasil diimplementasikan penggunaan Panel Surya sebesar 200Wp untuk menjalankan pompa submersible dengan kedalaman sumur resapan ± 4 meter. Teknologi terapan ini menggunakan sistem otomasi timer yang menjalankan kinerja pompa pada saat siang hari. Untuk sistem irigasi juga menerapkan sistem otomasi dalam penyiraman dengan waktu 2:1 dimana 2 jam penyiraman dan 1 jam pengisian air tandon. Hasil dari penerapan ini dapat meningkatkan hasil tanam dari petani disekitar lahan Perhutani. Lahan yang semula sulit air akan terjamin kebutuhan airnya selama masa kemarau.

Kata Kunci: Irigasi, Panel Surya, Air, Perhutani.

A. PENDAHULUAN

Energi matahari adalah salah satu sumber energi alternatif yang memiliki potensi besar di negara ini. Setiap tahun, matahari memiliki kemampuan untuk memancarkan energi senilai 745.000 triliun kWh ke bumi ini. (Apribowo et al., 2015). Didukung oleh lokasi geografis Indonesia di zona ekuatorial yang sangat prospektif, intensitas radiasi matahari yang tersedia dapat digunakan menyebar secara merata sepanjang tahun.

Sumber energi surya di Indonesia memiliki intensitas rata-rata sekitar 4.5-4.8 kWh/m²/hari, menurut data iradiasi yang diperoleh dari 18 lokasi di Indonesia (Priatam et al., 2021). Dari potensi tersebut energi

matahari sangat menguntungkan dalam pemanfaatan sebagai energi alternatif yang sangat mudah digunakan oleh manusia (Faanzir et al., 2017). Energi matahari merupakan energi ramah lingkungan dan bebas polusi. Aplikasi tenaga matahari panel surya juga diaplikasikan dalam berbagai implementasi pengawetan ikan (Suprpto et al., 2016) dan bilik penyemprotan dalam penanggulangan Covid-19 di lokasi yang tidak terjangkau (Dewi et al., 2021). Salah satu pemanfaatan energi matahari yang terkait pertanian sebagai pembangkit listrik untuk penggerak pompa air (Apribowo et al., 2015) dan irigasi sawah (Pratilastiarso et al., 2021). Pemecahan permasalahan irigasi pertanian di Desa Parungsari Lebak Banten telah memberikan rekomendasi solusi (Ibrani et al., 2023).

Kecamatan Cepu Blora merupakan daerah penghasil minyak bumi yang cukup besar, dimana kondisi lingkungan yang cukup panas dan adanya daerah tertentu yang kekurangan air merupakan salah satu kendala setiap harinya. Tuntutan air bagi petani sangat penting karena kebutuhan untuk menyediakan pompa air di setiap lokasi. Permasalahan utama dalam pemasangan pompa air berupa energi listrik yang sebagai sumber penggerak. Jaringan listrik di Wilayah Perhutani Cepu sangat jauh dengan pemukiman sehingga akan menimbulkan biaya besar jika dilakukan pengadaan distribusi listrik. Kendala apabila dilakukan distribusi jaringan listrik pada area hutan, mempunyai banyak resiko berupa :

- a. Jaringan kabel kemungkinan terputus ditengah jalan.
- b. Gangguan hewan liar di hutan.
- c. Resiko drop tegangan
- d. Resiko bahaya tersengat jika kabel terkelupas
- e. Rugi-rugi daya dari jarak jauh dan ukuran kabel.

Mengatasi pengurangan tegangan yang terjadi akibat jarak yang cukup jauh dengan berbagai metode yang tersedia dengan penempatan panel surya (Sulistiyowati et al., 2016). Penelitian terkait pengaruh instalasi pembangkit *photovoltaic* (PV) ke kualitas daya pada jaringan distribusi membutuhkan teknologi dan konfigurasi yang kompleks (Amirullah et al., 2015). Efisiensi penggunaan diesel dengan penetrasi panel surya diterapkan pada daerah remote area (Muhtadi et al., 2019). Penelitian lain bahwa alat penyiram tanaman otomatis berdasarkan kelembaban tanah sangat penting untuk memudahkan Masyarakat (Prawiroredjo et al., 2023).

Berdasarkan permasalahan di masyarakat, maka di rapatkan terkait implementasi pengabdian masyarakat tentang pemanfaatan sumber energi matahari dengan panel surya untuk pompanisasi air untuk irigasi pertanian di wilayah Perhutani Cepu seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Rapat Koordinasi dengan Perhutani, Dinas Lingkungan dan LMDH

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan listrik untuk pompa yaitu memasang sumber energi secara langsung dan dekat dengan beban. Tahap pemilihan lokasi di Perhutani Cepu berdasarkan kebutuhan dari Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMHD) yang dikoordinasikan dengan Dinas Kehutanan di Wilayah Jawa Tengah dan tim Pengabdian Masyarakat Politeknik Energi dan Mineral PEM Akamigas Cepu Blora.

Lokasi merupakan wilayah yang dikelola oleh Perhutani Cepu yang dimanfaatkan oleh LMDH sebagai untuk berkebun dan bertani. Beberapa tanaman dikembangkan seperti jagung, umbi-umbian dan tanaman herbal lain. Lokasi yang sulit dijangkau menyebabkan pemanfaatan lahan ini tidak terjangkau karena akses dan sumber listrik yang tidak ada seperti pada gambar 2. Hasil koordinasi dengan pihak terkait maka ditetapkan lokasi pengabdian masyarakat di Desa Sumber Agung, Jatirejo, Karangboyo, Kecamatan Cepu pada Lat. S -7 7° 4" dan Long. E 111° 34"''.



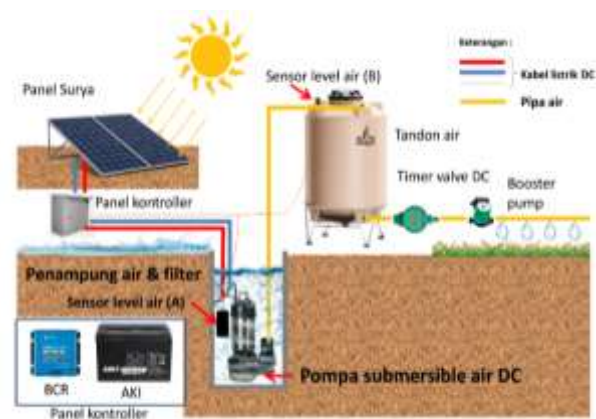
Gambar 2. Lahan Perhutani Cepu

Tujuan dari pengabdian ini adalah mengoptimalkan lahan yang belum dimanfaatkan dengan penggunaan energi ramah lingkungan sel surya dan memberdayakan LMDH untuk meningkatkan potensi sumber daya alam untuk pemenuhan kehidupan keseharian. Dengan adanya pompanisasi dan irigasi ini diharapkan kendala di musim kemarau di daerah Cepu dapat diminimalkan sehingga masyarakat tetap dapat beraktifitas berkebun dan bertani.

B. PELAKSAAN DAN METODE

Pengabdian masyarakat ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai Oktober dengan lokasi yang disurvei sesuai dengan kebutuhan dari masyarakat. Dalam pelaksanaan lapangan, masyarakat diberikan sosialisasi dan mengaplikasikan dengan cara penggunaan dengan bantuan instruktur. Sehingga masyarakat dapat memahami bagaimana fungsi dan manfaat yang dihasilkan dari sistem irigasi tenaga surya ini. Berikut ini rancangan yang akan digunakan dalam sistem irigasi tenaga surya.

2.1 Rancangan Sistem Pompa Irigasi Berbasis Tenaga Surya



Gambar 3. Rancangan Sistem Instalasi Irigasi Tenaga Surya

Rancangan pada gambar 3 berupa sistem pompa irigasi berbasis sel surya yang memanfaatkan pengontrol tegangan yang melindungi dan mengotomatiskan pengisian baterai. Ini berupaya mengoptimalkan sistem dan mempertahankan masa pakai baterai dapat maksimum. Tanpa fungsi pengatur antara panel surya dan baterai, panel akan mengisi baterai pada tegangan yang lebih tinggi daripada yang dapat ditangani oleh baterai, menyebabkan kerusakan pada sel baterai. Baterai controller seperti MPPT merupakan titik optimal dari perbandingan nilai maksimal dari tegangan dan arus untuk mendapatkan daya terbaik (Wardhana, 2014).

Pada malam hari, panel surya tidak menghasilkan arus sehingga agar baterai tidak menyuplai ke panel surya maka pada *charge controller* yang menahan arus balik untuk masuk ke panel surya sehingga dapat merusak panel surya. *Pump Controller* dihubungkan ke baterai begitu pula *pressure switch*. *Pump set* berfungsi

untuk mengambil air dari sumber kemudian diteruskan ke penampungan *watering tank* yang dimana dibantu dengan *pressure tank* agar air dapat dialirkan ke *watering tank*.

Dari tandon penampungan air akan dialirkan ke berbagai arah sampai mejangkau dari kapasitas kemampuan awal tekanan dari ketinggian tandon. Untuk menjaga kestabilan air maka ditambahkan *booster* air sebagai pendorong sehingga air yang disemprotkan dapat optimal. Pada setiap pipa diberikan *timer valve* dimana menjaga waktu penyiraman dan kebutuhan menyiram dari setiap tanaman. Pemanfaatan air dapat juga digunakan untuk kolam ikan dan kebutuhan air minum untuk masyarakat sekitar.

Jenis *Solar cell* yang digunakan dalam pengabdian masyarakat ini menggunakan panel Surya berjenis Monocrystalline yang memiliki tingkat efisiensi tertinggi pada 15-20%. Karena keluaran dari panel surya dipengaruhi kondisi lingkungan maka tegangan tidak stabil (konstan) sehingga regulator tegangan sebagai penyetabil tegangan agar motor DC mendapatkan tegangan yang konstan sehingga dapat bekerja optimal. Antisipasi kondisi yang tidak menentu maka cadangan energi pada saat cuaca mendung sangat diperlukan sehingga menggunakan baterai 12V 100Ah sebagai penyimpanan. Untuk menjaga level tandon dan pengoperasian pompa DC maka digunakan pelampung relay sebagai penghubung dan pemutus tegangan motor DC. Pada sistem pengendalian beban dipasang sebuah *timer* yang mengatur batas mulai dan berakhir dari pengisian air sehingga pada malam hari motor DC akan berhenti. Kondisi ini bertujuan menjaga kondisi tanaman dan kapasitas baterai agar tetap optimal.

2.2 Rancangan Sistem Pembangkit Listrik



Gambar 4. Rancangan Posisi Panel Surya dan Tandon Air

Pada gambar 4 ditunjukkan rancangan penempatan panel surya, tandon air dan panel listrik. Rancangan rangka pondasi mempunyai dimensi sebagai berikut :

- A = 4 meter
- B = 2 meter
- C = 2.5 meter
- D = 2.5 meter
- E = 2 meter

Sistem pembangkit listrik tenaga surya merupakan peralatan utama dari penyedia listrik sehingga diperlukan kapasitas yang sesuai dengan kebutuhan beban yaitu motor pompa air. Kapasitas daya total terpasang panel surya sebesar 200 Wp dengan masing-masing panel surya mempunyai daya 100 Wp sehingga dibutuhkan 2 buah panel. Kemampuan panel surya ini untuk mensuplai pompa air sebesar 180 Watt dan pompa *booster* 50 Watt.

Posisi penempatan panel surya di atas tandon supaya matahari dapat secara penuh menyinari sel surya tanpa terkena bayangan. Permasalahan bayangan pada panel surya dapat mengakibatkan tegangan jatuh sehingga menyebabkan kekurangan daya dan pada jangka lama merusak sel surya (Sujono et al., 2019).

Pemasangan dan instalasi kelistrikan dari panel surya ke beban disesuaikan dengan kemampuan dari kapasitas daya yang dihasilkan dari sel surya. Keluaran panel surya masuk ke inputan kontroler pengisian yang mengolah kapasitas tegangan dan arus kemudian diteruskan ke baterai sehingga tidak berlebih. Hubungan ini harus sesuai dengan kaidah positif dan negatif dari input dan output karena berupa tegangan DC. Hasil dari baterai kembali diinputkan ke baterai kontroller untuk di salurkan ke beban. Jika beban berupa motor pompa DC maka hubungan instalasi langsung ke masukkan pompa. Apabila dibutuhkan untuk sensor dan penjernih air maka keluaran dari baterai dirubah menjadi tegangan AC menggunakan inverter. Hubungan instalasi kelistrikan diamankan dengan proteksi berupa MCB dan kontaktor sehingga memudahkan dalam pengoperasian dan perawatan. Untuk keamanan jalur kelistrikan seluruh terminal, proteksi dan lainnya di masukkan dalam panel box.

2.3 Lokasi Pengabdian Masyarakat

Pemilihan lokasi untuk irigasi berdasarkan dari pertimbangan dinas Perhutani Cepu dan lingkungan hidup. Bahwa di daerah Jatirejo resapan air yang pada musim kemarau masih terdapat aliran airnya seperti gambar 5. Disamping itu banyak lahan yang kering dan tidak produktif disekitar aliran resapan sungai tersebut. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dinas perhutani menyarankan untuk dapat dilakukan pemanfaatan resapan air untuk irigasi dengan memanfaatkan tenaga surya. Hal ini disebabkan lokasi perhutani yang jauh dari jaringan listrik PLN sehingga dapat membuat energi alternatif sebagai sumber daya listrik untuk memompa air.



Gambar 5. Sumber Resapan Air

Dalam tahap perencanaan dan pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat membentuk tim yang dibagi dalam tiga kelompok yaitu Teknik listrik, Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan. Dalam kegiatan ini dilibatkan akademisi, praktisi, masyarakat, pemangku kepentingan dan mahasiswa sehingga dapat menampung aspirasi dan kebutuhan untuk pemenuhan target capaian pengabdian.



Gambar 6. Survei Lokasi Tim PEM Akamigas dan Perhutani

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tahap Sosialisasi

Pada tahap ini dilakukan sosialisasi ke warga sekitar Perhutani melalui LMDH bahwa adanya kegiatan pengabdian masyarakat di wilayah mereka. Harapannya dengan kegiatan ini masyarakat dapat partisipasi untuk pemanfaatan lahan. Masyarakat membantu dalam pembukaan lahan dengan menyiapkan lokasi serta akses menuju titik pembangunan seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Pembukaan Lahan dan Akses Lokasi

3.2 Tahap Proses Pembuatan Sumur

Pembuatan sumur bertujuan menampung air resapan sehingga diperoleh kedalaman air yang sesuai dengan kebutuhan dari pompa *submersible*. Pada gambar 8 ditunjukkan lokasi dan tahap proses pembuatan sumur.



Gambar 8. Proses Pembuatan Sumur Resapan

Dalam pembuatan sumur digunakan metode penggalian dengan diameter lubang 1 meter dengan ketinggian 40 cm untuk setiap doker beton. Penggalian yang dilakukan dengan kedalaman 3.5 meter sehingga membutuhkan 9 doker dan 1 doker sebagai penahan air pada mulut sumur. Tahap berikutnya mengalirkan air resapan ke sumur penampung dengan membuat parit.

3.3 Tahap Proses Pembuatan Rangka

Tahap berikutnya pembuatan rangka tanda dengan menggunakan besi dengan ketinggian 4 meter seperti pada gambar 3.2. Ketinggian tandon 2 meter dan panel surya 4 meter. Hal ini menjaga kemungkinan banjir dan memungkinkan air dapat mengalir dengan gaya gravitasi.



Gambar 9. Pemasangan Rangka Tandon dan Panel Surya

3.4 Tahap Proses Pengujian Panel Surya

Tahap pengujian tegangan dan arus pada Panel Surya yang akan dipasang untuk menyakinkan bahwa sistem telah bekerja sesuai spesifikasi. Pada proses ini pengukuran disesuaikan dengan spesifikasi dari panel surya sehingga menunjukkan validasi yang tepat. Pengabdian masyarakat ini melibatkan beberapa dosen Teknik Instrumentasi Kilang dan Mahasiswa Tingkat 2 Teknik Instrumentasi Kilang seperti pada gambar 3.3.



Gambar 10. Pengujian Panel Surya

Hasil pengujian diperoleh data tegangan Open Circuit (V_{oc}) 20.3V dan arus Short Circuit (I_{sc}) : 5.34A. Hasil ini telah sesuai dengan spesifikasi panel surya 100 Watt (Wardhana, 2014). Pada tahap ini juga dilakukan pengujian terhadap energi yang masuk pada Aki sehingga diperoleh kemampuan mengisi yang optimal. Pada gambar 11 dilakukan instalasi baterai controller dan *timer* sebagai pengendalian energi yang masuk ke Aki.



Gambar 11. Instalasi Listrik pada Panel

3.5 Tahap Proses Instalasi Panel Surya

Setelah sistem kelistrikan telah diperiksa maka tahap berikutnya memasang panel surya ke rangka. Panel surya yang dipasang berjumlah 2 dengan kapasitas 200Wp. Rangkaian panel surya dipasang secara paralel dengan mempertahankan tegangan 13.8 Volt. Untuk menjaga kehandalan panel surya pengabdian masyarakat dapat juga dikembangkan ke monitoring secara *real time* (Setiawan et al., 2021).

Panel surya yang telah terpasang kemudian dilakukan instalasi ke dalam boks panel listrik seperti pada gambar 12. Sebagai pengamanan tegangan maka kabel panel surya yang telah ada aliran listrik diberi isolasi pengaman sehingga tidak menyengat dan mengamankan yang memasang. Pompa yang telah dimasukkan ke dalam sumur juga dipasangkan ke panel listrik sehingga dapat dilakukan pengujian dalam mengangkat air.



Gambar 12. Instalasi Kontroler oleh Mahasiswa

3.6 Tahap Proses Pengujian Pompa Air

Instalasi kelistrikan dan panel surya yang telah terpasang sudah dapat memompa air dari dalam sumur. Pada pengujian ini telah berhasil mengangkat air dari dalam sumur dengan kemampuan dorong sampai 12 meter. Pengujian ini dilakukan pada kondisi air sumur masih terdapat sedikit air sehingga pompa belum maksimal seperti gambar 13.



Gambar 13. Pengujian Pompa

3.7 Tahap Proses Pengujian Sistem Irigasi

Tahap akhir dari pengabdian ini yaitu menguji air apakah dapat mengalir di sistem irigasi yang telah terpasang atau belum. Pemasangan kincir air sebanyak 6 buah pada tiap baris dengan jarak 2 meter. Aliran air dapat mendorong 3 baris saluran pipa dengan baik dengan total keseluruhan pipa 48 meter. Pada sistem irigasi ini digunakan timer dan pompa booster sebagai pendorong air seperti gambar 14. Hal ini juga dilakukan pada kegiatan sosialisasi mesin pompa air tenaga surya untuk sistem irigasi pertanian Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (Syahid Muhammad dkk, 2022).



Gambar 14. Instalasi Timer dan Pompa Air

Tahap akhir dilakukan pengujian pada jalur irigasi secara langsung dengan menghidupkan semua kran. Hasil dari pengujian diperoleh sangat memuaskan dimana air dapat keluar disetiap instalasi air seperti gambar 15. Penyuluhan dilakukan agar masyarakat dapat memahami cara kerja alat dan bagaimana melakukan perawatan sistem irigasi dengan benar. Panel surya merupakan perangkat yang sangat vital karena mensuplai energi sehingga perlu perlakuan khusus sehingga dapat digunakan dalam jangka panjang (Suwarta et al., 2021).



Gambar 15. Pengujian Saluran Irigasi

3.8 Tahap Serah Terima

Tahap ini merupakan penyerahan peralatan sistem irigasi pemanfaatan panel surya yang telah di uji dan siap digunakan oleh masyarakat. Ucapan terima kasih dari masyarakat bahwa kegiatan sangat berguna bagi mereka untuk bercocok tanam dan harapannya ini merupakan upaya awal dalam peningkatan potensi lahan untuk menjadikan kemandirian desa.



Gambar 16. Serah Terima Peralatan ke LMDH.

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa dari sistem yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan. Penggunaan energi terbarukan berbasis panel surya sangat efektif untuk menghasilkan listrik. Pemakaian panel surya 200Wp dapat mensuply daya ke motor pompa 180 watt. Pompa 180 watt dapat mendorong air dengan ketinggian 7 meter dengan baik. Penggunaan baterai sangat efektif mengatasi kondisi cuaca yang berawan sehingga pompa tetap dapat bekerja. Lahan yang tidak produktif dapat ditanami dan dilakukan irigasi secara baik. Masyarakat dari LMDH merasa terbantu dengan adanya irigasi air sehingga dapat meningkatkan produktifitas. Pengembangan sistem irigasi dapat dilakukan dengan penambahan panel surya dan kapasitas baterai.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Amirullah, Penangsang, O., Soeprijanto, A., 2015. Effect of installation of photovoltaic (PV) generation to power quality in industrial and residential customers distribution network. 2015 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications, ISITIA 2015 - Proceeding 193–200.
- Apribowo, C.H.B., Teguh, E., Anwar, M., 2015. Prototype Sistem Pompa Air Tenaga Surya untuk Meningkatkan Produktivitas Hasil Pertanian. Jurnal Abdimas 21, 97–102.
- Dewi, A.K., Yudha, I.K., Pratama, A., Wardhana, A.S., 2021. Autonomous sprayer menggunakan tenaga surya. In: Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Dan Mineral. pp. 23–28.
- Faanzir, Soedibyo, Ashari, M., 2017. Optimum sizing of marine current/PV/battery hybrid power system for isolated island minigrid. In: Proceedings - 2017 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication: Empowering Technology for a Better Human Life, ISemantic 2017. pp. 233–237.
- Ibrani, E.Y., Haniyah, H., Setyohadi, S., Handayani, Y.D., 2023. Mengurai Permasalahan pada Irigasi Pertanian di Desa Parungsari Kecamatan Wanasalam - Lebak Banten. Jurnal PkM (Pengabdian kepada Masyarakat) 6, 355.
- Muhtadi, M.Z.Z., Soedibyo, S., Ashari, M., 2019. Penetration of Photovoltaic–Synchronous Diesel Generator Systems without Storage for Isolated Area. In: 2019 International Conference on Computer Science Information Technology and Electrical Engineering (ICOMITEE). pp. 227–231.
- Pratilastiarso, J., Diana, L., Tridianto, E., Safitra, A.G., 2021. Pemasangan Smart Solar Water Pump Sebagai Alat Irigasi Sawah Di Desa Gayam Kabupaten Bojonegoro. Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat 27, 21.
- Prawiroredjo, K., Julian, E.S., Deiny, M., Azmi, N., Zulfikar, 2023. Penyuluhan dan Demonstrasi Alat Penyiram Tanaman Otomatis dengan Teknologi Pertanian Pintar Bagi UMKM Bidang Pertanian. Jurnal Bakti Masyarakat Indonesia 6, 65–74.
- Priatam, P.P.T.D., Zambak, M.F., Suwarno, S., Harahap, P., 2021. Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro 4, 48–54.
- Setiawan, M.T., Winarno, I., Dewantara, B.Y., Elektro, P.T., Hang, U., Surabaya, T., 2021. Implementasi Internet Of Things Dalam Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Solar Cell Berbasis Web. Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM) 3, 1–5.
- Sujono, H.A., Ariadi, Sulistyowati, R., Suryoatmojo, H., 2019. Static Photovoltaic Array Partially Shaded Condition with Boost Converter Using Perturb & Observe Algorithm. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 462.
- Sulistyowati, R., Riawan, D.C., Ashari, M., 2016. PV Farm Placement and Sizing Using GA for Area Development Plan of Distribution Network. In: In 2016 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA). pp. 509–514.

- Suprpto, S., Daryanto, E., Situmeang, C., 2016. Aplikasi teknologi pengering tenaga matahari dan biomassa pada produksi ikan asin dan ikan asap di kecamatan percut sei tuan kabupaten deli serdang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 23, 1–7.
- Suwarti, S., Sahid, S., Prasetyo, B., Mulud, T.H., Priyoatmojo, S., Sumarno, F.G., Safarudin, Y.M., Hendrawati, D., 2021. Pelatihan operasional perawatan dan perbaikan pembangkit listrik tenaga surya bagi masyarakat desa surokontowetan. In: *In Prosiding Seminar Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat (Sentrikom)*.
- Syahid Muhammad dkk, 2022. Pemanfaatan Pompa Air Tenaga Surya untuk Sistem Irigasi Pertanian. *Jurnal Tepat (Teknologi Terapan Untuk Pengabdian Masyarakat)* 5, 102–107.
- Wardhana, A.S., 2014. Pengaruh Suhu pada Modul 100Wp menggunakan Pemodelan dan Simulasi 36 Sel Photovoltaic. *Jurnal ESDM* 6, 82–88.