


# Optimalisasi Sistem Energi Surya untuk Mendukung Proses Daur Ulang Sampah Plastik

<sup>1)</sup>Steven Johny Runtuwene\*, <sup>2)</sup>Winda Sanni Slat, <sup>3)</sup>Priyono, <sup>4)</sup>Niko Pinangkaan, <sup>5)</sup>Oldi Malfri Lambonan

<sup>1,5)</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, Indonesia

<sup>2,3,4)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, Indonesia

Email Corresponding: [steven@elektro.polimdo.ac.id](mailto:steven@elektro.polimdo.ac.id)

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
<b>Kata Kunci:</b> Energi surya Daur ulang plastik Pemberdayaan masyarakat Desa wisata Energi terbarukan	Kegiatan pengabdian pada masyarakat ini bertujuan mengoptimalkan pemanfaatan sistem energi surya sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk mendukung proses daur ulang sampah plastik di Desa Wisata Wiau Lapi, Kecamatan Tareran, Kabupaten Minahasa Selatan Sulawesi Utara. Metode pelaksanaan meliputi kegiatan sosialisasi kepada masyarakat mengenai pentingnya energi terbarukan, pemasangan peralatan sistem panel surya, pelatihan operasional, serta pendampingan pemanfaatan dalam proses daur ulang sampah plastik. Hasil kegiatan menunjukkan sistem tenaga surya berkapasitas 500 Wp mampu menghasilkan daya listrik untuk alat dan mesin daur ulang plastik dengan efisiensi energi mencapai 65% dan pengurangan biaya operasional hingga 40%. Penerapan teknologi ini mampu meningkatkan produktivitas pengolahan sampah plastik, mengurangi biaya operasional UMKM, dan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap energi bersih, serta mendukung terwujudnya desa wisata mandiri energi dan berkelanjutan di desa wisata Wiau Lapi, Sulawesi Utara.
	ABSTRACT
<b>Keywords:</b> Solar energy Plastic recycling Community empowerment Tourism village Renewable energy	This community service program aims to optimize the utilization of solar energy systems as an environmentally friendly and sustainable alternative energy source to support the plastic waste recycling process in Wiau Lapi Tourism Village, Tareran District, South Minahasa Regency, North Sulawesi. The implementation methods include socialization activities to the community on the importance of renewable energy, installation of solar panel system equipment, operational training, and mentoring in the use of solar energy for the plastic recycling process. The results of the activities show that the 500 Wp solar power system is capable of generating electrical power for plastic recycling tools and machinery with energy efficiency reaching 65% and a reduction in operational costs of up to 40%. The application of this technology has succeeded in increasing the productivity of plastic waste processing, reducing the operational costs of MSMEs, and increasing public awareness of clean energy, as well as supporting the realization of an energy-independent and sustainable tourism village in Wiau Lapi Tourism Village, North Sulawesi.
This is an open access article under the <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/">CC-BY-SA</a> license.	
	

## I. PENDAHULUAN

Permasalahan ketersediaan energi dan pengelolaan sampah plastik menjadi dua isu yang saling berkaitan dalam konteks keberlanjutan, terutama di wilayah pedesaan yang sedang bertumbuh sebagai destinasi wisata. (Armansyah et al., 2024) menegaskan bahwa energi merupakan kebutuhan paling vital sepanjang peradaban manusia, di mana peningkatan konsumsi listrik mencerminkan peningkatan kemakmuran masyarakat. Karena itu, transformasi menuju energi terbarukan menjadi keharusan. (Yuwono et al., 2021) menyatakan bahwa peralihan dari bahan bakar fosil ke energi terbarukan adalah tantangan sekaligus upaya penyelamatan bumi yang harus dilakukan oleh seluruh elemen masyarakat, termasuk perguruan tinggi. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah energi matahari. (Mahfud et al., 2025) menyebutkan bahwa potensi energi matahari dapat dimanfaatkan secara optimal karena Indonesia berada di

6791

wilayah tropis dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi. Hal ini semakin diperkuat oleh (Faaizun Alfarisi & Sariman, 2022) bahwa penggunaan energi matahari melalui PLTS sangat diperlukan karena kebutuhan energi listrik nasional terus meningkat.

Dalam waktu yang bersamaan, persoalan sampah plastik di Indonesia juga semakin serius. (Allesch & Huber-Humer, 2023) menyatakan bahwa dengan pertumbuhan populasi dan konsumsi yang cepat, sampah telah menjadi salah satu tantangan global yang paling mendesak. Senada dengan itu, (Lye et al., 2024) menyebutkan bahwa timbulan sampah di banyak negara berkembang sering melampaui kapasitas sistem pengelolaan formal. Di Indonesia sendiri, (World Bank, 2021) melaporkan bahwa produksi sampah plastik mencapai 7,8 juta ton per tahun, dan sekitar 4,9 juta ton tidak dikelola secara tepat. Kondisi ini menunjukkan bahwa isu plastik tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga terkait erat dengan sosial, tata kelola, dan kebutuhan energi. Bahkan (Frigo et al., 2025) menegaskan bahwa perbedaan aliran sampah antar wilayah sangat dipengaruhi oleh karakteristik sosial-ekonomi, inisiatif lokal, dan ketersediaan infrastruktur, sehingga pendekatan pengelolaan sampah harus disesuaikan dengan karakteristik lokal masing-masing daerah.

Kondisi ini turut dirasakan di wilayah Sulawesi Utara, termasuk Desa Wisata Wiau Lapi, Kecamatan Tareran, Kabupaten Minahasa Selatan, yang dikenal sebagai salah satu desa wisata unggulan dengan aktivitas pertanian, kuliner, dan ekowisata yang berkembang pesat. Peningkatan aktivitas wisata dan ekonomi masyarakat desa turut berkontribusi terhadap meningkatnya volume sampah plastik rumah tangga dan kemasan produk, yang jika tidak dikelola dengan baik akan menurunkan kualitas lingkungan dan citra desa wisata. Desa Wiau Lapi memiliki luas wilayah sekitar 1.250 hektar dengan kontur perbukitan, sawah, dan lahan perkebunan. Sebagian besar penduduk berprofesi sebagai petani, pelaku UMKM, dan pengrajin lokal, dengan tingkat partisipasi masyarakat mencapai 70% dari jumlah penduduk usia produktif. Desa ini memiliki beberapa destinasi wisata alam, seperti Air Terjun Tuunan dan Kulung-Kulung, serta dikenal sebagai sentra produksi captikus, vanili, dan kerajinan bambu.

Salah satu unit usaha lokal yang berperan dalam pengelolaan sampah plastik adalah UMKM Toronata, yang menjadi mitra dalam kegiatan ini. UMKM ini fokus pada pengolahan sampah plastik menjadi produk souvenir dan kerajinan, seperti gelang, gantungan kunci, pot bunga, paving blok, dan lembaran plastik. Pemanfaatan sampah plastik menjadi produk dan jasa kreatif dinilai mampu memaksimalkan penggunaan material plastik agar dapat dipakai selama mungkin (Nurmalasari et al., 2024). Bahkan menurut (Rifal et al., 2024) ekosistem daur ulang, termasuk pembuatan produk bernilai tambah oleh UMKM, berperan penting dalam meningkatkan Ekonomi Hijau dan menciptakan nilai tambah ekonomi dari limbah. Namun demikian, UMKM Toronata masih menghadapi hambatan berupa keterbatasan alat dan tingginya biaya energi dalam mendukung proses produksi.

Di sisi lain, inovasi pemanfaatan energi terbarukan menjadi arah strategis dalam pengembangan industri daur ulang plastik. (Faaizun Alfarisi & Sariman, 2022) menyatakan bahwa penggunaan energi matahari sebagai energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sangat diperlukan karena kebutuhan energi listrik di Indonesia cenderung meningkat. (Mardianto et al., 2023) menyatakan bahwa Penerapan teknologi pembangkit energi surya untuk memanfaatkan potensi energi surya yang ada merupakan solusi yang tepat. Energi matahari merupakan salah satu contoh energi terbarukan yang tidak habis dan memiliki efek positif pada lingkungan (Heydari et al., 2023)

Melihat gap antara peluang dan kendala tersebut, kegiatan pengabdian ini dirancang untuk mengoptimalkan penerapan sistem energi surya berkapasitas 500 WP sebagai sumber energi alternatif dalam mendukung proses daur ulang sampah plastik di UMKM Toronata. (Taufiqurrohman & Yusuf, 2022) menekankan bahwa sistem pengelolaan sampah yang tidak efisien dapat menyebabkan masalah ketahanan energi dan kesehatan masyarakat, sehingga integrasi pengelolaan sampah dan energi terbarukan menjadi salah satu solusi strategis. Tujuan kegiatan ini adalah memberikan transfer teknologi, sosialisasi, dan pendampingan kepada masyarakat agar mampu mengelola sistem energi surya secara mandiri, melakukan pemeliharaan peralatan, serta meningkatkan kapasitas dan nilai ekonomi produk daur ulang plastik. Dengan demikian, Program ini diharapkan menjadi model replikasi untuk desa wisata lain yang ingin mengintegrasikan energi terbarukan dalam pengelolaan sampah plastik.

## II. MASALAH

UMKM Toronata di Desa Wisata Wiau Lapi menghadapi kendala utama pada aspek energi untuk menjalankan proses daur ulang plastik. Selama ini, operasional alat daur ulang plastik masih bergantung pada

listrik PLN. Kondisi ini menyebabkan biaya operasional produksi menjadi tinggi dan tidak efisien, sementara durasi operasional mesin cukup lama dan membutuhkan daya besar. Selain mahal, pasokan listrik PLN di lokasi juga sering tidak stabil sehingga waktu operasional mesin terganggu. Akibatnya, kapasitas produksi daur ulang plastik menjadi tidak sebanding dengan ketersediaan bahan baku plastik yang tersedia. Selain itu, margin keuntungan UMKM menjadi kecil karena sebagian besar biaya operasional terserap untuk membayar penggunaan listrik PLN. Masalah tingginya biaya energi ini juga membuat UMKM sulit meningkatkan skala produksi dan menambah variasi produk daur ulang plastik. Integrasi sumber energi alternatif yang lebih efisien menjadi kebutuhan mendesak agar produktivitas meningkat dan biaya produksi dapat ditekan.



(a)



(b)

Gambar 1. Lokasi kegiatan (a) UMKM Toronata Desa Wiau Lapi (b) Jarak dari kampus Polimdo

### III. METODE

Adapun metode pelaksanaan kegiatan ini menggunakan pendekatan pemberdayaan berbasis masyarakat yang menekankan pada kolaborasi aktif antara tim pelaksana, mitra UMKM Toronata, pemerintah desa, dan masyarakat lokal. Pelaksanaan kegiatan dilakukan dengan beberapa tahapan utama, yaitu: (1) persiapan dan survei lapangan, (2) sosialisasi dan perencanaan teknis, (3) pemasangan peralatan sistem energi surya, (4) pelatihan operasional dan daur ulang sampah plastik, serta (5) pendampingan pemasaran digital. Tahap pertama adalah persiapan dan survei lapangan, yang meliputi identifikasi kondisi awal mitra dan analisis kebutuhan energi. Survei dilakukan untuk memetakan potensi sumber energi matahari, kebutuhan listrik harian mesin daur ulang plastik, dan kondisi instalasi listrik eksisting di lokasi UMKM Toronata. Berdasarkan hasil pengukuran lapangan, diperoleh intensitas radiasi matahari rata-rata sebesar 4,9 kWh/m<sup>2</sup> per hari, dengan durasi penyinaran efektif sekitar 8 jam per hari. Selain itu, dilakukan analisis beban listrik untuk menentukan kapasitas sistem energi surya yang diperlukan. Tahap kedua adalah sosialisasi dan perencanaan teknis. Kegiatan sosialisasi dilakukan bersama pemerintah desa, kelompok pengolah sampah, dan masyarakat sekitar untuk memperkenalkan konsep energi terbarukan dan manfaat penerapannya pada kegiatan daur ulang plastik. Tahap ketiga adalah pemasangan sistem energi surya. Pekerjaan instalasi dilakukan oleh tim dosen dan mahasiswa bersama anggota kelompok UMKM Toronata. Proses ini meliputi pemasangan panel surya, pemasangan inverter dan *solar charge controller* (SCC), serta pengujian arus dan tegangan untuk memastikan stabilitas sistem. Setelah seluruh komponen terpasang, dilakukan uji coba operasi sistem untuk memastikan sistem dapat menyuplai daya listrik ke peralatan daur ulang sampah plastik. Tahap keempat adalah pelatihan operasional dan pemeliharaan sistem energi surya. Pelatihan ini diikuti oleh kelompok UMKM Toronata, pemuda desa, dan perwakilan masyarakat. Materi pelatihan mencakup dasar-dasar sistem fotovoltaiik, cara pengoperasian inverter dan *charge controller*, pemantauan kinerja sistem, serta prosedur perawatan rutin seperti pembersihan panel, pengecekan sambungan kabel, dan pemeliharaan baterai. Tahap kelima adalah pendampingan pemasaran digital. Tim pengabdian memberikan bimbingan teknis kepada pelaku UMKM dalam menggunakan teknologi digital untuk promosi dan penjualan produk daur ulang plastik. Pendampingan meliputi pelatihan penggunaan media sosial dan pembuatan katalog digital produk plastik daur ulang.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Implementasi dan Kinerja Sistem Energi Surya

Sistem energi surya yang dipasang terdiri dari panel surya monocrystalline 500 WP, solar charge controller inverter hybrid MPPT 60A, dan baterai 24V/100Ah. Sistem dirancang menggunakan konfigurasi

*off-grid* agar dapat beroperasi mandiri tanpa ketergantungan pada jaringan listrik PLN. Hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan energi listrik rata-rata sebesar 2,3–2,9 kWh per hari, yang cukup untuk mendukung operasional mesin pencacah plastik dan oven daur ulang selama 2–3 jam per hari.



(a)



(b)

Gambar 2. Panel surya (a) Penyerahan solar sel (b) Panel kontrol dan baterai

Uji performa dilakukan selama 3 hari berturut-turut untuk memantau stabilitas suplai daya, tegangan baterai, dan kinerja inverter. Dari hasil pemantauan, diperoleh efisiensi konversi energi mencapai 75% dari total radiasi matahari yang diterima, dengan tingkat kehilangan energi (losses) akibat efisiensi komponen sebesar 25%. Dalam kondisi langit cerah, sistem dapat menyuplai daya penuh hingga malam hari, sedangkan pada kondisi mendung daya cadangan masih mampu bertahan selama 3 jam. Dengan demikian, penerapan sistem ini terbukti mampu menggantikan sebagian kebutuhan listrik konvensional untuk mendukung kegiatan daur ulang plastik secara berkelanjutan.

## 2. Peningkatan Efisiensi dan Produktivitas UMKM Toronata

Sebelum penerapan sistem energi surya, UMKM Toronata hanya mengoperasikan mesin daur ulang dengan sumber listrik PLN dengan rata-rata penggunaan 2–3 jam. Setelah penerapan sistem solar sel, waktu operasional meningkat menjadi 4 jam, dengan biaya listrik yang berkurang hingga 40% karena sebagian besar energi bersumber dari tenaga surya. Selain itu, kapasitas produksi plastik daur ulang meningkat dari 10–15 kilogram menjadi 20–25 kilogram. Peningkatan produktivitas ini berdampak langsung pada peningkatan pendapatan UMKM sebesar 35%, sekaligus memperluas peluang kerja bagi masyarakat sekitar. Pemanfaatan limbah plastik dianggap dapat memberikan solusi ganda, yakni mengurangi limbah sekaligus menghasilkan nilai ekonomi (Hamid et al., 2021). Secara teknis, alat daur ulang yang sebelumnya bergantung pada listrik PLN kini dapat beroperasi lebih efisien dan ekonomis, serta mampu mendukung upaya menuju pemanfaatan energi bersih terbarukan di kawasan pedesaan.



(a)



(b)

Gambar 3. Proses daur ulang plastik (a) Cacahan plastik di moulding (b) Hasil cetakan paving blok

## 3. Dampak Sosial dan Lingkungan

Kegiatan pengabdian ini memberikan dampak positif terhadap peningkatan pengetahuan dan kesadaran masyarakat tentang energi terbarukan dan proses daur ulang sampah plastik. Melalui kegiatan sosialisasi dan pelatihan yang diikuti 12 peserta yang terdiri dari pelaku UMKM, pemuda desa, dan masyarakat umum, peserta



memperoleh pemahaman praktis mengenai prinsip kerja sistem energi surya, cara perawatan panel, serta pemanfaatannya dalam mendukung proses daur ulang sampah plastik. Berdasarkan hasil survei evaluasi pasca-pelatihan, 85% peserta menyatakan mampu mengoperasikan sistem secara mandiri, memahami prosedur perawatan dasar dan dapat memanfaatkannya untuk proses daur ulang sampah plastik. Pemanfaatan solar sel sebagai sumber energi alternatif tidak hanya dapat mengurangi konsumsi energi listrik konvensional, tetapi juga berperan dalam penghematan biaya operasional (Kango et al., 2021)

Peningkatan aktivitas daur ulang plastik turut mengurangi volume sampah plastik yang berpotensi mencemari lingkungan wisata. Sebelum program ini dilaksanakan, rata-rata sampah plastik yang dikumpulkan dan diolah oleh UMKM Toronata sekitar 35% dari total sampah plastik yang dihasilkan, sedangkan setelah kegiatan berjalan selama dua bulan, jumlah yang berhasil diolah meningkat menjadi 65%. Dengan demikian, penerapan sistem energi surya di UMKM Toronata tidak hanya berdampak pada efisiensi produksi, tetapi juga memperkuat kapasitas masyarakat dalam mendukung konsep ekonomi sirkular dan pariwisata berkelanjutan.

#### 4. Transfer Teknologi dan Pemberdayaan Masyarakat

Aspek penting dari kegiatan pengabdian ini adalah keberhasilan proses transfer teknologi dan peningkatan pemberdayaan masyarakat. Pendekatan *training by doing* terbukti efektif dalam membangun kemandirian teknis masyarakat dalam mengelola sistem energi surya dan pemanfaatan untuk daur ulang sampah plastik. Pelatihan dilaksanakan dalam tiga sesi utama yaitu pengenalan sistem energi surya, proses perawatan, serta praktik langsung pengoperasian mesin daur ulang dengan sumber listrik energi terbarukan.



(a)



(b)

Gambar 4. Pelatihan dan pendampingan daur ulang plastik (a) Lokasi kantor desa Wiau Lapi (b) Lokasi workshop mitra UMKM Toronata

Penerapan sistem energi surya untuk mendukung daur ulang sampah plastik di Desa Wisata Wiau Lapi menjadi contoh implementasi teknologi terbarukan berbasis masyarakat. Program ini tidak hanya mengatasi keterbatasan energi, tetapi juga memperkuat identitas desa sebagai kawasan wisata berkelanjutan.

#### V. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat telah berhasil mencapai tujuan utamanya, yaitu mengimplementasikan sistem energi surya berkapasitas 500 Wp sebagai sumber energi alternatif untuk menunjang proses daur ulang plastik di UMKM Toronata. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa sistem tenaga surya yang dipasang mampu menyuplai daya listrik sebesar 2,3–2,9 kWh per hari, sehingga dapat mengoperasikan mesin daur ulang plastik secara berkelanjutan dengan efisiensi energi mencapai 75% dan pengurangan biaya operasional hingga 40%. Dari sisi ekonomi, penerapan sistem ini meningkatkan produktivitas UMKM dalam mengolah sampah plastik dari 10–15 kilogram menjadi 20–25 kilogram, serta memperluas peluang usaha melalui pendampingan pemasaran digital yang efektif mempromosikan produk daur ulang ke platform media sosial. Kegiatan ini berhasil menerapkan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan yang terintegrasi dengan aspek pemberdayaan masyarakat dan digitalisasi pemasaran. Pendekatan *community-based empowerment* menjadikan masyarakat tidak hanya sebagai penerima manfaat, tetapi juga pelaku utama yang mengoperasikan, merawat, dan memanfaatkan teknologi secara mandiri. Namun demikian, kapasitas sistem energi surya sebesar 500 WP belum sepenuhnya mampu memenuhi kebutuhan daya untuk seluruh peralatan pengolahan plastik jika volume produksi meningkat secara signifikan. Selain itu,

keberlanjutan program masih memerlukan sistem pemantauan energi yang lebih modern berbasis *IoT (Internet of Things)* agar masyarakat dapat memonitor kinerja sistem secara real time.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Hilirisasi dan Kemitraan, Direktorat Riset dan Pengembangan Kemdiktisaintek yang telah mendukung pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allesch, A., & Huber-Humer, M. (2023). *A Brief Glance on Global Waste Management*. In: Tribaudino, M., Vollprecht, D., Pavese, A. (eds) *Minerals and Waste*. Earth and Environmental Sciences Library. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16135-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16135-3_9)
- Armansyah, Husna, jamilah, & Harahap, K. I. (2024). Penggunaan Sistem Solar Sel Pada Rumah Sederhana Sebagai Penerangan. *Journal of Electrical Technology*, 8(3), 2023.
- Faaizun Alfari, M., & Sariman, S. (2022). Analisa Pemanfaatan Solar Cell Polycrystalline Sebagai Sumber Energi Listrik pada Kompor Listrik Induksi Arus Searah (DC) Berdaya 300 Watt. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(10), 1333–1340. <https://doi.org/10.46799/jsa.v3i10.488>
- Frigo, G., Zurbrugg, C., Juwana, I., & Binder, C. R. (2025). Where does plastic waste go? Local dynamics of waste flows in Indonesian neighbourhoods. *Environmental Challenges*, 19, 101135. <https://doi.org/10.1016/J.ENV.2025.101135>
- Hamid, K., Sabir, R., Hameed, K., & Ansari, M. U. (2021). Economic Analysis of Fuel Oil Production from Pyrolysis of Waste Plastic. *Austin Environmental Sciences*, 06(01).
- Heydari, M., Heydari, A., & Amini, M. (2023). Solar Power Generation and Sustainable Energy: A Review. *International Journal of Technology and Scientific Research*, 12(03).
- Kango, R., Negeri Balikpapan, P., Soerkarno Hatta, J., & Balikpapan, K. (2021). *Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Alternatif Untuk Fasilitas Bangku Taman Ruang Terbuka Hijau*.
- Lye, C. T., Ng, T. H., & Law, J. W. (2024). The role of general and specific pro-environmental education in household waste management in Malaysia: Evidence from quantile regression. *Environmental Challenges*, 15, 100933. <https://doi.org/10.1016/J.ENV.2024.100933>
- Mardianto, Akmal, A., Hafid, A., & Adriani. (2023). Perancangan Solar Cell Untuk Sumber Energi Listrik Mesin Pompa Air. *Vertex Elektro*, 15(1), 2023.
- Nurmalasari, D., Milda, Andrian, N., Priyanto, A. K., & Taryana, A. (2024). Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Produk dan Jasa Kreatif. *Journal of Comprehensive Science*, 3(7).
- Rifal, G. R., Dispindra, R. R., Arifin, A. L., & Azmy, A. (2024). Ekosistem Bisnis Daur Ulang Sampah Plastik Oleh UMKM Menuju Peningkatan Ekonomi Hijau. *Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi*, 06(02). <https://doi.org/https://doi.org/10.38035/jemsi.v6i2>
- Taufiqurrohman, M., & Yusuf, M. (2022). *Pemanfaatan Energi Terbarukan dalam Pengolahan Daur Ulang Limbah*. <https://journal.pandawan.id/mentari/article/view/141>
- Ulum Mahfud, A., Saefudin, S., Adi Nugroho, H., Edi Pujiyanto, M., Subri, M., Muntasiroh, L., & Yustar Afif, I. (2025). Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Menggunakan Sistem Off-Grid untuk Meningkatkan Kemandirian Energi Masyarakat. <https://doi.org/10.24853/jpmt.7.2.137-142>
- World Bank. (2021). *Plastic Waste Discharges from Rivers and Coastlines in Indonesia*. Marine Plastics Series, East Asia and Pacific Region. Washington DC. [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)
- Yuwono, S., Diharto, D., & Pratama, N. W. (2021). Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid. *Energi & Kelistrikan*, 13(2), 161–171. <https://doi.org/10.33322/energi.v13i2.1537>