



## Pemberdayaan Masyarakat Pesantren Husnul Khotimah berbasis Teknologi dengan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Terbarukan

Budi Prasetya<sup>1\*</sup>, Yuyun Siti Rohmah<sup>2</sup>, Kris Sujatmoko<sup>3</sup>, Dharu Arseno<sup>4</sup>, Sugondo Hadiyoso<sup>5</sup>

<sup>1,3,4</sup>Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Indonesia, 40257

<sup>2,5</sup>Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, Indonesia, 40257

E-mail:\* [budiprasetya@telkomuniversity.ac.id](mailto:budiprasetya@telkomuniversity.ac.id)

Doi : <https://doi.org/10.37339/jurpikat.v6i3.2290>

---

### Info Artikel:

Diterima :  
2025-01-22

Diperbaiki :  
2025-07-13

Disetujui :  
2025-07-14

**Kata Kunci:** energi alternatif,  
energi hijau, pemberdayaan

**Abstrak:** Pondok Pesantren Husnul Khotimah menghadapi tantangan dalam memenuhi kebutuhan catu daya listrik akibat operasional selama 24 jam. Hal ini menyebabkan biaya operasional yang tinggi, khususnya untuk listrik. Hingga saat ini, belum ada upaya implementasi sumber energi alternatif karena keterbatasan pengetahuan dan anggaran. Penelitian dalam bentuk pengabdian kepada masyarakat ini mengusulkan pemberdayaan masyarakat pesantren melalui teknologi pembangkit listrik berbasis energi terbarukan, yaitu tenaga surya dan angin. Implementasi ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada listrik konvensional, menekan biaya operasional, dan meningkatkan pemahaman masyarakat pesantren mengenai teknologi energi hijau yaitu dengan energi surya dan angin. Metode yang digunakan meliputi studi kelayakan, perencanaan, instalasi, serta pelatihan komunitas pesantren. Hasil yang diharapkan adalah terciptanya sistem energi terbarukan yang efisien dan berkelanjutan, serta peningkatan kapasitas masyarakat pesantren dalam mengelola sumber daya energi mandiri. Pemberdayaan ini diharapkan menjadi model yang dapat direplikasi oleh pesantren lain dalam mengatasi masalah serupa.

*Abstract:* Husnul Khotimah Islamic Boarding School faces challenges in meeting the need for electricity supply due to 24-

*hour operations. This causes high operational costs, especially for electricity. Until now, there have been no efforts to implement alternative energy sources due to limited knowledge and budget. This research in the form of community service proposes empowering the Islamic boarding school community through renewable energy-based power generation technology, namely solar and wind power. This implementation aims to reduce dependence on conventional electricity, reduce operational costs, and increase the understanding of the Islamic boarding school community regarding green energy technology, namely solar and wind energy. The methods used include feasibility studies, planning, installation, and training the Islamic boarding school community. The expected results are the creation of an efficient and sustainable renewable energy system, as well as increasing the capacity of the Islamic boarding school community in managing independent energy resources. This empowerment is expected to be a model that can be replicated by other Islamic boarding schools in overcoming similar problems.*

**Keywords: alternative energy, green energy, empowerment**

---

## **Pendahuluan**

Pondok Pesantren Husnul Khotimah adalah lembaga pendidikan Islam yang berlokasi di Desa Maniskidul, Kecamatan Jalaksana, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat. Didirikan pada 2 Mei 1994 oleh KH. Sahal Suhana, pesantren ini berdiri di atas lahan seluas 6 hektar, menyediakan lingkungan belajar yang nyaman dan mendukung bagi para santri.

Sebagai pesantren modern, Husnul Khotimah mengintegrasikan pendidikan agama Islam dengan kurikulum umum, sehingga menghasilkan santri yang tidak hanya berpengetahuan luas dalam ilmu keislaman, tetapi juga memiliki keterampilan akademik dan sosial yang relevan dengan perkembangan zaman. Fasilitas di pesantren ini meliputi asrama, masjid, ruang kelas, laboratorium, perpustakaan, serta area olahraga dan ruang terbuka hijau yang mendukung kegiatan santri sehari-hari.

Pada awal berdirinya, Pondok Pesantren Modern Husnul Khotimah mengelola kegiatan pendidikan sebagai sebuah kesatuan yang terpadu. Program pendidikan intra dan ekstrakurikuler dirancang untuk saling melengkapi dalam membentuk karakter, kompetensi akademik, dan keislaman para santri. Namun, dengan pertumbuhan jumlah santri dan kompleksitas kebutuhan pembelajaran yang terus meningkat, Yayasan Husnul Khotimah mengambil langkah strategis untuk memisahkan tugas dan wewenang dalam pengelolaan pendidikan. Langkah ini bertujuan memastikan setiap aspek kebutuhan santri, baik akademik, keagamaan,

maupun keseharian, dapat dikelola secara optimal. Pembagian tugas tersebut juga membantu memperkuat sistem manajemen pesantren agar lebih efisien dalam menghadapi berbagai tantangan.

Selain itu, operasional berbagai kegiatan pendidikan dan aktivitas santri, baik intra maupun ekstrakurikuler, membutuhkan sumber daya yang signifikan, khususnya dalam hal energi atau catu daya. Untuk menekan biaya pengeluaran bulanan yang besar, pesantren mulai mengupayakan solusi alternatif berupa pengadaan sumber energi yang lebih murah dan efisien. Langkah ini juga menjadi bagian dari komitmen pesantren terhadap pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan.

Kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan di pesantren adalah upaya untuk memberikan solusi dalam menyediakan sumber energi alternatif. Program ini tidak hanya bertujuan membantu mengurangi biaya operasional pesantren, tetapi juga memberdayakan masyarakat sekitar melalui pengenalan teknologi dan sumber daya energi terbarukan yang lebih terjangkau dan ramah lingkungan. Dengan pendekatan ini, Pondok Pesantren Modern Husnul Khotimah berharap dapat menjadi contoh nyata dalam memadukan pendidikan, efisiensi sumber daya, dan kontribusi sosial.

Mengingat lokasi Pondok Pesantren Modern Husnul Khotimah yang berada di Kabupaten Kuningan, Jawa Barat, pemanfaatan energi alternatif seperti tenaga surya dan angin menjadi pilihan yang paling potensial. Berdasarkan data, Jawa Barat memiliki potensi energi surya mencapai 9,09 gigawatt (GW) dan energi angin sebesar 7.036 megawatt (MW). Energi surya, yang berasal dari sinar matahari, adalah sumber energi terbarukan yang melimpah dan tidak akan habis selama matahari bersinar. Selain itu, energi ini ramah lingkungan karena proses konversi sinar matahari menjadi listrik tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca. Panel surya juga mudah dipasang, baik di atap bangunan maupun lahan kosong, sehingga fleksibel untuk diterapkan di lingkungan pesantren.

Sementara itu, energi angin juga menawarkan kelebihan yang signifikan. Turbin angin mampu menghasilkan energi listrik yang konsisten, bahkan pada malam hari, dengan potensi daya yang lebih tinggi dibandingkan panel surya, terutama di lokasi dengan kecepatan angin optimal. Keunggulan lainnya adalah efisiensi penggunaan lahan karena turbin angin dapat ditempatkan di area terbuka tanpa mengganggu fungsi lahan tersebut. Dengan memanfaatkan kedua sumber energi terbarukan ini, Pondok Pesantren Modern Husnul Khotimah dapat

mengurangi biaya operasional secara signifikan sekaligus mendukung pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pemilihan tenaga surya dan angin ini juga sejalan dengan upaya pesantren untuk menjadi model pemberdayaan energi alternatif bagi masyarakat sekitar.

## **Metode**

Dalam rangka mengimplementasikan pemanfaatan energi alternatif di Pondok Pesantren Modern Husnul Khotimah, diperlukan pendekatan yang melibatkan pemberdayaan komunitas pesantren secara menyeluruh. Keterlibatan seluruh elemen, mulai dari pengurus pesantren, tenaga pengajar, hingga para santri, menjadi kunci untuk memastikan keberhasilan program ini. Melalui pemberdayaan komunitas, setiap individu di lingkungan pesantren dapat memahami pentingnya transisi menuju energi terbarukan, sekaligus memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang relevan untuk mendukung pengelolaan sumber daya energi secara mandiri.

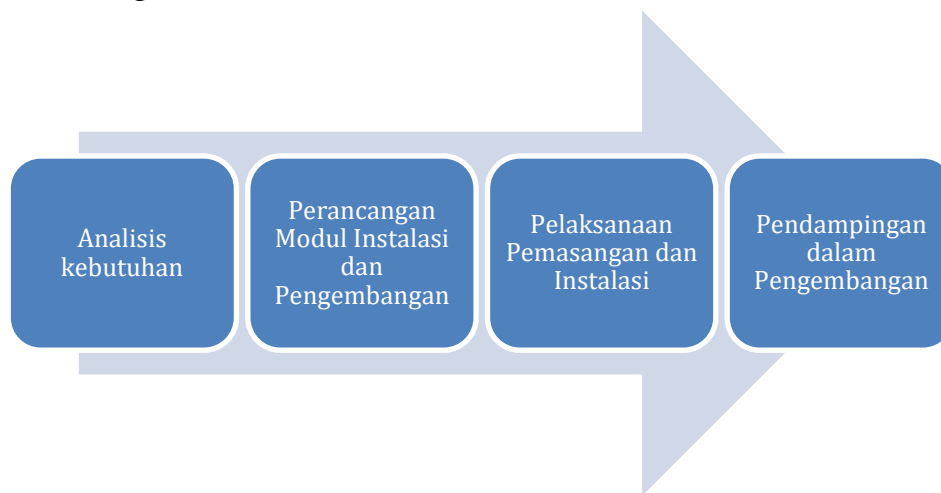
Pendekatan pemberdayaan ini dapat dilakukan melalui program pelatihan dan workshop terkait pengoperasian serta pemeliharaan sistem energi surya dan angin. Selain itu, pembentukan tim khusus dari komunitas pesantren untuk memantau dan mengelola implementasi energi alternatif akan memastikan program berjalan secara efektif dan berkelanjutan. Tidak hanya bermanfaat bagi pesantren, inisiatif ini juga dapat menjadi contoh nyata bagi masyarakat sekitar, menginspirasi mereka untuk ikut beralih ke sumber energi yang ramah lingkungan.

Dengan demikian, pemberdayaan komunitas pesantren tidak hanya menjadi langkah strategis dalam mendukung transisi energi alternatif, tetapi juga bagian dari penguatan kapasitas pesantren sebagai pusat pembelajaran dan pemberdayaan umat. Sinergi antara teknologi, pendidikan, dan kesadaran lingkungan ini akan menjadikan Pondok Pesantren Modern Husnul Khotimah pelopor dalam penerapan energi terbarukan di lingkungan pesantren, sekaligus berkontribusi pada keberlanjutan sumber daya energi minimal di tingkat lokal.

### **Solusi dan Metode Pelaksanaan Program**

Berdasarkan ringkasan permasalahan pada Pondok Pesantren Husnul Khotimah yang disampaikan pada bagian di atas maka solusi yang kami usulkan pada program pengabdian masyarakat ini adalah sebagai berikut:

- a. Memberi wawasan serta pemahaman dasar dan aplikatif terhadap materi catu daya alternatif Pondok Pesantren Husnul Khotimah Kuningan.
- b. Memberi wawasan teknologi dan aplikasi pada materi catu daya alternatif di Pondok Pesantren Husnul Khotimah Kuningan.
- c. Mengadakan pelatihan dan pendampingan yang diperlukan untuk instalasi dan pengembangan catu daya alternatif di Pondok Pesantren Husnul Khotimah Kuningan.
- d. Memberikan bantuan perangkat catu daya alternatif berupa Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Angin di Madrasah Aliyah Pondok Pesantren Husnul Khotimah Kuningan.



Gambar 1. Alur kegiatan

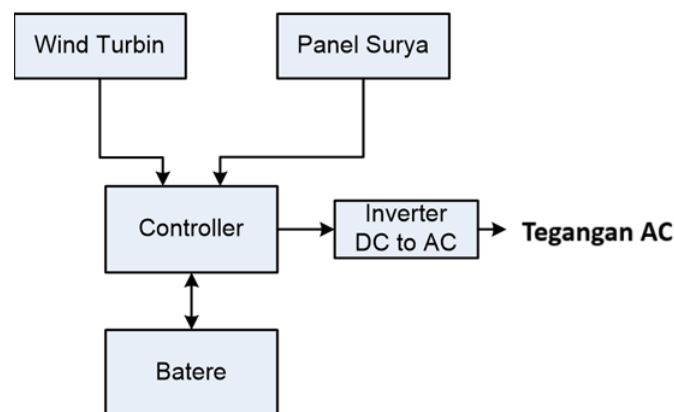
Untuk detail dari tahapan pelaksanaan program pengabdian masyarakat ini meliputi:

- a. Analisis kebutuhan, tahap ini mencakup proses pengumpulan informasi mendalam terkait kebutuhan operasional energi di Pondok Pesantren Husnul Khotimah Kuningan. Data yang dikumpulkan meliputi rincian biaya pengeluaran bulanan untuk operasional catu daya serta alternatif solusi yang mungkin diterapkan. Langkah ini bertujuan untuk memahami kebutuhan spesifik dan mencari solusi terbaik yang dapat mengurangi pengeluaran sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan energi.
- b. Perancangan Modul Instalasi dan Pengembangan, tahap ini melibatkan proses perancangan teknis yang didasarkan pada data primer yang telah terkumpul pada tahap sebelumnya. Fokus utamanya adalah pengembangan modul instalasi dan sistem pembangkit energi berbasis tenaga surya serta tenaga angin. Desain ini dirancang secara khusus untuk memenuhi kebutuhan operasional pondok pesantren, termasuk spesifikasi teknis dan konfigurasi sistem yang optimal.

- c. Pelaksanaan Pemasangan dan Instalasi di Madrasah Aliyah Pondok Pesantren Husnul Khotimah Kuningan, pada tahap ini, dilakukan pemasangan dan instalasi sistem pembangkit tenaga surya dan angin di Madrasah Aliyah Pondok Pesantren Husnul Khotimah Kuningan. Proses ini mencakup kegiatan persiapan lokasi, pemasangan perangkat keras, pengujian sistem, hingga memastikan bahwa instalasi berjalan sesuai perencanaan teknis.
- d. Pendampingan dalam Pengembangan, setelah sistem catu daya terpasang, dilakukan pendampingan selama kurang lebih tiga bulan. Pendampingan ini mencakup pemantauan kinerja sistem, penanganan kerusakan jika terjadi, dan pengadaan komponen baru jika diperlukan. Tujuannya adalah memastikan sistem berjalan dengan baik, memberikan pelatihan kepada pengguna, serta menjamin keberlanjutan operasional sistem dalam jangka panjang.

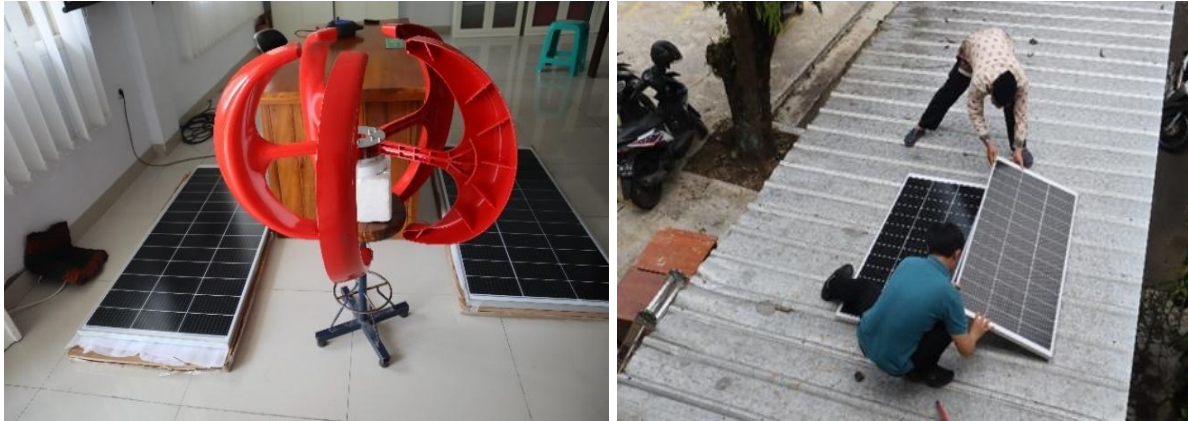
### Rancangan dan Implementasi

Desain rangkaian pembangkit listrik tenaga surya dan angin yang dipasang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Sistem Pembangkit Listrik

Dari Gambar 3 dapat dijabarkan sebagai berikut: panel surya yang dipasang berjumlah 2 set, dipasang secara serial. Turbin angin merubah energi gerakan oleh angin menjadi listrik. Energi listrik yang dihasilkan masuk kedalam blok kendali. Blok kendali berfungsi mengontrol aliran daya dari panel surya dan turbin angin untuk disimpan ke batere atau bisa langsung dimanfaatkan untuk keperluan sekolah. Blok kendali juga mengontrol aliran daya dari batere penyimpanan ke jaringan listrik. Inverter berfungsi untuk merubah tegangan/ arus DC menjadi AC 220 Volt. Gambar 4 berikut ini menunjukkan turbin angin dan solar panel yang dipasang.



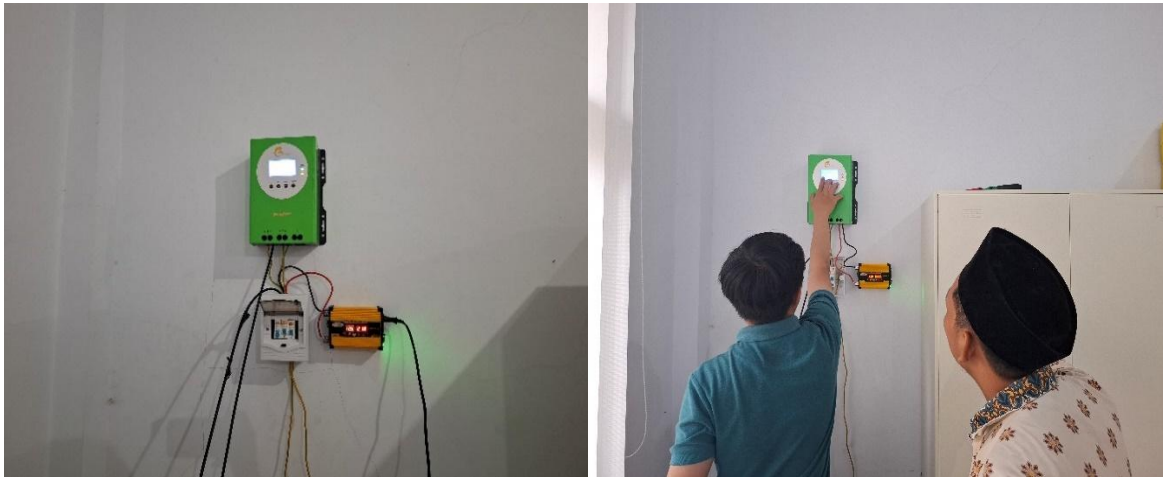
*Gambar 3.* Instalasi Perangkat turbin dan panel Instalasi Perangkat Solar Panel

Instalasi blok kendali dan prosesi penjelasan cara kerja bagian ini disajikan pada *Gambar 4* Blok kendali ini dipasang pada bagian *indoor* gedung sekolah. Fungsi utama alat kendali pada sistem ini adalah untuk mengatur, memonitor dan mengoptimalkan kinerja komponen utama seperti panel surya, turbin angin, baterai penyimpanan, dan inverter. Secara detail adalah sebagai berikut:

1. Pengaturan dan Pengendalian Output Energi, alat kendali bertugas untuk mengelola output energi yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin agar sesuai dengan kebutuhan sistem. Pada panel surya, alat kendali membantu memaksimalkan daya yang dihasilkan melalui teknik Maximum Power Point Tracking (MPPT) Techfine pengisi daya surya 60A. Sementara itu, pada turbin angin, alat kendali mengatur kecepatan turbin untuk mencegah kerusakan akibat angin yang terlalu kencang.
2. Manajemen Penyimpanan Energi, energi yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin biasanya disimpan dalam baterai sebelum digunakan. Alat kendali bertanggung jawab untuk mengatur proses pengisian dan pengosongan baterai agar baterai tidak overcharge (pengisian berlebih) atau overdischarge (pengosongan berlebih), yang dapat merusak baterai dan memperpendek masa pakainya.
3. Pengamanan Sistem, alat kendali juga berfungsi sebagai pengaman sistem dengan memantau kondisi operasional secara real-time. Jika terdeteksi gangguan, seperti tegangan yang tidak stabil, kelebihan beban, atau kerusakan komponen, alat kendali akan mengambil tindakan, seperti memutus aliran listrik atau mengaktifkan mode perlindungan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.
4. Integrasi dengan Jaringan Listrik Eksisting, pada sistem yang terhubung dengan jaringan listrik (on-grid), alat kendali berfungsi untuk menyinkronkan energi

yang dihasilkan oleh pembangkit dengan jaringan utama. Hal ini meliputi pengaturan tegangan, frekuensi, dan arah aliran energi, sehingga energi dapat dialirkan ke jaringan atau digunakan secara lokal dengan efisien.

5. Monitoring dan Analisis Data, alat kendali dilengkapi dengan fitur monitoring yang memungkinkan pengguna untuk memantau kinerja sistem secara langsung. Data yang dikumpulkan, seperti produksi energi, kondisi baterai, dan parameter lainnya, dapat dianalisis untuk meningkatkan kinerja sistem.



*Gambar 4.* Blok Kendali (a) Pemasangan Perangkat (b) Prosesi Penjelasan Cara Kerja dan Pembacaan Parameter

Penerapan pembangkit listrik tenaga surya dan angin memiliki potensi besar untuk memberdayakan sumber daya manusia di sekolah, baik dari segi sosial, ekonomi, pendidikan, maupun lingkungan. Berikut adalah berbagai potensi pemberdayaan yang dapat diwujudkan:

1. Pemberdayaan Ekonomi, dengan adanya akses energi yang terjangkau dan berkelanjutan, masyarakat dapat mengurangi pengeluaran untuk listrik, sehingga dana yang sebelumnya dialokasikan untuk pembayaran listrik dapat digunakan untuk kebutuhan lain atau kegiatan produktif.
2. Peningkatan Keterampilan, program implementasi pembangkit listrik tenaga surya dan angin biasanya disertai dengan pelatihan teknis bagi SDM sekolah. Pelatihan ini mencakup pemasangan, pengoperasian, perawatan, dan perbaikan sistem pembangkit listrik. Hal ini dapat menciptakan tenaga kerja lokal yang kompeten dalam bidang energi terbarukan.
3. Peningkatan Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat
  - Kesadaran tentang Energi Terbarukan, SDM sekolah akan semakin memahami pentingnya energi terbarukan untuk keberlanjutan lingkungan. Kesadaran ini

dapat mendorong perilaku hemat energi dan penggunaan teknologi ramah lingkungan lainnya.

- Dukungan Pendidikan, Energi yang stabil memungkinkan pengguna memiliki akses yang lebih baik ke fasilitas pendidikan, seperti penerangan untuk belajar di malam hari, penggunaan perangkat teknologi, atau bahkan akses ke pendidikan daring.
- Program Edukasi, Program implementasi sering kali disertai dengan kegiatan edukasi untuk siswa dan guru, seperti pembuatan alat peraga pendidikan energi atau pelibatan sekolah dalam proyek sederhana terkait energi terbarukan.

#### **4. Manfaat Lingkungan dan Kesehatan**

- Mengurangi Ketergantungan pada Energi Fosil, dengan beralih ke energi terbarukan, masyarakat dapat mengurangi emisi karbon dan pencemaran udara, sehingga menciptakan lingkungan yang lebih sehat.
- Peningkatan Kesehatan, Pengurangan penggunaan bahan bakar fosil (seperti genset diesel) akan mengurangi paparan asap berbahaya, yang sering menjadi salah satu penyebab masalah kesehatan.

#### **Kesimpulan**

Pada kegiatan pengabdian masyarakat ini telah diimplementasikan pembangkit listrik tenaga surya dan angin. Tegangan AC 220V dari sumber energi terbarukan alternatif telah dipasang pada masyarakat sasaran. Kegiatan ini tidak hanya memberikan manfaat berupa akses energi yang berkelanjutan, tetapi juga membuka peluang besar bagi pemberdayaan masyarakat. Melalui pelatihan, penciptaan lapangan kerja, peningkatan kesadaran, dan dukungan terhadap kegiatan ekonomi, program ini dapat menjadi motor penggerak untuk menciptakan masyarakat yang mandiri, sejahtera, dan lebih peduli terhadap lingkungan.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Ucapan terima kasih diberikan kepada direktorat PPM Universitas Telkom dalam membiayai kegiatan serta memberikan kemudahan akses. Terima kasih juga diberikan kepada mitra yang telah turut serta berkolaborasi dalam pembiayaan serta dukungannya dalam instalasi perangkat.

#### **Referensi**

- A. Y. Ridwan, M. F. Rizal, M. D. Akbar, Y. Siradj, and A. Kusnayat, "Implementasi Kurikulum Robotik di Madrasah Tsanawiyah Pondok Pesantren Husnul Khotimah 2 Kuningan," *Charity*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2020, doi: 10.25124/charity.v3i2.2539
- W. Setiawan, R. Hermawan, and S. Suardi, "Analisa Potensi Angin Dan Cahaya Matahari Sebagai Alternatif Sumber Tenaga Listrik Di Wilayah Laut Sawu," *JST (Jurnal Sains Ter.)*, vol. 4, no. 1, pp. 57–62, Apr. 2018, doi: 10.32487/jst.v4i1.453.
- V. Dwisari, S. Sudarti, and Y. Yushardi, "Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan," *Opt. J. Pendidik. Fis.*, vol. 7, no. 2, pp. 376–384, 2023, doi: 10.37478/optika.v7i2.3322.
- Winkel, W. S., & Hastuti, M. S. (2005). *Bimbingan dan konseling di institusi pendidikan*. Yogyakarta: Media Abadi.
- Mirza Mirza, Rakhmad Syafutra Lubis, and Mansur Gapy, "Pemanfaatan Alternator Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)," *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. Vol. 4, No, no. 4, pp. 2252–7036, 2019.
- Q. Aini and Sudarti, "Analisis Potensi Angin Menggunakan Turbin Angin Sebagai Energi Terbarukan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Pltb)," *J. Multidisiplin Saintek*, vol. 01, no. 11, pp. 71–80, 2023.
- Arnold and A. Saidah, "Studi Kelayakan Dan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sumbu Vertikal Di Pantai Marunda Jakarta Utara," *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 8–16, 2024.
- Mardianto, A. Akmal, A. Hafid, and Adriani, "Perancangan Solar Cell Untuk Sumber Energi Listrik Mesin Pompa Air," *Tek. Elektro UNISMUH*, vol. 15, pp. 48–56, 2023.
- I. K. Mangelep, M. Rumbayan, and G. M. Ch Mangindaan, "Rooftop Solar Power Plants for Garden House Electrical Energy Sources," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 12, no. 3, pp. 167–174, 2023.
- F. Pijoh, Brahmana Duta P. K, and Purba Parulian Lasman, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Energi RamahLingkungan yang Berkelanjutan," *Ind. Syst. Eng. Journals*, vol. 2, no. 2, pp. 201–207, 2024.
- L. S. Paraschiv and S. Paraschiv, "Contribution of renewable energy (hydro, wind, solar and biomass) to decarbonization and transformation of the electricity

generation sector for sustainable development,” *Energy Reports*, vol. 9, pp. 535–544, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.egyr.2023.07.024.

G. Map, “Peta Lokasi Masyarakat Sasar.” p. [https://maps.app.goo.gl/pbEVTw2AAHJVdfgF7?g\\_st=aw](https://maps.app.goo.gl/pbEVTw2AAHJVdfgF7?g_st=aw), 2024, [Online]. Available: [https://maps.app.goo.gl/pbEVTw2AAHJVdfgF7?g\\_st=aw](https://maps.app.goo.gl/pbEVTw2AAHJVdfgF7?g_st=aw).

T. Damanik and S. Silaban, “Penerapan Solar Cell 200 Wp Listrik Pada Listrik Rumah Tangga,” *SINERGI POLMED J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 8–13, 2023, doi: 10.51510/sinergipolmed.v4i1.992.

F. T. Malau and A. Hamid, “Rancang Bangun Tiga Susun Turbin Angin Sumbu Vertikal Dengan Jumlah Sembilan Bilah Menggunakan Metode VDI,” *J. New Energies Manuf.*, vol. 1, no. 2, pp. 47–58, 2022.

F. M. Farhan, E. Rosdiana, I. W. Fathonah, and R. A. Salam, “Sistem Pemantauan Dan Pengendalian Daya Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler,” *Teknika*, vol. 7, no. 1, pp. 8–13, 2022.

M. E. D. S. D. M. R. Indonesia, “Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2024.” pp. 1–22, 2024.