



## Implementasi Panel Surya Sebagai Sumber Listrik Tambahan Pada Pondok Pesantren Nurul Muta'allimin Depok

**Bekti Yulianti<sup>1,\*</sup>, Munnik Haryanti<sup>2</sup>, Andy Juswara<sup>3</sup>, Sumpena<sup>4</sup>, Nurwijayanti<sup>5</sup>**  
<sup>1,2,3,4,5</sup>Fakultas Teknik Dirgantara dan Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 17 Februari 2024  
Direvisi: 20 Februari 2024  
Diterima: 22 Februari 2024

#### Kata kunci:

*Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), PLTS On Grid, PLTS Off Grid, Panel Surya, Baterai*

#### Keywords:

*Solar Power Plants (PLTS), On Grid PLTS, Off Grid PLTS, Solar Panels, Batteries*

#### Penulis Korespondensi:

Bekti Yulianti  
Email: [byulianti@unsurya.ac.id](mailto:byulianti@unsurya.ac.id)

### ABSTRAK

Panel surya menjadi salah satu jenis sumber energi terbarukan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang sudah mulai banyak dikenal dan diminati dimasyarakat sebagai penghasil listrik yang ramah lingkungan dan mudah diimplementasikan langsung pada skala rumah tangga karena dapat dibangun dan dioperasikan secara mandiri tanpa jaringan listrik PLN (Off Grid) atau terhubung dengan jaringan listrik PLN (On Grid). Kegiatan PKM Prodi Teknik Elektro mengimplementasikan PLTS On Grid di Pondok Pesantren Nurul Muta'allimin Depok dengan memasang 2 buah panel surya 100 WP secara paralel. Sistem PLTS dirancang dengan sistem otomatisasi untuk memindahkan mode listrik PLTS menjadi mode PLN apabila terjadi masalah pada panel surya. PLTS menghasilkan sumber listrik untuk menyalakan 10 buah lampu 30 Watt di area belajar. Sistem PLTS yang dibangun dapat menyalakan lampu selama 6-7 jam karena hanya menggunakan 1 buah baterai 100 Ah dan memerlukan waktu charging baterai selama 8-9 jam.

*Solar panels are one type of renewable energy source. Solar Power Plants (PLTS) are becoming widely known and in demand among the public as electricity producers that are environmentally friendly and easy to implement directly on a household scale because they can be built and operated independently without the PLN electricity network ( Off Grid) or connected to the PLN electricity network (On Grid). PKM activities for the Electrical Engineering Study Program implemented On Grid PLTS at the Nurul Muta'allimin Depok Islamic Boarding School by installing two 100 WP solar panels in parallel. The PLTS system is designed with an automation system to switch PLTS electricity mode to PLN mode if a problem occurs with the solar panels. PLTS produces an electricity source to light ten 30 Watt lamps in the study area. The PLTS system that was built can turn on the lights for 6-7 hours because it only uses one 100 Ah battery and requires a battery charging time of 8-9 hours.*

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Panel surya atau *photovoltaic* panel merupakan komponen yang berfungsi mengubah sinar matahari menjadi energi listrik [1]. Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat baik; rata-rata 4,80 kWh/ m<sup>2</sup> /hari dan sejalan dengan berkembangnya teknologi konversi energi seperti energi surya menjadi energi listrik serta mudahnya untuk mendapatkan peralatan yang diperlukan, potensi energi surya nasional menjadi hal yang layak dan terus didorong pemanfaatannya di Indonesia [2].

Pada saat ini panel surya menjadi salah satu jenis sumber energi terbarukan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang sudah mulai banyak dikenal dan diminati dimasyarakat sebagai penghasil listrik yang ramah lingkungan dan mudah diimplementasikan langsung pada skala rumah tangga. Awal mula masyarakat mengenal panel surya hanya melalui alat *water heater* yaitu alat pemanas air yang dipasang di atap rumah untuk dapat menghasilkan sumber air panas, kemudian berkembang menjadi skala yang lebih besar untuk menghasilkan sumber listrik.

Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) hingga Mei 2022 jumlah pelanggan PLTS atap sektor rumah tangga mencapai 14,94 MW dan berdasarkan Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) ditargetkan sebesar 200 MW pada 2025 untuk skala sektor industri dan rumah tangga [3]. Selain itu Perusahaan Listrik Negara (PLN) melalui Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) menargetkan kapasitas PLTS sebesar 3.200 MW untuk rentang tahun 2025 – 2028 dengan mengandalkan konsumen yang memasang panel surya dan bukan dari rencana nasional pengembangan PLTS komersial [4].

Dengan perkembangan penggunaan PLTS yang sangat pesat di masyarakat, PLTS dapat diperkenalkan sebagai sumber energi baru terbarukan (EBT) yang bisa dibangun dan dioperasikan secara mandiri tanpa atau dengan melibatkan listrik PLN (*hybrid*), karena komponen PLTS tersedia dipasaran dan mudah dibeli baik untuk keperluan individu, kelompok, maupun industri. Pada saat ini sudah banyak masyarakat atau lembaga-lembaga tertentu yang menerapkan PLTS untuk mendukung keperluan dan aktivitas mereka, terutama di daerah-daerah yang belum secara maksimal terdapat jaringan listrik PLN atau tempat-tempat yang digunakan untuk kegiatan kemasyarakatan.

Pondok Pesantren (PP) Nurul Muta'allimin merupakan Pondok Pesantren lembaga pendidikan agama non formal yang berlokasi di Jl. Ganaria 3 RT 004 RW 009 Kelurahan Ratu Jaya Kecamatan Cipayunh, Kota Depok, menampung masyarakat untuk belajar agama tanpa dikenai biaya pendidikan. Jumlah siswa/siswi yang belajar berjumlah kurang lebih 50 siswa mulai dari siswa/siswi tingkat Sekolah Dasar (SD), Sekolah Menengah Pertama (SMP), Sekolah Menengah Atas (SMA), mahasiswa sampai dengan ibu-ibu yang berada di wilayah sekitar PP tanpa diminta biaya. PP juga menerima anak-anak yang putus sekolah untuk belajar agama dan mengelola usaha sehingga dapat hidup mandiri. Untuk membiayai kebutuhan operasional PP, dibuat usaha-usaha skala kecil seperti peternakan ikan, peternakan, pemotongan ayam, perkebunan dan tempat pencucian motor. Usaha-usaha kecil tersebut dikelola oleh siswa-siswa yang menetap dipondok pesantren tersebut.

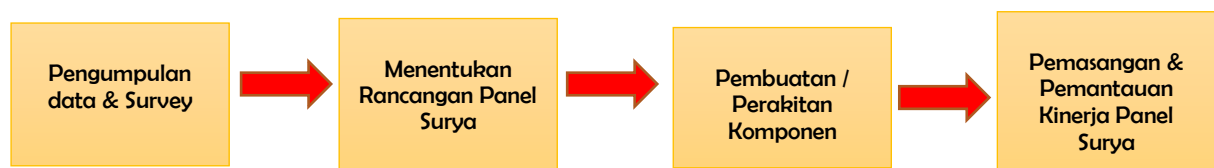
Jadwal kegiatan pembelajaran di PP dimulai pada siang hari setelah para siswa/siswi pulang dari sekolah formal sampai sore hari dan dilanjutkan kegiatan pada malam hari. Untuk para siswa-siswi yang menetap di PP tersebut, kegiatan dimulai pada pagi hari menjelang shubuh sampai dengan pagi hari. Sedangkan kegiatan ibu-ibu dilaksanakan pada sore dan malam hari. Selain itu PP juga melaksanakan kegiatan-kegiatan di moment-moment tertentu seperti pesantren kilat selama bulan Ramadhan, kegiatan perayaan-perayaan keagamaan Islam dan sebagainya.

Salah satu hal mendasar untuk mendukung kegiatan di PP tersebut adalah listrik. Pada saat ini sumber listrik untuk penerangan yang digunakan untuk kegiatan PP masih menyatu dengan listrik rumah induk / kediaman pengurus PP tersebut sehingga biaya listrik masih menyatu dengan biaya listrik rumah pribadi dengan daya 900 VA termasuk dalam kategori rumah tangga kecil kapasitas rendah [5]. Atas dasar tersebut maka Program Studi Teknik Elektro Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma (Unsurya) membangun panel surya sebagai supply listrik tambahan untuk penerangan di area yang digunakan untuk kegiatan pembelajaran PP, sehingga dapat memperingan biaya listrik pengurus PP setiap bulannya.

Pada kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) di PP Nurul Muta'allimin ini akan dipasang panel surya dengan jenis lampu yang akan digunakan untuk penerangan adalah lampu DC karena hemat energi yang mudah dalam penggunaan dan murah operasional serta perawatannya [6].

## II. METODE

Kegiatan ini dilaksanakan di PP Nurul Muta'allimin yang berlokasi di Kelurahan Ratu Jaya Kecamatan Cipayung Depok Jawa Barat. Adapun waktu pelaksanaan PKM selama 6 minggu yang terdiri dari kegiatan persiapan peralatan, pembuatan, hingga pemasangan panel surya. Metode yang digunakan dimulai dengan pengumpulan data dan survey, penentuan rancangan, pembuatan rangkaian / perakitan komponen, dan pemasangan panel surya seperti diagram pada gambar 1.



Gambar 1 Metode Pelaksanaan PKM

Pada tahap pertama pengumpulan data dilakukan menggunakan cara observasi langsung ke lokasi PP dengan tujuan untuk mengetahui informasi tentang kebutuhan dan kondisi lokasi yang akan digunakan untuk mendirikan panel surya dan kapasitas solar cell yang diperlukan untuk penerangan ruang belajar. Untuk mendapatkan informasi yang akurat, pendekatan yang digunakan pada saat observasi melalui dua aspek yaitu pendekatan faktor manusia dan fasilitas umum[7].

Tahap kedua menentukan rancangan panel surya dan komponen pendukungnya untuk disesuaikan dengan kebutuhan dari PP agar dapat berfungsi secara maksimal dan dapat bertahan untuk jangka waktu yang lama. Menentukan kapasitas panel surya disesuaikan dengan kapasitas daya yang dibutuhkan PP yang disesuaikan dengan jumlah lampu yang akan dipasang. Panel surya akan dirangkai secara paralel atau seri karena rancangan ini dibutuhkan untuk memperbesar arus dan nilai tegangan yang tetap. Panel surya yang dirangkai secara paralel apabila salah satu panel surya rusak maka hanya panel surya yang rusak tersebut yang tidak dapat menghasilkan listrik, sedangkan panel surya yang lain tetap berfungsi dengan baik [8]. Berbeda dengan panel surya yang dirangkai secara seri maka apabila terjadi kerusakan pada salah satu panel surya maka tidak akan berfungsi secara keseluruhan.

Perancangan selanjutnya menentukan penggunaan model *On Grid* pada PLTS yang akan dipasang. PLTS *On Grid* merupakan PLTS yang masih terhubung atau terkoneksi dengan jaringan listrik PLN, sehingga apabila terjadi masalah pada sistem PLTS maka dapat langsung berpindah ke jaringan listrik PLN. Berbeda dengan PLTS *Off Grid* dimana jaringan PLTS tidak terhubung atau terkoneksi dengan jaringan listrik PLN [9].

Menentukan komponen-komponen pendukung yang dibutuhkan untuk membuat rangkaian PLTS merupakan salah satu bagian yang penting agar PLTS dapat berfungsi dengan baik seperti *charger controller*, *battery/ACCU*, *power supply*, MCB, relay, trafo stepup serta jenis lampu yang akan digunakan. Lampu yang akan digunakan merupakan lampu LED DC. Penggunaan LED DC memiliki beberapa keunggulan seperti memelurkan daya yang rendah, intensitas cahaya lebih terang, masa pakai lebih lama dan harga yang jauh berbeda dengan lampu lain [10]. Lampu DC dapat menghemat daya rata-rata 40% dari lampu AC. Dengan penggunaan lampu DC maka dapat mengurangi satu bagian dari peralatan PLTS yaitu inverter sehingga mempersingkat sistem kerja PLTS.

Tahap ketiga membuat peralatan pendukung seperti penyangga untuk meletakkan solar cell dan membuat panel listrik solar cell. Semua kegiatan tersebut dilaksanakan di laboratorium Teknik Elektro Unsurya. Pada tahap ini dilakukan pengetesan awal secara terpisah terhadap masing-masing

peralatan yang akan digunakan apakah dapat berfungsi dengan baik, seperti pengetesan panel surya apakah dapat menghasilkan listrik secara maksimal, baterai / Accu yang digunakan sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan dapat berfungsi dengan baik. Langkah selanjutnya membuat rangkaian panel listrik solar cell dan dilakukan pengetesan terhadap panel listrik tersebut apakah telah berfungsi dengan baik.

Tahap keempat proses pemasangan dan pemantauan kinerja panel surya yang telah dipasang. Panel surya dirangkai secara paralel sehingga akan menghasilkan arus yang besar dengan tegangan tetap dan apabila salah satu panel surya tidak berfungsi maka sistem kelistrikan masih dapat beroperasi. Rangkaian panel surya tersebut akan dihubungkan dengan panel listrik solar cell yang telah dibuat untuk dapat menghidupkan lampu DC.

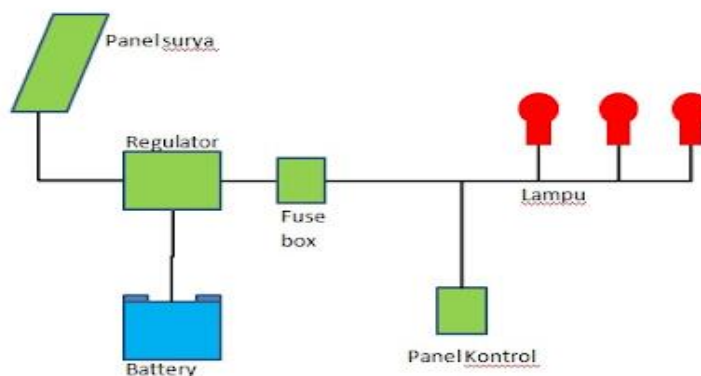
Pelaksanaan pemantauan dilakukan setelah panel surya terpasang. Untuk mengetahui kinerja panel surya yang terpasang maka dilakukan pemantauan untuk mengetahui apakah komponen-komponen terpasang dapat berfungsi, sehingga apabila terjadi kerusakan dapat diganti atau diperbaiki. Pemantauan ini akan terus dilakukan selama 1-2 bulan setelah selesai pemasangan.

### III. HASIL DAN DISKUSI

Berikut ini akan dibahas hasil – hasil pelaksanaan PKM Prodi Teknik Elektro Unsuraya mulai dari tahap persiapan, pelaksanaan, hingga evaluasi yang telah dilakukan.

#### 3.1. Tahap Persiapan

Rancangan PLTS yang akan dipasang ditunjukkan pada gambar 2. Berdasarkan hasil survey dan observasi, PLTS akan dibuat untuk memenuhi kebutuhan listrik lampu penerangan pada ruang belajar dengan konsep ruang terbuka, sehingga daya lampu yang digunakan lebih besar dibandingkan apabila pada konsep ruang tertutup.

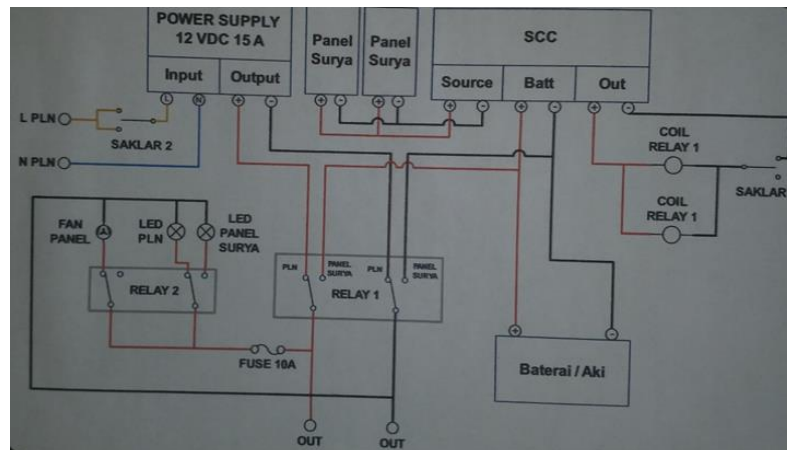


**Gambar 2** Skema Rangkaian Panel Surya

Rangkaian PLTS menggunakan 2 panel surya 100 WP, baterai 100 Ah dan lampu DC 30 Watt sebanyak 10 buah lampu. Untuk mengetahui daya lampu DC sebenarnya dapat dikonversi berdasarkan lumen pada lampu tersebut. Daya lampu 30 Watt atau disebut setara 30 Watt, memiliki daya sebesar 20 Watt DC, maka untuk 10 buah lampu maka dibutuhkan 200 Watt. Apabila setiap malam digunakan selama 5 jam mulai jam 05.00 – 10.00 WIB maka dibutuhkan daya 1000 Watt dan akan dipenuhi oleh 2 buah panel surya melalui baterai yang telah melalui proses *charging* pada siang hari.

Panel kontrol berfungsi digunakan untuk memutus proses *charging* baterai apabila kondisi sudah full yaitu mendapatkan 12 V dan akan mengisi kembali pada saat 11 Volt. Selain itu panel kontrol berfungsi untuk merubah mode PLTS menjadi mode PLN secara otomatis apabila terjadi permasalahan dengan PLTS atau baterai tidak terisi.

Pembuatan wiring skema panel surya dilakukan untuk membuat panel listrik PLTS yang akan diintegrasikan dengan solar cell yang dipasang. Komponen-komponen yang diperlukan pada panel PLTS yaitu *Power supply* 12 VDC 15 A, *Solar Charge Controller* (SCC) sebagai alat pengendali proses *charging* baterai, fan panel untuk menurunkan suhu komponen-komponen yang digunakan di dalam panel PLTS terutama *power supply*, relay untuk memutus dan menyambung aliran listrik, dan fuse sebagai pengamanan aliran listrik. Gambar 3 menunjukkan wiring panel PLTS.



Gambar 3 Skema Wiring Panel PLTS

Komponen-komponen PLTS akan melalui proses pengetesan awal terlebih dahulu untuk memastikan berfungsinya masing-masing komponen tersebut secara baik. Gambar 4 (a), (b) dan (c) menunjukkan proses pengetesan panel surya, baterai dan lampu yang akan digunakan.



(a)



(b)





( c )

**Gambar 4** (a) Pengetesan Panel Surya, (b) Pengetesan Baterai, (c) Pengetesan Lampu

Panel surya 100 WP dapat menghasilkan arus listrik minimal 2,86 Amper dan maksimal pada siang hari sebesar 5,75 Amper dengan tegangan maksimal mencapai 15 Volt. Sehingga dengan menggunakan 2 buah panel surya secara paralel dapat menghasilkan arus maksimal 11,5 Amper. Pada Baterai diisi hingga mencapai 12 Volt. Pada percobaan lampu, pada rangkaian ditambahkan dengan Trafo Stepup untuk mempertahankan arus ketika mencapai lampu tetap stabil 12 Volt, karena penurunan tegangan akan terjadi karena pengaruh panjang kabel yang digunakan.

Pembuatan Panel listrik PLTS berdasarkan skema *wiring* yang telah dibuat seperti pada gambar 5 (a) dan (b) berikut ini. Pengetesan dilakukan langsung menggunakan panel surya sebagai *power supply* nya.



(a)



(b)

**Gambar 5** (a) Bagian dalam panel, (b) bagian luar panel

### 3.2. Tahap Pelaksanaan dan Pengujian PLTS

Pelaksanaan pemasangan panel surya dilaksanakan oleh mahasiswa dan dibantu oleh beberapa siswa dari PP. Keterlibatan mereka pada saat pemasangan bertujuan untuk memberikan pengetahuan

kepada mereka mengenai panel surya. Panel surya diletakkan di atap rumah yang datar dan tempat yang tidak tertutup atau terhalangi oleh pohon atau bangunan lainnya agar proses *photovoltaic* berlangsung dengan maksimal. Proses pemasangan dan pengkabelan seperti pada gambar 6 (a) dan (b).



(a)



(b)

**Gambar 6** (a) Pemasangan panel surya, (b) Penarikan Kabel

Pemasangan kabel dilakukan untuk menghubungkan panel surya dengan panel listrik PLTS dan menghubungkan panel listrik PLTS dengan lampu-lampu sebagai outputnya.

Pengujian pada tahap ini dengan dilakukan pada sistem PLTS yang telah terpasang dan dilakukan beberapa kali yaitu :

- a. Pengujian pertama dilakukan pada panel listrik PLTS untuk proses pemindahan secara otomatis mode PLTS menjadi mode PLN apabila terjadi masalah pada panel surya. Pengujian dilakukan dengan memutus arus yang berasal dari panel surya dan secara otomatis panel listrik PLTS akan berubah menjadi mode PLN. Alat dapat berfungsi dengan baik.
- b. Pengujian kedua terhadap baterai apakah proses *charging* berjalan dengan baik. Proses *charging* dapat dilihat melalui indikator pada SCC. Bar pada indikator bertambah tinggi, hal ini mengindikasikan bahwa proses *charging* baterai berlangsung.
- c. Pengujian ketiga pengujian terhadap lampu-lampu sebagai outputnya. Apabila lampu menyala redup maka tegangan masuk pada lampu tersebut kurang dari 12 Volt. Apabila hal ini mengindikasikan bahwa terjadi penurunan tegangan dari panel listrik menuju ke lampu. Setiap lampu yang menyala akan diukur menggunakan instrumen voltmeter pada saat menyala. Rata-rata tegangan pada lampu 11,6 Volt atau mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,4 Volt.

Pengujian terhadap kinerja perlu dilakukan untuk melihat kehandalan dari rancangan sistem PLTS yang telah dirancang.

- a. Waktu yang dibutuhkan untuk proses *charging* baterai sampai dengan kondisi penuh rata-rata memerlukan waktu 8 – 9 jam. Hasil tersebut didapat dari besarnya kapasitas baterai 100Ah dibagi dengan arus maksimal yang dihasilkan oleh 2 buah panel surya mencapai 10 A pada saat cuaca cerah pada siang hari.
- b. Lama penggunaan baterai 12 Volt 100 Ah untuk menghidupkan lampu dengan daya total lampu 200 Watt adalah rata-rata selama 6-7 jam.

Dengan pemasangan panel surya ini, maka PP mendapatkan sumber energi listrik tambahan untuk sebesar 200 Watt untuk melaksanakan kegiatan pembelajaran tanpa mengeluarkan biaya tambahan untuk pembayaran listriknya dan diharapkan dapat mengurangi biaya listrik hingga 15% per bulannya.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan implementasi dan evaluasi sistem PLTS dapat disimpulkan bahwa kegiatan PKM di Pondok Pesantren Nurul Muta'allimin telah berjalan dengan baik. Sistem PLTS yang dipasang telah berfungsi secara maksimal sebagai sumber energi listrik tambahan untuk dapat menyalakan lampu 10 buah lampu DC di area belajar siswa/siswi selama 6-7 jam. Selama proses pemasangan sistem PLTS mandiri ini telah menumbuhkan kepedulian kepada pihak Pondok Pesantren tentang Energi Baru Terbarukan sebagai sumber energi alternatif selain energi listrik PLN. Dengan penggunaan PLTS ini dapat membantu Pondok Pesantren mengurangi biaya listrik setiap bulan kurang lebih sebesar 15%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma Jakarta yang telah mendanai dan mendukung kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini sehingga terlaksana dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- W. Anhar, B. Basri, M. Amin, R. Randis, and T. Sulisty, 'Perhitungan Lampu Penerangan Jalan Berbasis Solar System', *JST (Jurnal Sains Terapan)*, vol. 4, no. 1, pp. 33–36, 2018.
- S. Samsurizal, A. Makkulau, and R. Afrianda, 'Simulasi optimalisasi kapasitas pembangkit listrik tenaga surya pada atap gedung', *Jurnal Penelitian Saintek*, vol. 1, no. 1, pp. 31–37, 2022.
- S. Modjo, 'PLN vs Energi Terbarukan: Peraturan Menteri ESDM Terkait Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap', *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, vol. 6, no. 1, pp. 19–40, 2019.
- D. E. D. A. N. S. D. MINERAL, 'Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional', Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019.
- P. Widayat, 'Resiko Keuangan Rumah Tangga Pasca Kenaikan Tarif Dasar Listrik'.
- N. Wahyuni, S. Syaifurrahman, and J. Islami, 'Instalasi PLTS Skala Rumah Tangga dengan Lampu Led Dc Hemat Energi bagi Masyarakat Terpencil di Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat', *J-ABDIPAMAS (Jurnal Pengabdian Kpd. Masyarakat)*, vol. 3, no. 2, p. 17, 2019.
- [Z. Fakhri, A. Daelami, A. Charisma, and N. T. Somantri, 'Penerapan Tenaga Listrik Solar Cell Untuk Lampu Penerangan Jalan Umum Di Kp. Cilimus Desa Padaasih Kecamatan Cisarua Kabupaten Bandung Barat', *Jurnal Pengabdian Masyarakat. LPPM Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan*, 2022.
- D. Amalia, H. Abdillah, and T. W. Hariyadi, 'Analisa Perbandingan Daya Keluaran Panel Surya Tipe Monokristalin 50wp Yang Dirangakai Seri Dan Paralel Pada Instalasi Plts Off-Grid', *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, vol. 8, no. 1, pp. 12–21, 2022.
- Y. R. Denny et al., 'Rancang Bangun Dan Pelatihan Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Off Grid Sebagai Penerangan Jalan Umum Bagi Masyarakat Di Desa Ujung Tebu Ciomas Banten', in *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat, 2023*, pp. SNPPM2023ST-213.
- J. H. Saputro, T. Sukmadi, and K. Karnoto, 'Analisa Penggunaan Lampu Led Pada Penerangan Dalam Rumah', *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 15, no. 1, pp. 19–27, 2013.