



ANALISIS EFEKTIFITAS PENGGUNAAN ATS DALAM MENINGKATKAN KEANDALAN PASOKAN LISTRIK DARI PLTS OFF-GRID

Naul Halimi Jaenuri^{1*}, Woro Agus Nurtiyanto², Rahmat Subur³
Prodi Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia
E-mail: naul250@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan energi baru untuk pembangkit listrik di Indonesia masih belum maksimal. Oleh karena itu perlu adanya inovasi-inovasi baru dalam menciptakan berbagai energi alternatif baru terbarukan yang ramah lingkungan salah satunya yaitu melalui panel surya disekitar kita. Bagaimana cara merancang system of grid metode ats. Dengan tujuan mengurangi pemakaian listrik dari PLN. Pada Sistem PITS of grid, Charger Controller, Baterai, Inverter. Untuk pengujian Modul Surya dengan total 3080 Wp dengan adanya beban didapat daya maksimal yang dihasilkan 782,35 W selama 9 jam. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa PLTS off-grid dengan ATS memiliki keterbatasan dalam memenuhi kebutuhan listrik mandiri, dengan hasil harian di bawah 9,00 kWh. ATS beroperasi otomatis selama 3 bulan yaitu September (19 dari 30 hari), Oktober (23 dari 31 hari), dan November (23 dari 30 hari) berhasil meningkatkan keandalan PLTS Off-Grid serta menjamin pasokan listrik yang berkelanjutan.

Kata kunci: Energi Terbarukan, Photo Voltaik (PV), Automatic Transfer Switch (ATS)

1. Pendahuluan

Sebagaimana ditunjukkan oleh Keputusan Menteri ESDM Nomor 143K/20/MEM/2019, sebagian besar pembangkit listrik di Indonesia masih menggunakan batu bara sebagai bahan bakar utama. (Alam & Fansuri, 2022). Dengan demikian, rasio pertumbuhan kebutuhan energi listrik nasional diperkirakan akan meningkat (Adistia et al., 2020).

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber listrik alternatif telah berkembang secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir. (Cahyono et al., 2022). Terutama di tempat-tempat yang jauh atau sulit dijangkau oleh jaringan listrik utama, Sistem tenaga surya yang menggunakan teknologi photovoltaic yang digunakan oleh sel surya untuk menghasilkan listrik dari sinar matahari (Cahyono et al., 2022). PLTS memiliki fleksibilitas yang dapat dikonstruksi dalam berbagai ukuran mulai dari skala yang kecil hingga besar (SIBARANI, 2023). PLTS yang berukuran kecil ini juga dikenal sebagai PLTS atap atau sistem rumah surya (SHS) (Riafinola et al., 2022).

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang tidak terhubung ke jaringan telah menjadi solusi yang semakin populer. (Napitupulu et al., 2023). PLTS off-grid menawarkan potensi untuk menyediakan pasokan listrik yang berkelanjutan dan ramah lingkungan, sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil (Musyafiq et al., 2023). Namun, keandalan pasokan listrik dari PLTS off-grid masih menjadi isu yang perlu diperhatikan (Prastio et al., 2023).

Keberhasilan PLTS off-grid dalam menyediakan pasokan listrik yang handal dan terus-menerus menjadi kunci keberlanjutan proyek-proyek tersebut (Prastio et al., 2023). Pada dasarnya, sistem PLTS off-grid terdiri dari panel surya, baterai penyimpanan, kontroler baterai, dan dalam beberapa kasus (Syahwil & Kadir, 2021). Untuk menjaga keandalan pasokan listrik, sistem ini memerlukan manajemen yang



cermat, terutama saat kondisi lingkungan dan beban listrik berubah (Syahputra et al., 2020).

Salah satu komponen kunci dalam sistem PLTS off-grid adalah Automatic Transfer Switch (ATS), yang sering kali menjadi jantung sistem (WANDIRA, 2022). ATS adalah perangkat yang mendeteksi pemadaman listrik dari panel surya atau baterai utama dan dengan cepat beralih ke sumber daya cadangan, seperti baterai cadangan atau generator, untuk menjaga kelangsungan pasokan listrik (Dewangga et al., 2019).

Pentingnya memusatkan perhatian pada penggunaan ATS untuk pasokan listrik dari PLTS, karena hal ini terkait dengan keberlanjutan pasokan energi, terutama saat kondisi cuaca buruk atau di malam hari ketika tidak ada sinar matahari (Wijaya & Lutfiyani, 2021). Pada penelitian ini akan membahas tentang analisis efektifitas penggunaan ATS dalam meningkatkan keandalan pasokan listrik dari PLTS.

2. Tinjauan Pustaka

Potensi Energi Surya di Indonesia

Menggunakan energi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk mengatasi krisis energi, terutama minyak bumi, telah menjadi perhatian utama sejak tahun 1970-an (Sariman, 2020). Energi matahari memiliki beberapa keunggulan, termasuk ketersediaan yang tidak memiliki batas dan tidak menghasilkan polusi lingkungan yang merusak. Salah satu cara untuk mengkonversi sinar matahari untuk menghasilkan listrik melalui penggunaan teknologi sel surya atau fotovoltaiik. (Lubna et al., 2021).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Dengan munculnya negara-negara industri raksasa, kebutuhan energi di seluruh dunia telah meningkat pesat sejak akhir-akhir ini. (Wahidin & Hidayat, 2023). Konsumsi energi berkorelasi positif dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi. (Marsedi et al., 2023). Terbatasnya sumber energi fosil menyebabkan perlunya pengembangan energi terbarukan dan konservasi energi (Wahidin & Hidayat, 2023). Energi non-fosil yang dapat diperbaharui dan berasal dari alam adalah yang dimaksud dengan "energi terbarukan". Sumber daya tidak akan habis jika dikelola dengan baik. Salah satu contohnya adalah penggunaan energi terbarukan, seperti panas bumi, atau PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).

Automatic Transfer Switch (ATS) dalam Sistem PLTS Off-Grid

Automatic Transfer Switch (ATS) adalah komponen penting dari sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) off-grid (Hayusman, 2022). Fungsinya adalah untuk mengotomatisasi peralihan antara sumber daya listrik dari panel surya dan sumber daya cadangan, seperti generator atau baterai. Penggunaan Automatic Transfer Switch (ATS) memiliki peran yang penting dalam menjadikan sistem PLTS off-grid menjadi lebih efisien, handal, dan sesuai dengan kebutuhan pasokan listrik di berbagai situasi.

3. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di rumah pemilik Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) OFF-Grid yang berlokasi di Jalan Rias Permai Perum, HMHR+MPG, Cogreg, Kecamatan Parung, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur, observasi, wawancara, dan dokumentasi. Dalam tahap alat uji, digunakan sistem uji yang terdiri dari beberapa komponen utama



seperti PLTS, catu daya PLN, beban listrik, baterai, inverter, Automatic Transfer Switch (ATS), dan sistem proteksi. Tahap pengujian kinerja dilakukan dengan tiga kondisi percobaan, yaitu saat kedua suplai PLTS dan PLN aktif, saat PLTS OFF suplai, dan saat suplai daya PLTS kembali ON. Data yang dikumpulkan meliputi pengukuran tegangan dan arus, perhitungan tegangan pada LVD, dan waktu yang diperlukan untuk beralih dari PLTS ke PLN. Hasil pengujian dievaluasi untuk menentukan keandalan ATS dalam pasokan listrik dengan sistem PLTS Off-Grid. Komponen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi modul fotovoltaik, baterai, inverter, SCC, kontaktor, relay AC dan DC, LVD, smart breker, lampu indicator, MCB AC dan DC. Alat yang digunakan meliputi tang ampere dan tespen. Selain itu, terdapat diagram alur penelitian yang menunjukkan proses penelitian secara garis besar. Penelitian ini dilakukan dalam interval waktu yang telah ditentukan.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap sistem Automatic Transfer Switch (ATS) pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid. ATS merupakan komponen yang berfungsi untuk menghubungkan sumber daya dari PLTS dan PLN ke beban listrik.



Gambar 4.1 Penerapan PV(PhotoVoltaik) arah timur



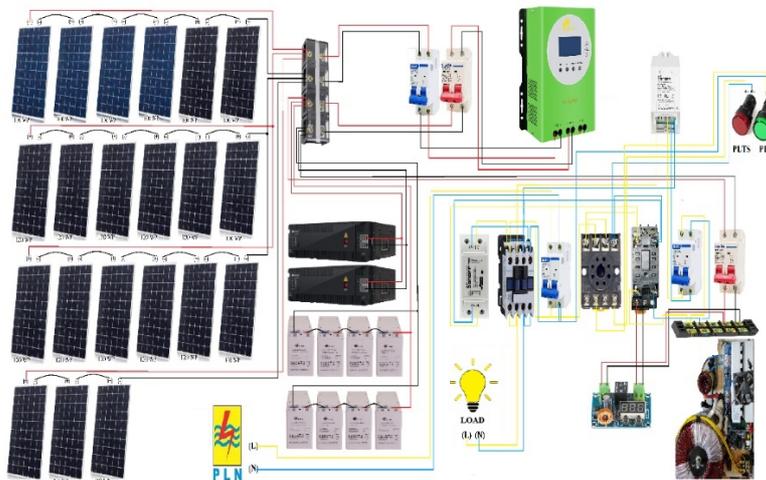
Gambar 4.2 Penerapan PV(PhotoVoltaik) arah barat

Panel Surya atau juga disebut dengan PV(PhotoVoltaik) yang berfungsi menghasilkan energi listrik dari sinar matahari. Untuk bisa melakukannya, panel surya menggunakan teknologi PV atau fotovoltaik. Dengan teknologi tersebut, Panel



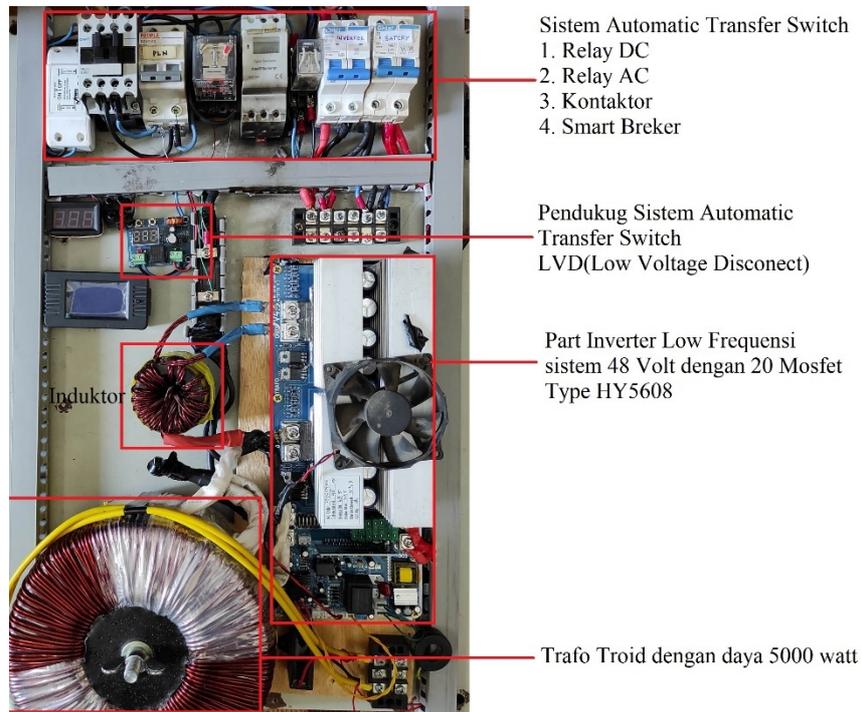
surya menyerap sinar matahari dan menghasilkan energi listrik. siap pakai emergi listrik yang keluar dari PV ialah tegangan DC(Direct-Current). Pada gambar di atas Panel Surya yang di terapkan pada arah Timur ialah panel surya dengan kapastitas total 1080 Wp dengan tipe monocrystalline dengna jumlah 3 buah. Panel surya ini yang awalnya untuk mengejar hasil listrik untuk mengisi baterai PLTS yang terpakai apda malam hari.

Pada gambar Panel Surya yang di terapkan pada arah barat yaitu panel surya dengan kapastitas total 2000Wp dengan tipe monocrystalline dan polycrystalline dengan jumlah 18 buah dan 4 buah. Panel surya ini yang diterapkan pada saat posisi matahari sudah di atas dan matahari akan mengarah barat, yang tujuannya beban pada rumah yang sedang dipakai bisa kalkulasi lebih efisien dengan pv yang sudah di sesuaikan untuk mendapatkan hasil listrik yang baik.



Gambar 4.3 Diagram Pengawatan ATS untuk PLTS dan PLN

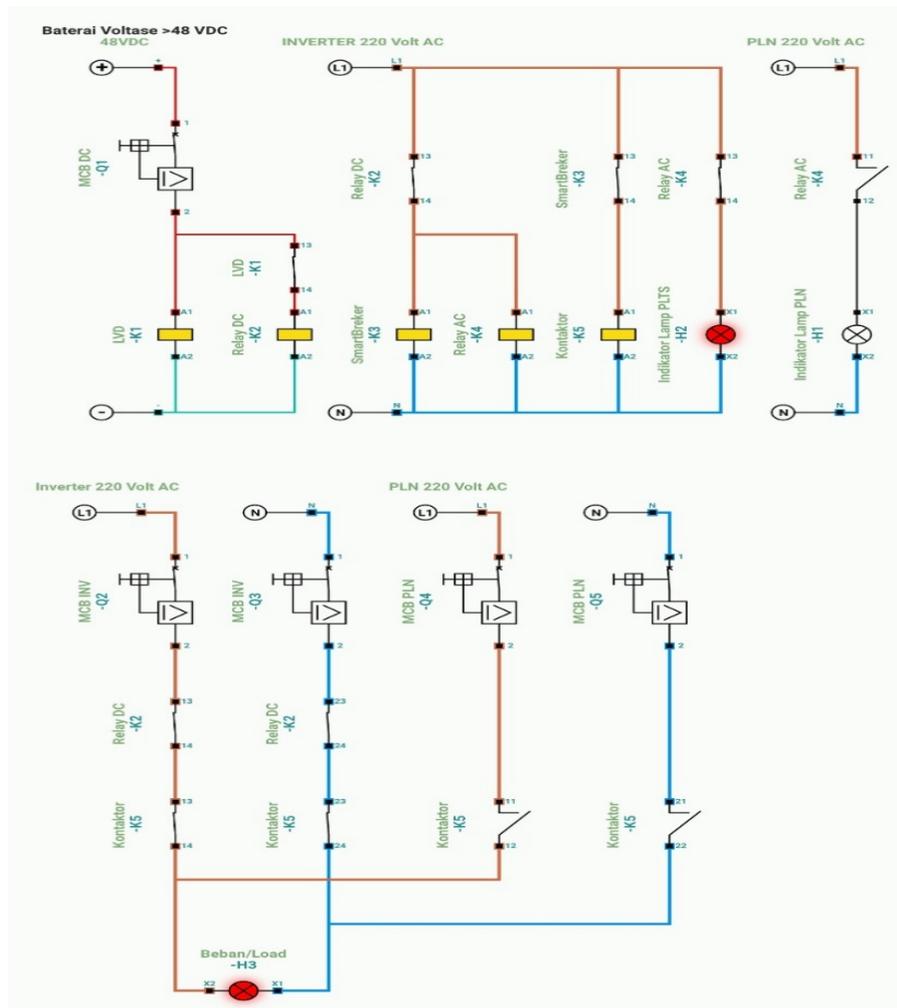
Gambar 4.3 menjelaskan diagram pengawatan ATS yang terdiri dari panel surya, baterai, inverter, dan komponen pendukung lainnya. Proses kerja ATS terjadi ketika tegangan dan isi baterai memenuhi syarat LVD (low voltage di baterai). Jika energi baterai mencukupi, suplai listrik akan dialihkan dari PLN ke beban melalui inverter. Namun, jika energi baterai tidak mencukupi, suplai akan dialihkan dari PLTS ke PLN.



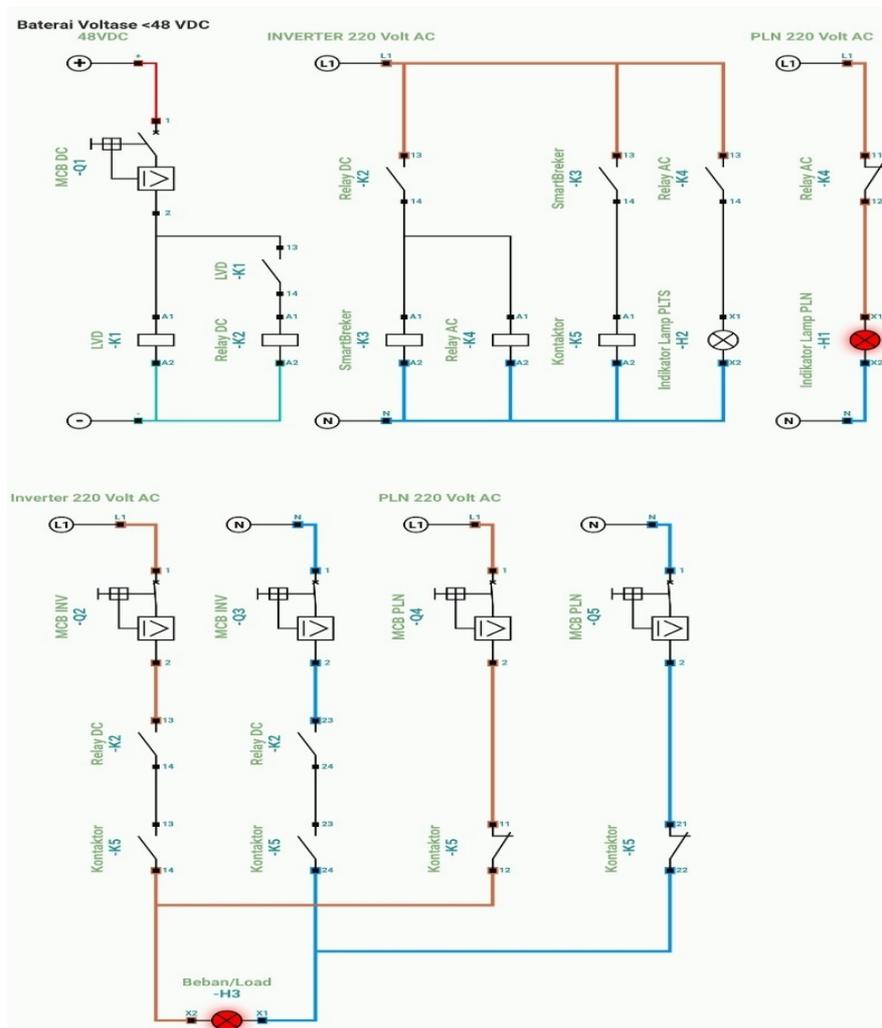
Gambar 4.4 Panel Listrik ATS



Gambar 4.5 Pengukuran Arus PV

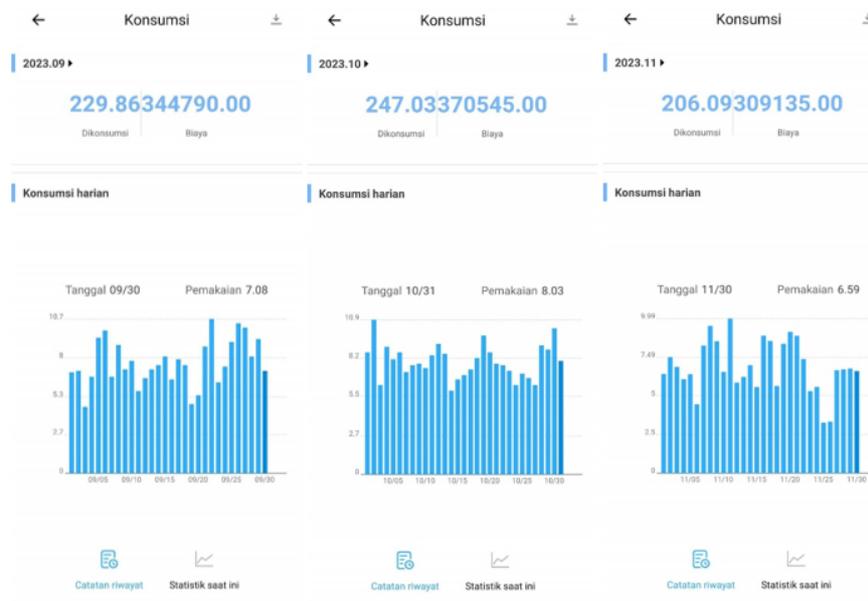


Gambar 4.6 Diagram Rangkaian Kondisi PLTS ON



Gambar 4.7 Diagram Rangkaian Kondisi PLN ON

Alat ukur seperti Tang Ampere digunakan untuk mengukur tegangan dan arus pada panel fotovoltaik dengan total kapasitas 3080 Wp. Hasil pengukuran menunjukkan tegangan rata-rata sebesar 79,35 V dan arus rata-rata sebesar 9,85 A. Selain itu, dilakukan pengujian pada LVD (Low Voltage Disconnect) yang terhubung dengan baterai. Tegangan rata-rata pada LVD adalah 50,00 V.



Gambar 4.8 Data Monitoring dengan Sonoff Pow R2

Dari gambar diatas hasilnya Data Monitoring dengan Sonoff Pow R2 menunjukkan hasil monitoring dari penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid dengan periode tiga bulan yaitu pada bulan September, Oktober dan November. Media alat ukur yang di gunakan adalah menggunakan Sonoff Pow R2 yang sudah terinstal pada sistem.

Pada pengujian baterai, diperoleh tegangan rata-rata sebesar 49,9 V. Data monitoring dari PLTS Off-Grid juga dilakukan dengan menggunakan alat Sonoff Pow R2. Hasil monitoring menunjukkan konsumsi rata-rata sebesar 7,66 kWh pada bulan September, 7,9 kWh pada bulan Oktober, dan 6,87 kWh pada bulan November. Seluruh hasil pengujian ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang efisiensi dan kinerja sistem ATS pada PLTS Off-Grid.

Pembahasan

Sistem Pengumpan Automatic Transfer Switch (ATS) di PLTS Off-Grid memiliki fungsi yang sangat penting dalam mengelola sumber daya listrik antara PLTS dan sumber listrik cadangan dari PLN. Diagram pengawatan ATS untuk PLTS dan PLN menggambarkan secara jelas cara kerja sistem ini. Saat ada cahaya matahari, panel surya menghasilkan energi yang akan disimpan di baterai. Ini dilakukan oleh Solar Cell Controller (SCC) untuk menghasilkan energi ini. Energi tersebut kemudian diubah dari listrik DC menjadi listrik AC melalui inverter.

Proses ini berlangsung selama tegangan dan kapasitas baterai memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan, seperti Low Voltage Disconnection (LVD). Selanjutnya, listrik dari inverter digunakan untuk memasok beban melalui DC relay, kontaktor, dan didukung oleh Smart Breaker yang dapat dioperasikan baik secara online melalui aplikasi maupun offline melalui tombol pada perangkat. Namun, jika kapasitas baterai tidak mencukupi, pasokan listrik akan ditransfer ke PLN.

Jika panel surya kembali menghasilkan energi listrik dan memenuhi syarat LVD yang telah ditentukan, pasokan listrik otomatis dialihkan kembali dari PLN ke PLTS. Sistem ini memastikan bahwa PLTS berfungsi sebagai sumber utama, sementara PLN bertindak sebagai cadangan atau backup. Alat utama yang terlibat



dalam pengoperasian sistem ATS ini terdapat pada Panel Listrik ATS, yang mencakup Relay DC dan AC, Kontaktor, Smart Breaker, dan perangkat lainnya.

Selain itu, penjelasan terinci mengenai penerapan panel surya pada arah Timur dan Barat memberikan gambaran tentang strategi penempatan panel surya untuk meningkatkan efisiensi pengumpulan energi matahari sepanjang hari. Penggunaan Maximum Power Point Tracking (MPPT) untuk mengontrol tegangan dan arus dari panel surya, serta baterai penyimpanan dengan kapasitas 48 Volt 400Ah, juga dijelaskan dengan rinci.

Rangkaian pengujian, mulai dari pengujian modul panel surya, ntuk pengujian Modul Surya dengan total 3080 Wp dengan adanya beban didapat daya maksimal yang dihasilkan 782,35 W selama 9 jam, LVD, hingga pengujian pada baterai, memberikan data yang signifikan untuk mengevaluasi kinerja sistem ATS secara keseluruhan. Seluruh pengujian ini dilakukan dengan cermat, dengan mencatat hasil pengukuran arus, tegangan, dan kondisi beban pada setiap tahap pengujian. Diagram rangkaian kondisi PLTS ON dan PLN ON memberikan gambaran visual yang membantu dalam memahami langkah-langkah yang diambil oleh ATS berdasarkan kondisi tegangan baterai.

Hasil monitoring PLTS dengan menggunakan Sonoff Pow R2 selama periode tiga bulan (September, Oktober, dan November) memberikan gambaran yang lebih lanjut tentang kinerja sistem ini dalam penggunaan sehari-hari. Dengan memperhatikan tarif dan biaya listrik, dapat disimpulkan bahwa PLTS Off-Grid mampu memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi ketergantungan pada PLN, sekaligus memberikan alternatif yang lebih efisien secara ekonomi.

Dalam analisis biaya, terdapat perbedaan antara hasil monitoring dan perhitungan manual berdasarkan tarif PLN. Namun, setelah disesuaikan dengan tarif yang tertera pada alat monitoring, selisih tersebut dapat dijelaskan dan memberikan gambaran yang lebih akurat tentang cost benefit dari penggunaan PLTS Off-Grid. Adanya informasi tentang minimal, maksimal, dan rata-rata konsumsi PLTS Off-Grid juga memberikan pemahaman yang lebih baik tentang performa sistem ini.

Dengan jumlah hari di mana ATS harus beralih dari PLTS ke PLN selama setiap bulan, diperoleh informasi tambahan tentang kebutuhan energi yang tidak dapat dipenuhi sepenuhnya oleh PLTS Off-Grid. Ini membuka peluang untuk meningkatkan kapasitas sistem atau mengevaluasi konsumsi energi rumah tangga guna meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Keseluruhan, penelitian ini memberikan pandangan mendalam tentang desain, kinerja, dan dampak ekonomi dari sistem ATS pada PLTS Off-Grid.

5. Simpulan

Berdasarkan pengolahan dan analisis data, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kontrol ATS pada PLTS off-grid memiliki peran penting dalam menjaga keandalan pasokan listrik. Dalam kondisi cuaca yang tidak stabil, ATS membantu sistem PLTS untuk beradaptasi secara otomatis. Penelitian ini menunjukkan bahwa PLTS off-grid yang dilengkapi dengan ATS memiliki keterbatasan dalam memenuhi kebutuhan listrik rumah secara mandiri. Hasil monitoring konsumsi listrik menunjukkan bahwa ATS bekerja secara otomatis untuk memindahkan pasokan listrik dari PLTS ke PLN ketika konsumsi harian kurang dari 9,00 kWh. Hal ini terlihat dari data monitoring pada bulan September (19 hari dari 30), Oktober (23 hari dari 31), dan November (23 hari dari 30). Meskipun PLTS off-grid tergantung



pada faktor eksternal seperti cuaca, keberadaan ATS membantu meminimalkan dampaknya dan meningkatkan keandalan sistem. Dengan demikian, PLTS off-grid secara keseluruhan efektif dalam memberikan pasokan listrik yang andal dalam kondisi tertentu, terutama dengan adanya kontrol ATS.

Daftar Referensi

Buku

- Nugraha, A. T., & Eviningsih, R. P. (2022). Penerapan Sistem Elektronika Daya: AC Regulator, DC Chopper, dan Inverter. Deepublish.
- SIBARANI, B. J. (2023). ANALISIS PRODUKTIVITAS PANEL SURYA PADA PLTS AUTOTRACKING 5 KWP KEDAIREKA UNIVERSITAS HKBP NOMMENSEN MEDAN.
- SIHITE, J. (2021). STUDI PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA TERHADAP INTENSITAS CAHAYA PANEL SURYA.
- Sihotang, M. P. (2019). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-Grid System. Pekanbaru: Univestas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim.
- Silitonga, A. S., & Ibrahim, H. (2020). Buku ajar energi baru dan terbarukan. Deepublish.
- SIMANJUNTAK, W. V. (2022). STUDI ANALISIS PANEL SURYA PADA ROOFTOP GEDUNG-I DAN GEDUNG-L UNIVERSITAS HKBP NOMMENSEN.
- SITANGGANG, G. H. (2022). PERUBAHAN EFISIENSI AKIBAT PERUBAHAN TEMPERATUR PANEL SURYA.

Artikel Jurnal

- Adistia, N. A., Nurdiansyah, R. A., Fariko, J., Vincent, V., & Simatupang, J. W. (2020). Potensi energi panas bumi, angin, dan biomassa menjadi energi listrik di Indonesia. TESLA: Jurnal Teknik Elektro, 22(2), 105–116.
- Agussationo, Y., & Rajanudin, A. (2022). Rancang Bangun Water Level Control Berbasis Sonoff Smart Switch. Jurnal Elektronika Listrik Dan Teknologi Informasi Terapan, 4(1), 12–22.
- Alam, M. J. K., & Fansuri, R. F. (2022). Kerja Sama Operasi Penyediaan Listrik Di Indonesia Bagian Timur: Harapan Dan Hambatan. CONSTITUTUM Jurnal Ilmiah Hukum, 1(1).
- Cahyono, G. R., Subagyo, R., Ansyah, P. R., Ramadhan, M. N., & Jauhari, M. F. (2022). PEMANFAATAN ENERGI SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF PADA MUSHOLA NURUL HIKMAH KELURAHAN LOKTABAT UTARA-BANJARBARU UNTUK MENCAPAI GREEN-ENERGY MOSQUE. Jurnal IMPACT: Implementation and Action, 4(1).
- Damayanti, E., & Iyas, M. (2019). Rancang Bangun Prototype Sistem Panel ATS Hibrid Antara Turbin Angin dan Solar Sell dengan Grid PLN Untuk Energi Listrik Rumah dengan Daya 456W. Jurnal TEDC, 12(1), 23–30.
- Demeianto, B., Yaqin, R. I., Siahaan, J. P., Priharanto, Y. E., Abrori, M. Z. L., Tumpu, M., Fadiga, A. I., & Mahendra, T. (2022). RANCANG BANGUN PANEL AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI CATU DAYA KINCIR AIR PADA TAMBAK PERIKANAN. Aurelia Journal, 4(2), 203–218.



- Dewangga, D. D., Suhanto, S., & Moonlight, L. S. (2019). Rancang Bangun Prototype Kontrol Dan Monitoring Automatic Transfer Switch (Ats) Pada Pln Dan Solar Sel Berbasis Programmable Logic Controller (Plc). Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan), 3(1).
- Dewanto, M. R., Priyanto, Y. T. K., Salim, T. D. P., Khatami, M., & Suprpto, S. S. (2022). Perancangan Dual-Axis Solar Tracker untuk PLTS dengan Analisis Pengaruh Jumlah Sensor dan Tracking Delay. *Jurnal Sistim Informasi Dan Teknologi*, 204–208.
- Dipociala, D., Saleh, Z., & Oktaviani, W. (2023). Automatic Transfer Switch (ATS) Berbasis Sensor Tegangan Baterai Untuk PLTS. *Electrician: Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 17(1), 44–51.
- Emes, Y. G., & Kewas, J. C. (2022). ANALISA PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA KAPASITAS 10 WATT PEAK (WP) TIPE MONOCRYSTALLINE TERHADAP DAYA OUTPUT. *ACTUATOR: Jurnal Teknik Mesin*, 3(2).
- Emidiana, E., Perawati, P., & Rudin, H. (2022). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Perumahan Karyawan Blok B55 PT. Cipta Lestari Sawit Bumirejo Estate. *Elektrika*, 14(2), 35–40.
- Fauzi, R. A. (2021). Wakaf dan Energi Terbarukan. *Al-Awqaf: Jurnal Wakaf Dan Ekonomi Islam*, 14(2), 123–138.
- Hayusman, L. M. (2022). Studi Perencanaan Panel Kendali Plts-Pln Berdasarkan Kapasitas Baterai Untuk Plts Off-Grid. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 8(1), 35–44.
- Hayusman, L. M., & Hidayat, T. (2021). Redesain Panel kendali PLTS 400 Wp di Masjid Al-Ikhlâs Perumahan Bumi Perkasa Regency Kabupaten Malang Jawa Timur. *Buletin Profesi Insinyur*, 4(2), 62–69.
- HUTAPEA, H. H. (2023). ANALISIS KINERJA BATERAI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 2 Kwp KEDAIREKA UNIVERSITAS HKBP NOMMENSEN MEDAN.
- Idris, M. (2019). Rancang panel surya untuk instalasi penerangan rumah sederhana daya 900 watt. *Jurnal Elektronika Listrik Dan Teknologi Informasi Terapan*, 1(1), 17–22.
- Kadang, J. M., & Windarta, J. (2021). Optimasi sosial-ekonomi pada pemanfaatan PLTS PV untuk energi berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(2), 74–83.
- Latupono, N. I., Rikumahu, J. J., & Parera, L. M. (2021). PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ON-GRID DI ATAP GEDUNG JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI AMBON. *JURNAL ELKO (ELEKTRIKAL Dan KOMPUTER)*, 2(2).
- Lazuardi, I. A., Farid, I. W., & Priananda, C. W. (2021). Automatic Transfer Switch Dilengkapi Fitur Monitoring Website pada On-Grid Solar Home System. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), B204–B211.
- Lestari, N. M. N., Kumara, I. N. S., & Giriantari, I. A. D. (2021). Review Status Panel Surya di Indonesia Menuju Realisasi Kapasitas PLTS Nasional 6500 MW. *Jurnal Spektrum*, 8(1).
- Lubna, L., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2021). Potensi Energi Surya Fotovoltaik Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Pelita: Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah*, 21(1), 76–79.



- Marhatang, M., Andareas, P., & Remigius, T. (2022). PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI AUTOMATIC TRANSFER SWITCH ANTARA PLTS OFF-GRID DENGAN JARINGAN PLN.
- Marsedi, R., Dewanta, F., & Abdillah, M. (2023). Perancangan Dan Implementasi Sistem Pemantauan Dan Pengelolaan Daya Menggunakan Panel Surya Pada Perangkat Stasiun Cuaca Lokal. *EProceedings of Engineering*, 9(6).
- Muchlishah, M., Nadhiroh, N., Nugroho, D. A., & Imaduddin, A. (2023). Peningkatan efisiensi sistem PLTS melalui optimasi susunan array panel surya. *JURNAL ELTEK*, 21(2), 50–57.
- Musyafiq, A. A., Ilahi, N. A., Nugroho, A. A. D., Rahmawati, P., Rizqy, F. M., Shodikin, K. A. H. A. H., & Fitriati, R. (2023). TEKNOLOGI ENERGI BARU TERBARUKAN: Sistem PLTS dan Penerapannya untuk Kesejahteraan Masyarakat. RUBEQ ID.
- Musyafiq, A. A., Ilahi, N. A., Nugroho, A. A. D., Rahmawati, P., Rizqy, F. M., Shodikin, K. A. H. A. H., & Fitriati, R. (2023). TEKNOLOGI ENERGI BARU TERBARUKAN: Sistem PLTS dan Penerapannya untuk Kesejahteraan Masyarakat. RUBEQ ID.
- Naim, M. (2021). Buku Ajar Sistem Kontrol dan Kelistrikan Mesin. Penerbit NEM.
- Napitupulu, J., Sholeha, D., Sinaga, J., Sitohang, R., & Napitupulu, R. (2023). STUDY PERENCANAAN PLTS SISTEM OFF GRID SKALA KECIL RUMAH TANGGA. *Jurnal Darma Agung*, 31(2).
- Nugraha, A. T., & Eviningsih, R. P. (2022). Penerapan Sistem Elektronika Daya: AC Regulator, DC Chopper, dan Inverter. Deepublish.
- Nugroho, W., Nugroho, A., & Winardi, B. (2020). ANALISIS POTENSI DAN UNJUK KERJA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI GEDUNG FAKULTAS PSIKOLOGI UNIVERSITAS DIPONEGORO. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(2), 181–188.
- Prastio, R. P., Megantoro, P., Arifin, S., Rafii Muhammad, D. D., Hilmi, I., & Perkasa, S. D. (2023). PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 900 WP OFF-GRID UNTUK PENINGKATAN PRODUKSI PETANI HIDROPONIK. *Jurnal Layanan Masyarakat*, 7(2).
- Purba, E. W. (2022). PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Sistem Kontrol Mesin Chipper.
- Putra, A. P., & Mulyadi, A. (2022). Design an Automatic Transfer Switch for Solar Power Plant. *Logic: Jurnal Rancang Bangun Dan Teknologi*, 22(1), 9–12.
- Putri, M. R. (2022). Sistem Kontrol Beban Dan Monitoring Daya Baterai Pada Panel Surya 50wp Untuk Aplikasi Penerangan Berbasis Internet Of Things.
- Riafinola, H., Suciningtyas, I. K. L. N., Sholihuddin, I., & Puspita, W. R. (2022). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Penggunaan Listrik Rumah Tangga. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 6(2), 79–84.
- Rohman, S. N., Kristianti, V. E., & Utami, P. R. (2023). MINIMALISASI PENGGUNAAN DAYA PLN PADA PLTS HYBRID SEBAGAI SUMBER DAYA ALTERNATIF DENGAN SISTEM AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) DAN SELECTOR SWITCH SEBAGAI MODE KONDISI. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 28(2), 133–145.
- Roza, E., & Mujirudin, M. (2019). Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 4(1), 16–30.
- Rudiyanto, B., Rachmanita, R. E., & Budiprasojo, A. (2023). Dasar-Dasar Pemasangan Panel Surya. DASAR DASAR PEMASANGAN PANEL SURYA.



- Sabattino, B., Sumaryo, S., & Kurniawan, E. (2022). Desain Dan Implementasi Panel Surya Sebagai Catu Daya Field Server. *EProceedings of Engineering*, 9(4).
- Sardos. (2023, April 23). Salah Persepsi tentang Trafo toroid, Inverter low Frekuensi dan High Frekuensi. *Exmasolo.Com*.
- Sari, M., Puspitasari, D., Suhartawan, B., Adicita, Y., Siregar, R. T., Nur, S., Purnomo, T., Ulfah, N., & Jumiayati, S. (2023). ADAPTASI DAN MITIGASI PERUBAHAN IKLIM DI INDONESIA. *Global Eksekutif Teknologi*.
- Sariman, S. (2020). PENYEDIAAN SUMBER LISTRIK UNTUK KEPERLUAN AIR WUDHU DI PESANTREN DARUL TAUHID INDRALAYA MENGGUNAKAN PANEL SEL SURYA (SOLAR CELL PANEL). *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*, 957–960.
- Setyawan, A., & Ulinuha, A. (2022). Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Untuk Supply Charge Station. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 24(1), 23–28.
- SIBARANI, B. J. (2023). ANALISIS PRODUKTIVITAS PANEL SURYA PADA PLTS AUTOTRACKING 5 KWP KEDAIREKA UNIVERSITAS HKBP NOMMENSEN MEDAN.
- SIHITE, J. (2021). STUDI PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA TERHADAP INTENSITAS CAHAYA PANEL SURYA.
- Sihotang, M. P. (2019). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-Grid System. Pekanbaru: Univestas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim.
- Silitonga, A. S., & Ibrahim, H. (2020). Buku ajar energi baru dan terbarukan. Deepublish.
- SIMANJUNTAK, W. V. (2022). STUDI ANALISIS PANEL SURYA PADA ROOFTOP GEDUNG-I DAN GEDUNG-L UNIVERSITAS HKBP NOMMENSEN.
- SITANGGANG, G. H. (2022). PERUBAHAN EFISIENSI AKIBAT PERUBAHAN TEMPERATUR PANEL SURYA.
- Syahputra, R., Noor, F., & Mujaahid, F. (2020). Analisis Indeks Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Angin-Surya Menggunakan Metode EENS. *Semesta Teknika*, 23(1), 92–105.
- Syahwil, M., & Kadir, N. (2021). Rancang Bangun Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sistem Off-grid Sebagai Alat Penunjang Praktikum Di Laboratorium. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 3(1), 26–35.
- Tahir, A., & Nurdjan, N. (2023). Konstruksi Mesin Pakan Ikan Otomatis. *Jurnal Vokasi Teknik Mesin Dan Fabrikasi Logam*, 2(1), 54–63.
- Treesna, I. A., Jannus, P., & Nainggolan, B. (2021). Analisis Faktor Daya Output Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monocrystalline 60 Watt-peak. *Seminar Nasional Teknik Mesin*, 11(1), 407–414.
- Utami, P. R., & Wijayanti, M. (2022). Analisa Perhitungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Taman Markisa di Wilayah RT 01/RW 08 Kelurahan Mampang, Pancoran Mas, Kota Depok. *Jurnal Abdi Masyarakat Multidisiplin*, 1(2), 42–49.
- Wahidin, I., & Hidayat, R. (2023). Perancangan Pembangkit Tenaga Listrik Tenaga Surya Dengan Panel Surya Monocrystalline 60 Wp. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(14), 378–387.
- WANDIRA, B. R. (2022). Rancang Bangun Sistem Keamanan Ruangan Berbasis Internet of Things (Iot) Dengan Hybrid System Plts Off Grid. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).



- Widiasari, C., & Fachriansyah, R. (2023). Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) Hybrid Daya PLN Dan PLTS Pada Sistem Hidroponik. *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 9(1), 121–131.
- Wijaya, A. R., & Lutfiyani, Z. (2021). Rancang Bangun Prototype Kendali Motor Pompa Tendon Air Dengan Automatic Transfer Switch (ATS) PLTS Dan PLN. *Jurnal Teknik Elektro Raflesia*, 1(2), 1–7.
- Winasis, W., & Aliim, M. S. (2020). Analisis Sistem Photovoltaic Beban Arus Searah Terhubung Jala PLN dengan Penyearah Terkendali. *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 16(2).
- Nugroho, W., Nugroho, A., & Winardi, B. (2020). ANALISIS POTENSI DAN UNJUK KERJA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI GEDUNG FAKULTAS PSIKOLOGI UNIVERSITAS DIPONEGORO. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(2), 181–188.
- Prastio, R. P., Megantoro, P., Arifin, S., Rafii Muhammad, D. D., Hilmi, I., & Perkasa, S. D. (2023). PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 900 WP OFF-GRID UNTUK PENINGKATAN PRODUKSI PETANI HIDROPONIK. *Jurnal Layanan Masyarakat*, 7(2).
- Purba, E. W. (2022). PT. Rimba Palma Sejahtera Lestari Sistem Kontrol Mesin Chipper.
- Putra, A. P., & Mulyadi, A. (2022). Design an Automatic Transfer Switch for Solar Power Plant. *Logic: Jurnal Rancang Bangun Dan Teknologi*, 22(1), 9–12.
- Putri, M. R. (2022). Sistem Kontrol Beban Dan Monitoring Daya Baterai Pada Panel Surya 50wp Untuk Aplikasi Penerangan Berbasis Internet Of Things.
- Riafinola, H., Suciningtyas, I. K. L. N., Sholihuddin, I., & Puspita, W. R. (2022). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Penggunaan Listrik Rumah Tangga. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 6(2), 79–84.
- Rohman, S. N., Kristianti, V. E., & Utami, P. R. (2023). MINIMALISASI PENGGUNAAN DAYA PLN PADA PLTS HYBRID SEBAGAI SUMBER DAYA ALTERNATIF DENGAN SISTEM AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) DAN SELECTOR SWITCH SEBAGAI MODE KONDISI. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 28(2), 133–145.
- Roza, E., & Mujirudin, M. (2019). Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 4(1), 16–30.
- Rudiyanto, B., Rachmanita, R. E., & Budiprasojo, A. (2023). Dasar-Dasar Pemasangan Panel Surya. *DASAR DASAR PEMASANGAN PANEL SURYA*.
- Sabattino, B., Sumaryo, S., & Kurniawan, E. (2022). Desain Dan Implementasi Panel Surya Sebagai Catu Daya Field Server. *EProceedings of Engineering*, 9(4).
- Sardos. (2023, April 23). Salah Persepsi tentang Trafo toroid, Inverter low Frekuensi dan High Frekuensi. *Exmasolo.Com*.
- Sari, M., Puspitasari, D., Suhartawan, B., Adicita, Y., Siregar, R. T., Nur, S., Purnomo, T., Ulfah, N., & Jumiayati, S. (2023). ADAPTASI DAN MITIGASI PERUBAHAN IKLIM DI INDONESIA. *Global Eksekutif Teknologi*.
- Sariman, S. (2020). PENYEDIAAN SUMBER LISTRIK UNTUK KEPERLUAN AIR WUDHU DI PESANTREN DARUL TAUHID INDRALAYA MENGGUNAKAN PANEL SEL SURYA (SOLAR CELL PANEL). *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*, 957–960.
- Setyawan, A., & Ulinuha, A. (2022). Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Untuk Supply Charge Station. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 24(1), 23–28.



- Syahputra, R., Noor, F., & Mujaahid, F. (2020). Analisis Indeks Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Angin-Surya Menggunakan Metode EENS. *Semesta Teknika*, 23(1), 92–105.
- Syahwil, M., & Kadir, N. (2021). Rancang Bangun Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sistem Off-grid Sebagai Alat Penunjang Praktikum Di Laboratorium. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 3(1), 26–35.
- Tahir, A., & Nurdjan, N. (2023). Konstruksi Mesin Pakan Ikan Otomatis. *Jurnal Vokasi Teknik Mesin Dan Fabrikasi Logam*, 2(1), 54–63.
- Treesna, I. A., Jannus, P., & Nainggolan, B. (2021). Analisis Faktor Daya Output Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monocrystalline 60 Watt-peak. *Seminar Nasional Teknik Mesin*, 11(1), 407–414.
- Utami, P. R., & Wijayanti, M. (2022). Analisa Perhitungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Taman Markisa di Wilayah RT 01 / RW 08 Kelurahan Mampang, Pancoran Mas, Kota Depok. *Jurnal Abdi Masyarakat Multidisiplin*, 1(2), 42–49.
- Wahidin, I., & Hidayat, R. (2023). Perancangan Pembangkit Tenaga Listrik Tenaga Surya Dengan Panel Surya Monocrystalline 60 Wp. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(14), 378–387.
- WANDIRA, B. R. (2022). Rancang Bangun Sistem Keamanan Ruangan Berbasis Internet of Things (Iot) Dengan Hybrid System Plts Off Grid. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).
- Widiasari, C., & Fachriansyah, R. (2023). Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) Hybrid Daya PLN Dan PLTS Pada Sistem Hidroponik. *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 9(1), 121–131.
- Wijaya, A. R., & Lutfiyani, Z. (2021). Rancang Bangun Prototype Kendali Motor Pompa Tendon Air Dengan Automatic Transfer Switch (ATS) PLTS Dan PLN. *Jurnal Teknik Elektro Raflesia*, 1(2), 1–7.
- Winasis, W., & Aliim, M. S. (2020). Analisis Sistem Photovoltaic Beban Arus Searah Terhubung Jala PLN dengan Penyearah Terkendali. *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 16(2).