

Evaluasi Efektivitas *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hibrida–Generator Set dengan Menggunakan *Automatic Transfer Switch*

Wirawan Adipradana¹, Armin Sofijan^{2*}, Khalif Wisnutama³, Feby Ardianto⁴, Cekmas Cekdin⁵, Baginda Oloan Siregar⁶

^{1,2,3,6}Universitas Sriwijaya

^{4,5}Universitas Muhammadiyah Palembang

wirawanadi_pradana@ft.unsri.ac.id¹, a_sofijan@ft.unsri.ac.id², Khalifwisnutama1@gmail.com³, feby_ardianto@umpalembang.ac.id⁴, cekmas@umpalembang.ac.id⁵, bagindasiregar@ft.unsri.ac.id⁶

Received 04 Februari 2025 | Revised 05 Maret 2025 | Accepted 13 Maret 2025

ABSTRAK

Indonesia telah meningkatkan kebutuhan akan energi listrik, tetapi masih ada banyak area yang belum mencapai jaringan daya PLN. Studi ini menunjukkan penggunaan *solar hybrid system* sebagai solusi alternatif untuk pembangkit listrik jarak jauh. Sistem ini menggabungkan kolektor surya di kotak panel, laju generator, dan sumber energi dari jaringan daya PLN dengan mekanisme otomatis sakelar transfer otomatis (ATS) untuk memastikan sumber daya yang stabil. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengurangi ketergantungan pada tingkat generator dan jaringan daya PLN dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi terbarukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa menggunakan generator hybrid-PLTS dapat mengurangi waktu operasi generator menjadi 1,5 jam. Dengan desain yang tepat, sistem ini tidak hanya mengurangi penggunaan set generator, tetapi juga dapat berfungsi sebagai alternatif penting untuk sumber daya di daerah yang sulit diliputi.

Kata Kunci: Hybrid-PLTS, Generator Set, Sakelar Transmisi Otomatis, Efisiensi Energi, Energi Terbarukan

ABSTRACT

Indonesia has increased the need for electrical energy, but there are still many areas that have not reached the PLN power grid. This study shows the use of a solar hybrid system as an alternative solution for remote power generation. This system combines solar collectors in the panel box, generator rates, and energy sources from the PLN power grid with an automatic transfer switch (ATS) mechanism to ensure a stable power source. The main objective of this study is to reduce dependence on the generator rate and the PLN power grid and increase the efficiency of renewable energy use. The results show that using a hybrid generator-PLTS can reduce the generator operating time to 1.5 hours. With proper design, this system not only reduces the use of generator sets, but can also serve as an important alternative to power sources in areas that are difficult to cover.

Keywords: Hybrid PLTS, Generator Set, Automatic Transfer Switch, Energy Efficiency, Renewable Energy

I. PENDAHULUAN

Persyaratan listrik Indonesia saat ini meningkat secara signifikan karena pertumbuhan populasi dan pengembangan industri. Namun, distribusi daya belum didistribusikan secara merata, dan masih ada banyak area di mana daya tidak diterima dari PLN. Tantangan terbesar dalam mendistribusikan listrik ke lokasi terpencil adalah keterbatasan infrastruktur dan biaya operasi yang tinggi. Oleh karena itu, inovasi diperlukan untuk mengembangkan sistem pembangkit listrik alternatif untuk menutupi kebutuhan energi di daerah yang sulit diperoleh. (Asy, H., Rozaq, A., & Setia Putra, F. 2014; Dewantoro & Priyatman, 2017).

Salah satu solusi yang berkembang pesat adalah pembangkit yang memanfaatkan solar sel sebagai Solar Power Plan (PLTS), yang menggunakan energi matahari sebagai sumber daya utamanya (G. N. Tiwari and Swapnil Dubey, 2010). PLTS adalah teknologi energi terbarukan dengan manfaat seperti sumber energi yang kaya, biaya operasi yang rendah dan ramah lingkungan. Namun, hambatan utama untuk menggunakan PLTS adalah ketergantungan pada intensitas matahari dan kebutuhan akan sistem penyimpanan energi yang andal. (Alham et al., N. R.; Nusantara et al., 2023; Penerapan Pembangkit & Dijamin Peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konservasi Energi -BPPT, 2010).

Untuk mengatasi batasan ini, alternatif yang efektif adalah menggunakan *system* hibrid. Sistem ini menggabungkan beberapa sumber energi untuk memastikan proses yang efisien dan andal kapan saja. Dalam banyak kasus, kombinasi adalah PLTS dan kombinasi generator (Alham et al., 2023). Generator bertindak

sebagai sumber daya cadangan yang dapat diaktifkan ketika pembangkit PLTS tidak cukup untuk kebutuhan Anda (Kusmantoro, 2025; Rajan & Aruna, 2021; Singh et al., 2018).

Dalam banyak kasus, generator adalah satu-satunya sumber daya di lokasi terpencil. Namun, penggunaannya memiliki beberapa kelemahan, seperti konsumsi bahan bakar, gas buang, penyebab polusi udara, dan biaya perawatan yang tinggi. Oleh karena itu, mengurangi ketergantungan pada generator membutuhkan solusi yang lebih efisien dan ramah lingkungan (Agil Haikal & Ali, 2024; Firmansyah, 2024; Rachmad Arifin et al., 2024).

Studi ini mengusulkan penggunaan sistem pembangkit listrik hibrida yang menggabungkan kinerja sistem pembangkit listrik tenaga surya, generator dan PLN. Ketiga sumber daya ini beroperasi dalam mode siaga dan secara otomatis dikendalikan oleh sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS) (Hadidjaja & Setyo Pamungkas, 2024; Rachmad Arifin et al., 2024b; Widiasari, 2023). Fungsi ATS digunakan untuk secara otomatis bertukar sumber daya berdasarkan ketersediaan energi dari setiap sumber. Tujuan dari sistem ini adalah untuk mengurangi ketergantungan pada PLN dengan meningkatkan efisiensi penggunaan energi terbarukan (Hidayat et al., 2024; Idoniboyeobu & Braide, 2022; Kurniawan & Abadi, 2024).

II. METODE PENELITIAN

Studi ini dilakukan dengan menggunakan beberapa tahap utama yaitu metode eksperimental yang mencakup desain, pengujian dan analisis data sistem pembangkit listrik PLTS *hybrid*.

Tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

A. Studi Literatur

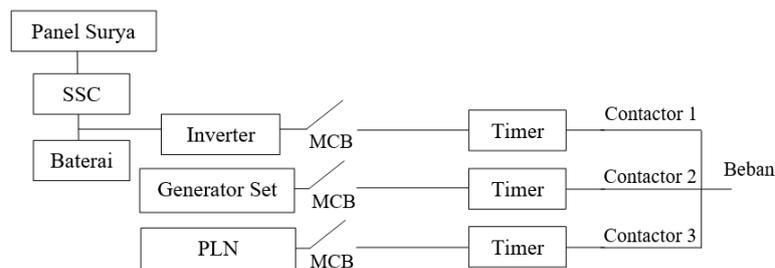
Studi ini dilakukan untuk memahami dasar-dasar teori penelitian ini. Referensi yang digunakan meliputi jurnal ilmiah, buku dan karya teknis tentang sistem hybrid, PLTS, generator, dan teknologi *Automatic Transfer Switch* (ATS).

B. Perancangan Sistem

Perancangan sistem yang dilakukan ini memiliki komponen-komponen utama yang akan digunakan pada sistem pembangkit listrik PLTS hybrid. Komponen utama yang dipilih adalah:

1. Modul surya polikristalin dengan output 500 Wp.
2. Baterai siklus dalam dengan kapasitas 200 Ah.
3. Inverter dengan kapasitas daya 2000W.
4. Generator bertenaga Peralite dengan daya keluaran 750W.
5. Sistem Sakelar Transfer Otomatis (ATS) yang mengontrol transfer daya otomatis.

Berikut ini merupakan diagram blok prototype hybrid solar power plant – generator set using automatic transfer switch yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Rangkaian Sistem *Hybrid* PLTS – Generator Set – PLN

Energi listrik dari generator dan PLN dapat dikirim langsung ke Sistem Sakelar Transfer Otomatis (ATS) karena keduanya memiliki keluaran arus bolak-balik (AC) (Barros et al., 2024; Rauniyar, 2016). Karena daya keluaran panel surya adalah arus searah (DC), daya tersebut pertama-tama disimpan dalam baterai sebagai media penyimpanan energi, dan kemudian diubah menjadi arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter sehingga dapat diterima oleh sistem ATS.

Modul surya yang digunakan adalah modul polikristalin, yang lebih efisien daripada modul monokristalin dalam kondisi pencahayaan yang buruk (Sofijan, 2020). Hal ini memungkinkan sistem untuk terus menghasilkan listrik bahkan saat kondisi cuaca kurang optimal.

Sistem ATS secara otomatis menyesuaikan alokasi daya untuk menggunakan setiap sumber energi secara lebih efisien. Ketika daya yang tersimpan dalam baterai habis, sistem secara otomatis beralih ke sumber daya cadangan, yaitu daya PLN atau genset, untuk memastikan pasokan daya tetap stabil.

PLTS - Generator Set - PLN Untuk spesifikasi detail komponen-komponen yang digunakan pada sistem hybrid, silahkan lihat Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Spesifikasi dan Fungsi Komponen Umum pada Hybrid PLTS – Generator Set – PLN

Nama	Spesifikasi	Fungsi
Panel Surya	<i>Polycrystalline 100 Wp</i>	Konversi energi surya menjadi energi listrik
Baterai	<i>Wet-Battery 120 Ah 12 V</i>	Media penyimpan energi listrik
Kabel	NYA	Mengalirkan arus listrik dari PV ke baterai
Connector	<i>MC4 Connector</i>	Penghubung kabel dan panel surya
Generator Set	750 W	Sumber alternatif tenaga listrik PLN

Kotak panel kecil membuatnya mudah dibawa dan dipindahkan, berisi pengaturan ATS yang berfungsi sebagai pengatur dan terdiri dari pengontrol pengisian daya surya, inverter, dan komponen lainnya. Genset yang digunakan adalah tipe portable berbahan bakar Pertalite, frekuensi 60 Hz AC, daya 750 W, satu fasa. Baterai atau akumulator digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk baterai basah.

Tabel 2. Komponen pada Kotak Panel (Controller)

Nama	Fungsi
<i>Solar Charge Controller 30 A PWM</i>	Pengatur daya keluaran panel surya untuk mengisi baterai
<i>Inverter 2000 Watt</i>	Konversi arus listrik DC ke AC
<i>Miniature Circuit Breaker</i>	Proteksi pemutus daya
<i>Low Voltage Discharge</i>	Proteksi pemutus tegangan pengisian baterai
Wattmeter	Mengukur besar daya
Voltmeter	Mengukur besar tegangan
<i>Magnetic Contactor</i>	Mengatur pemilihan antara catu daya utama dan cadangan, bersifat <i>interlock</i>
<i>Timer Delay Relay</i>	Mengatur waktu pengalihan sumber energi listrik

Tabel 2 memperlihatkan komponen-komponen yang terdapat dalam kotak panel. Di sini, pengontrol pengisian daya surya bertanggung jawab untuk melindungi baterai dari daya input yang terlalu tinggi (pengisian daya berlebih) dan mencegah tegangan terlalu tinggi (tegangan lebih) yang dapat merusak baterai (Kumara, 2010). Inverter yang digunakan mengubah 12-24V DC menjadi 220V AC dengan daya 2000watt dan berbagai komponen kontrol lainnya seperti pemutus sirkuit, wattmeter, dan voltmeter digunakan. Pencatat data digunakan untuk mengumpulkan sejumlah besar data tentang listrik yang diproduksi oleh panel, yang kemudian disimpan dalam aplikasi Blynk dengan sistem IoT (*Internet of Things*). Pengumpulan data akan dilakukan dari pukul 9:00 pagi hingga pukul 15:00 sore selama 14 hari.

C. Pembuatan Prototipe

Setelah desain selesai dibuat, selanjutnya prototipe sistem generator PLTS *hybrid* dibuat. Dalam proses ini pada Gambar 3. Akan melibatkan proses perakitan panel surya, pemasangan baterai, pemasangan inverter, serta konfigurasi system ATS di dalam kotak panel.

D. Pengujian dan Pengumpulan Data

Pengujian ini dilakukan untuk mengamati kinerja sistem dalam berbagai kondisi. Data yang dikumpulkan meliputi:

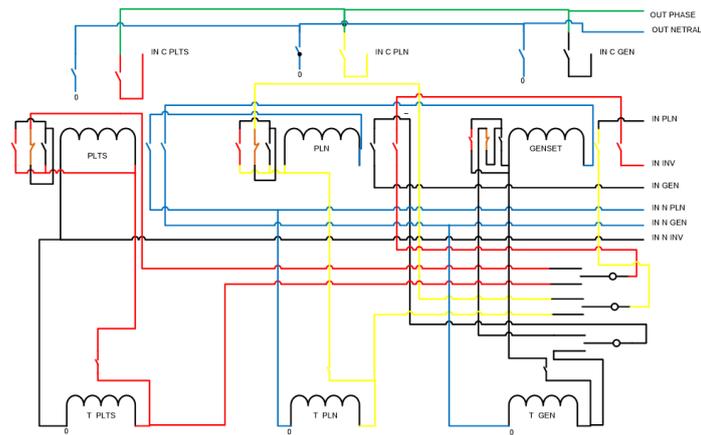
1. Daya keluaran modul surya di bawah iradiasi surya yang berbeda.
2. Jam pengoperasian genset dan konsumsi bahan bakar.
3. Efisiensi inverter dalam mengubah DC ke AC.
4. Waktu transisi ATS selama peralihan daya.
5. Kinerja sistem pada kondisi beban rendah hingga tinggi.

E. Analisis Data

Analisis data hasil pengukuran untuk menentukan efisiensi dan efektivitas suatu sistem pembangkit listrik *hybrid-PLTS*. Analisis dilakukan dengan membandingkan konsumsi energi sebelum dan sesudah penggunaan sistem *hybrid*, perhitungan dan penghematan bahan bakar *generator stand alone*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pembangkit yang telah dibangun dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Wiring Diagram Hybrid PLTS – Generator Set – PLN

Pada diagram di atas, sumber tenaga PLTS merupakan sumber tenaga utama sedangkan PLN dan genset merupakan cadangan bagi PLTS. Tujuannya adalah untuk mengurangi konsumsi listrik untuk PLN dan generator.

Prinsip kerja rangkaian di atas adalah sebagai berikut:

1. Terdapat tiga sumber tenaga utama (PLTS, PLN, dan genset) yang menyalurkan tenaga listrik ke suatu beban, yang semuanya dalam keadaan siaga (ketiga sumber dalam keadaan menyala).
2. Apabila terjadi kondisi brownout atau battery charging (baterai kosong) saat PLTS sedang tidak suplai daya pada malam hari, maka ATS secara otomatis akan mengalihkan pemakaian daya ke cadangan pertama, yaitu PLN. Namun, jika tidak ada tegangan dari pasokan PLN, sistem akan beralih ke sumber daya cadangan terakhir, yaitu genset.
3. Pada saat menggunakan sumber daya listrik cadangan (PLN atau genset), ATS secara otomatis mengalihkan kembali daya beban ke sumber daya utama, PLTS, setelah pengisian baterai menghasilkan tegangan yang cukup atau pengisian telah selesai sesuai dengan pengaturan *Low Voltage Disconnect (LVD)*.

Sebagai hasil dari penelitian ini, desain panel surya portabel dan kotak panel portabel (pengendali) untuk generator yang dikembangkan menggunakan model portabel yang tersedia secara komersial. Lihat pada Gambar 3 desain kotak panel pengendali portable.



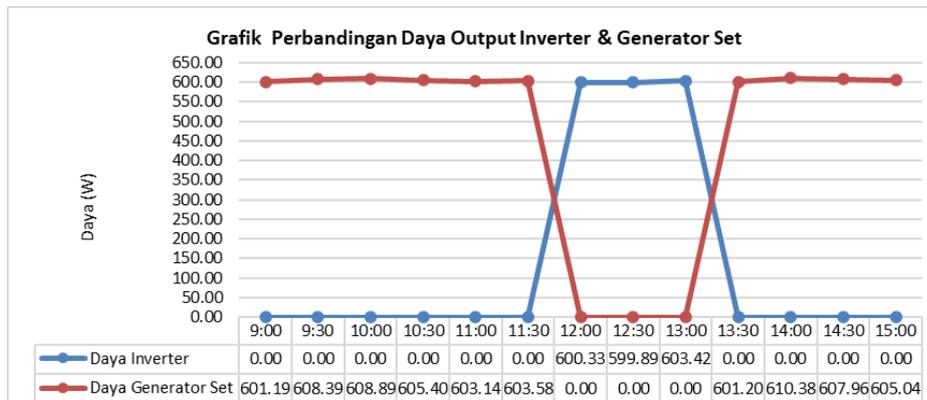
Gambar 3. Desain panel Rangkaian Kendali Portable

Gambar 3 menunjukkan desain kotak panel kendali portable yang menjadi pusat pengaturan distribusi daya dalam sistem PLTS-Genset-PLN. Kotak panel ini berfungsi sebagai pengendali utama yang mengatur aliran listrik dari tiga sumber daya panel surya, genset, dan PLN dengan sistem *Automatic Transfer Switch (ATS)*.

Di dalam kotak panel ini terdapat berbagai komponen utama, termasuk:

1. Solar Charge Controller (30A PWM): Mengatur daya keluaran dari panel surya untuk mengisi baterai dan mencegah overcharging.
2. Inverter (2000W): Mengubah arus searah (DC) dari baterai menjadi arus bolak-balik (AC) yang dapat digunakan oleh perangkat listrik.
3. Miniature Circuit Breaker (MCB): Melindungi sistem dari kelebihan arus dan korsleting.
4. Wattmeter dan Voltmeter: Memantau daya dan tegangan listrik untuk memastikan sistem beroperasi dengan optimal.
5. Magnetic Contactor: Mengatur pemilihan antara sumber daya utama (PLTS) dan cadangan (PLN/Genset).
6. Timer Delay Relay: Mengatur waktu transisi antar sumber daya untuk mencegah gangguan listrik saat perpindahan daya terjadi.

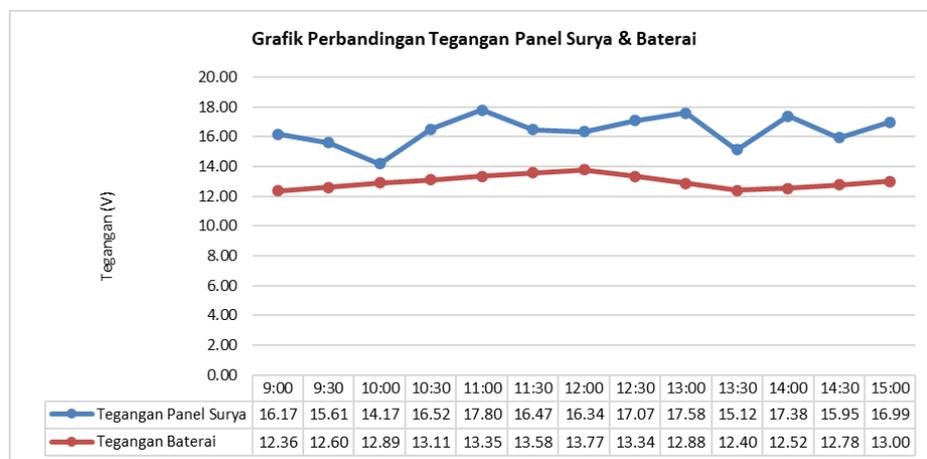
Kotak panel ini di desain dalam bentuk *portable*, sehingga mudah dipindahkan dan dioperasikan, terutama untuk daerah yang membutuhkan fleksibilitas dalam suplai energi. Dengan integrasi ATS, sistem ini dapat secara otomatis memilih sumber daya yang paling efisien berdasarkan kondisi energi yang tersedia, sehingga mengurangi konsumsi bahan bakar genset dan mengoptimalkan pemanfaatan energi terbarukan dari PLTS.



Gambar 4. Hasil Perbandingan Daya Output Inverter dan Genset

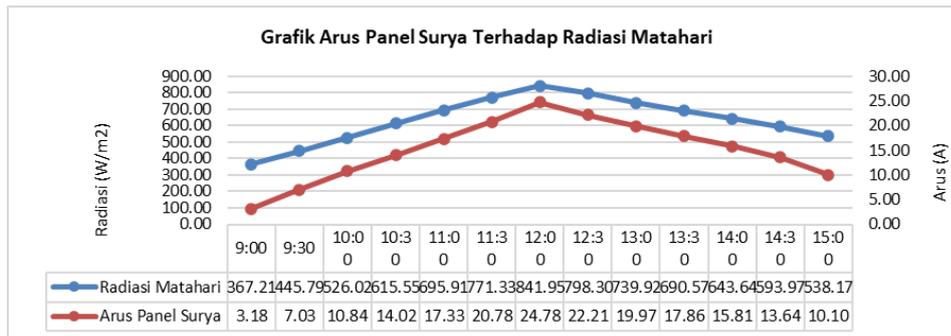
Gambar 4. menunjukkan peralihan penggunaan daya antara inverter (PLTS) dan genset yang dikontrol oleh sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS). Pada pukul 09:44:44, genset digunakan dengan daya keluaran 601,19 W. Kemudian, pada pukul 12:44:44, sistem ATS beralih ke PLTS dengan daya keluaran 600,33 W. Setelah itu, pada pukul 13:44:44, sistem kembali mengaktifkan genset dengan daya keluaran 601,2 W, dan pada pukul 15:44:44 genset bekerja dengan daya keluaran 605,04 W.

Dari pola ini, terlihat bahwa PLTS lebih dominan digunakan saat siang hari, ketika intensitas matahari tinggi. Saat kondisi baterai mencukupi, sistem lebih mengandalkan PLTS untuk menyuplai daya. Namun, saat kapasitas baterai menurun, ATS secara otomatis mengalihkan ke sumber daya cadangan, yaitu genset atau PLN. Hal ini menunjukkan peran penting ATS dalam mengelola distribusi daya agar suplai tetap stabil.



Gambar 5. Hasil Perbandingan Tegangan Panel Surya dan Genset

Gambar 5. ini memperlihatkan fluktuasi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dan baterai. Modul surya polikristalin 500 Wp menghasilkan tegangan tertinggi sebesar 17,8 V pada pukul 11:44:44, menunjukkan bahwa sistem bekerja optimal pada siang hari saat radiasi matahari maksimal. Tegangan baterai mencapai 13,77 V (penuh) pada pukul 12:44:44, menandakan bahwa energi yang dihasilkan cukup untuk mengisi baterai hingga kapasitas maksimum. Sebaliknya, tegangan baterai mencapai titik terendah 12,36 V pada pukul 09:44:44, yang berarti baterai hampir kosong dan membutuhkan pengisian ulang. Ketika baterai dalam kondisi ini dan pasokan daya dari PLTS belum mencukupi, sistem ATS akan beralih ke PLN atau genset untuk menjaga kelangsungan suplai daya. Jika PLN tersedia, sistem akan menggunakan listrik dari PLN terlebih dahulu sebelum mengaktifkan genset. Ini menunjukkan bahwa dalam sistem PLTS-Genset-PLN, baterai menjadi elemen kunci dalam menyimpan energi dan mengurangi penggunaan genset atau PLN.



Gambar 6. Hasil Perbandingan Arus Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara arus panel surya dengan intensitas radiasi matahari dalam sistem *hybrid* PLTS-Genset-PLN. Dari grafik, terlihat bahwa arus panel surya meningkat seiring dengan meningkatnya radiasi matahari dan mencapai puncak pada pukul 12:00 dengan arus 24,78 A saat radiasi matahari 841 W/m². Setelah itu, arus menurun sejalan dengan berkurangnya radiasi hingga sore hari.

Dalam konteks sistem PLTS-Genset-PLN, hal ini menunjukkan bahwa selama siang hari, terutama saat puncak radiasi, PLTS menjadi sumber utama energi dan dapat mengisi baterai serta menyuplai beban. Namun, pada pagi dan sore hari ketika arus yang dihasilkan lebih rendah, sistem ATS (*Automatic Transfer Switch*) dapat secara otomatis mengalihkan sumber daya ke PLN atau genset jika suplai dari baterai tidak mencukupi.

Ketika radiasi rendah dan arus panel surya turun, baterai akan mengalami discharge, dan jika level tegangan baterai turun hingga batas *Low Voltage Disconnect* (LVD), ATS akan mengalihkan beban ke PLN. Jika PLN tidak tersedia, maka genset akan diaktifkan sebagai sumber cadangan terakhir. Siklus ini memastikan pasokan daya tetap stabil, tetapi juga menyoroti pentingnya kapasitas penyimpanan baterai agar sistem lebih efisien dalam mengurangi ketergantungan pada PLN dan genset.

Dari analisis ini, dapat disimpulkan bahwa optimalisasi sistem PLTS-Genset-PLN harus mempertimbangkan kapasitas penyimpanan energi dan strategi switching yang efisien. Peningkatan kapasitas baterai atau penggunaan algoritma manajemen daya yang lebih cerdas dapat membantu mengurangi konsumsi bahan bakar genset serta ketergantungan pada PLN, sehingga meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem secara keseluruhan.

IV. KESIMPULAN

Sistem pembangkit listrik tenaga surya hibrida (PLTS) yang menggabungkan panel surya, generator, dan jaringan PLN dengan *Automatic Transfer Switch* (ATS) terbukti meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat mengurangi waktu operasi generator hingga 1,5 jam per hari, menghemat sekitar satu liter bahan bakar, serta mengurangi biaya operasional dan emisi CO₂. ATS bekerja otomatis untuk memastikan sumber daya selalu tersedia dengan transisi yang efisien antara panel surya, PLN, dan generator. Sistem ini cocok untuk daerah terpencil karena mampu menyimpan daya dalam baterai dan menyediakan listrik yang lebih stabil. Dengan desain portabel dan fleksibel, sistem ini lebih ramah lingkungan serta mendukung transisi ke energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

Agil Haikal, M., & Ali, M. (2024). Solar Power Plant Optimization using Automatic Transfer Switch (ATS) and Low Voltage Disconnect (LVD). *Journal Homepage: Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, 6(2). <https://doi.org/10.33650/jeeecom.v4i2>

- Alham, N. R., Diwa Larasati, T., & Utomo, R. M. (n.d.). *Kajian Analisis Potensi Energi Baru Terbarukan Pada Kota Samarinda Tahun 2023-2024 Dalam Mendukung Bauran Energi Listrik Nasional*. <http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TK>
- Alham, N. R., Muslimin, Utomo, R. M., Apriliyanto, I., Rifaldi, M., & Mubarak, A. (2023). *Voltage and Current Calculation on Hybrid PV and Microhydro Power Plant Prototypes Based on Arduino* (pp. 466–480). https://doi.org/10.2991/978-94-6463-180-7_49
- Asy, H., Rozaq, A., & Setia Putra, F. (2014). Pemanfaatan Solar Cell Dengan Pln Sebagai Sumber Energi Listrik Rumah Tinggal. *Jurnal Teknik Elektro*, 14(01).
- Barros, J. D., Silva, J. F. A., & Rocha, L. (2024). Virtual Generator to Replace Backup Diesel GenSets Using Backstepping Controlled NPC Multilevel Converter in Islanded Microgrids with Renewable Energy Sources. *Electronics (Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/electronics13224511>
- Dewantoro, A., & Priyatman, H. (2017). Kajian Ekonomis Energi Listrik Tenaga Surya Desa Tertinggal Terpencil. *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah*, 8(1). <https://doi.org/10.29406/stek.v8i1.535>
- Firmansyah, F. (2024). Smart System Monitoring Produksi Telur Ayam. *Jurnal Orang Elektro*, 13(2). <https://chicken-app.kodingkeun.my.id>
- G. N. Tiwari and Swapnil Dubey. (2010). *Fundamentals of Photovoltaic Modules and Their Applications*. <http://www.rsc.org/Shop/Books/>
- Hadidjaja, D., & Setyo Pamungkas, F. (2024). Seminar Nasional & Call Paper Fakultas Sains dan Teknologi (SENASAINS 7th. In *Procedia of Engineering and Life Science* (Vol. 7).
- Hidayat, M. N., Wijaya, W. S., & Putri, R. I. (2024). Automatic transfer switch for DC system application. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 15(1), 386–394. <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v15.i1.pp386-394>
- Idoniboyeobu, D., & Braide, S. L. (2022). Design and Implementation of a Three Phase Automatic Transfer Switch Using Relays as Phase Failure Protection. In *Article in International Journal of Engineering Technologies IJET*. <https://www.researchgate.net/publication/364126912>
- Kurniawan, M. R., & Abadi, Z. (2024). Pengaplikasian Panel Surya dan Automatic Transfer Switch (ATS) untuk Menggerakkan Pompa Tanaman Hidroponik sebagai Sumber Energi Terbarukan. *MASALIQ*, 4(3), 659–668. <https://doi.org/10.58578/masaliq.v4i3.3011>
- Kusmantoro, A. (2025). *Power_Flow_Regulation_of_PLTS_and_Genset_in_Reside*.
- Nusantara, I., Alham, N. R., Nugroho, H., Muslimin, & Utomo, R. M. (2023). *Design for Application of Solar Power Plant in the Faculty of Engineering Mulawarman University* (pp. 64–79). https://doi.org/10.2991/978-94-6463-180-7_10
- Penerapan Pembangkit, P., & Djamin Peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konservasi Energi -BPPT, M. (2010). Penelitian Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. In *J. Tek. Ling* (Vol. 11, Issue 2).
- Rachmad Arifin, N., Yusuf Manggala, M. D., Setyo Pamungkas, F., & Muhammadiyah Sidoarjo, U. (2024a). *Seminar Nasional & Call Paper Fakultas Sains dan Teknologi* (Vol. 7).
- Rachmad Arifin, N., Yusuf Manggala, M. D., Setyo Pamungkas, F., & Muhammadiyah Sidoarjo, U. (2024b). *Seminar Nasional & Call Paper Fakultas Sains dan Teknologi* (Vol. 7).
- Rajan, K. K., & Aruna, B. (2021). Performance evaluation of a 200 kWp grid tied solar power plant. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1045(1), 012014. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1045/1/012014>
- Rauniyar, M. (2016). *Experimental_Validation_of_a_Diesel_Genset_Frequen*.

- Singh, B., Verma, A., Chandra, A., & Al-Haddad, K. (2018, July 2). Implementation of Solar PV-Battery and Diesel Generator Based Electric Vehicle Charging Station. *Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems, PEDES 2018*. <https://doi.org/10.1109/PEDES.2018.8707673>
- Sofijan, A. (2020). The Solar Renewable Energy System Study with A Capacity of 1300 W Utilizing Polycrystalline Photovoltaic. *Journal of Mechanical Science and Engineering*, 6(1), 005–011. <https://doi.org/10.36706/jmse.v6i1.29>
- Widiasari, C. (2023). *Rancang_Bangun_Automatic_Transfer_Switch_ATS_Hybrid*.