

Prototipe Modul PLTS 400 Wp On-Grid Berbasis Micro Inverter

^{1*}Teguh Yuwono, ²Belly Septiawan, ³Suprawikno

^{1, 2}, Teknik Elektro, Universitas Ronggolawe Cepu

E-mail: ^{*1} ridalutfiah@gmail.com ² ulfahridais@gmail.com, suprawikno@yahoo.com

Penulis Korespondens : Teguh Yuwono

Abstrak—Matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah salah satu solusi energi alternatif terbarukan yang sangat menjanjikan, mengingat jumlah radiasi matahari yang melimpah. Penelitian ini membangun sistem PLTS *On-Grid* yang terdiri dari panel surya, *micro inverter*, *power meter*, beban AC dan koneksi ke PLN. Sel surya berfungsi sebagai konverter energi matahari menjadi energi listrik, yang kemudian diproses oleh *micro inverter* untuk mengubah arus DC menjadi arus AC, sesuai dengan kebutuhan beban listrik arus bolak-balik. Pada sistem ini, digunakan dua panel surya dengan daya masing-masing 200 Wp yang menyuplai energi listrik langsung ke *micro inverter* berdaya 400 watt. Selanjutnya, panel surya ini memberikan pasokan energi listrik DC yang digunakan untuk beban dengan tingkat daya yang bervariasi, memungkinkan pengamatan terhadap variasi dalam variabel yang diukur. Setelah *micro inverter* mengubah listrik DC menjadi tegangan AC, *output inverter* dihubungkan ke *power meter* untuk mengukur arus, tegangan, daya dan faktor daya. Berdasarkan hasil pengukuran, PLTS yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat menghasilkan daya rata-rata sebesar 171,287Watt, yang lebih besar dibandingkan dengan daya rata-rata yang pasok oleh PLN sebesar 152,524 watt. Media praktik pembelajaran di bidang PLTS *on-grid* ini dapat digunakan sebagai sarana praktikum di lab Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu khususnya Program Studi Teknik Elektro.

Kata Kunci— Energi terbarukan, PLTS *On-Grid*, *Micro Inverter*

Abstract— The sun is one of the environmentally friendly renewable energy sources. Solar Power Plants (PLTS) are one of the most promising alternative renewable energy solutions, considering the abundant amount of solar radiation. This study builds an *On-Grid PLTS* system consisting of solar panels, *micro inverters*, *power meters*, AC loads and connections to PLN. Solar cells function as converters of solar energy into electrical energy, which are then processed by the *micro inverter* to convert DC current into AC current, according to the needs of the alternating current electrical load. In this system, two solar panels are used with a power of 200 Wp each which supplies electrical energy directly to a 400 watt *micro inverter*. Furthermore, these solar panels provide a supply of DC electrical energy used for loads with varying power levels, allowing observation of variations in the measured variables. After the *micro inverter* converts DC electricity into AC voltage, the inverter output is connected to a *power meter* to measure current, voltage, power and power factor. Based on the measurement results, the PLTS developed in this study can produce an average power of 171.287 watts, which is greater than the average power supplied by PLN of 152.524 watts. This learning practice media in the field of *on-grid PLTS* can be used as a means of practicum in the Ronggolawe Cepu Technology College laboratory, especially the Electrical Engineering Study Program.

Keywords— Renewable energy, *On-Grid PLTS*, *Micro Inverter*

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Salah satu sumber energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan adalah matahari. Pembangkit listrik tenaga surya merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang sangat menjanjikan karena jumlah radiasi matahari yang sangat besar. Listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai sumber energi bersih dan terbarukan, tersedia melimpah di siang hari ketika kebutuhan listrik yang dibutuhkan tidak terlalu tinggi. Dalam menghasilkan arus listrik yang dapat dimanfaatkan untuk beban listrik saat ini, energi listrik pada sistem pembangkit listrik tenaga surya memerlukan sistem kendali dan *inverter* surya [1].

Energi terbarukan menjadi alternatif solusi terhadap krisis energi global. Keunggulan utamanya terletak pada ketersediaannya yang berkelanjutan dan tidak akan habis seiring waktu [2]. Panel surya merupakan teknologi yang banyak tersedia dan memberikan manfaat signifikan bagi lingkungan. Komponen utama dari panel surya adalah sel fotovoltaik, yang berfungsi mengubah energi foton dari sinar matahari menjadi energi listrik. Proses konversi ini terjadi pada lapisan tipis silikon murni (Si) dan bahan semikonduktor lainnya yang membentuk sel fotovoltaik. Ketika energi foton diserap oleh material semikonduktor, elektron akan terlepas dari ikatan atomnya, sehingga dapat bergerak bebas dan menghasilkan tegangan listrik arus searah (DC). Untuk membentuk unit yang lebih besar dan efisien, beberapa sel fotovoltaik dihubungkan secara paralel, seri, atau kombinasi keduanya, membentuk satu modul fotovoltaik [3].

Pada sistem ini PLTS *On-Grid* Dengan Baterai mirip dengan sistem *Off-Grid* yang memiliki baterai, namun sistem ini juga terhubung ke jaringan grid. Kelebihannya energi yang dihasilkan dapat dijual ke PLN (Sugirianta et al., 2019). Komponen elektronik yang disebut sel surya atau fotovoltaik ini memiliki kemampuan untuk mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik. Proses yang dikenal sebagai efek fotovoltaik inilah yang menyebabkan transisi energi ini. Pelepasan muatan positif dalam material padat yang berubah menjadi negatif saat terkena cahaya dikenal sebagai efek fotovoltaik. Kemampuan sel surya untuk menghasilkan arus dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan jumlah cahaya berdampak pada voltase [4]

Sistem fotovoltaik (PV) terdiri atas inverter, panel surya, serta berbagai komponen elektronik pendukung lainnya. Saat ini, teknologi panel surya telah memasuki generasi ketiga, yang ditandai dengan pemanfaatan teknologi lapisan tipis dalam pembuatan material sel surya. Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah sel surya monokristalin. Meskipun memiliki biaya produksi yang lebih tinggi dibandingkan jenis lainnya, sel monokristalin menawarkan efisiensi konversi energi yang lebih tinggi. Selain itu, penggunaan *inverter* tipe sentral telah menjadi praktik umum dalam sistem PV skala besar.

Inverter jenis ini dilengkapi dengan *Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithm*. MPPT ini bekerja untuk mengekstrak *maksimum* daya yang mungkin dihasilkan oleh panel surya dan meneruskannya ke beban melalui *boost converter* yang berfungsi menaikkan tegangan sesuai yang dibutuhkan. *Inverter* merupakan alat elektronik yang berfungsi mengubah sistem tegangan DC menjadi tegangan AC. [5]

Inverter string melayani kelompok modul surya, sementara *inverter* sentral menangani seluruh sistem. Gangguan pada satu modul dapat memengaruhi performa seluruh kelompok atau sistem, tergantung jenis *inverter* yang digunakan. Untuk mengurangi rugi-rugi daya akibat transmisi tegangan DC, *micro inverter* dipasang dekat modul surya dan langsung menghasilkan tegangan AC. Namun, pada sistem bertegangan rendah, rugi-rugi daya tetap meningkat seiring bertambahnya jarak antara modul dan *inverter*.

Penelitian sebelumnya oleh [6] melibatkan desain dan implementasi sistem PLTS *On-Grid* berkapasitas 400 Watt. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa konfigurasi panel surya polikristalin secara paralel dapat meningkatkan produksi energi secara signifikan. Temuan ini

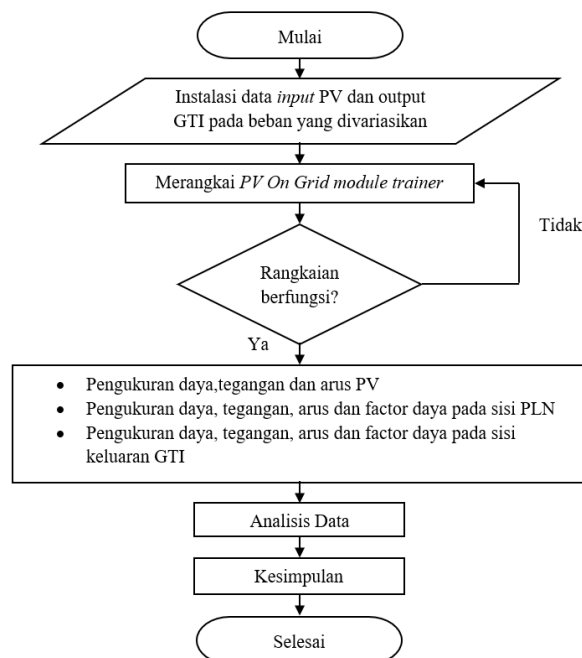
merekomendasikan sistem tersebut sebagai alternatif potensial untuk menggantikan pasokan daya konvensional, dengan implikasi yang besar terhadap pengembangan sumber energi terbarukan.

Selanjutnya, [7]) membahas pemasangan sistem PLTS On-Grid yang terintegrasi dengan jaringan listrik umum. Sistem ini terbukti dapat menurunkan biaya konsumsi listrik dengan memaksimalkan pemanfaatan energi surya secara langsung. Sementara itu, [8] menyoroti pentingnya perhitungan kapasitas *inverter* dan modul PV yang tepat dalam njhsistem tenaga surya. Perhitungan tersebut didasarkan pada data konsumsi energi dan potensi iradiasi surya di lokasi pemasangan. Dalam penelitian lain membahas kinerja *inverter Grid Tie Inverter (GTI)* pada fotovoltaik *On Grid Module Trainer* dengan berbagai beban, serta menganalisis efisiensinya dalam berbagai skenario, serta mengeksplorasi dampak suhu, intensitas radiasi matahari dan tingkat beban terhadap efisiensi sistem [9][10].

Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian tersebut, penulis melakukan studi mengenai perancangan dan instalasi sistem PLTS *On-Grid* berbasis *micro inverter*. Dalam penerapannya, sistem ini membutuhkan tenaga ahli yang kompeten dan memiliki pengetahuan di bidang sistem PLTS untuk menunjang keberhasilan implementasi serta efektivitasnya sebagai sarana pembelajaran praktik di lab Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu khususnya Program Studi Teknik Elektro.

II. METODE

Rencana metode penelitian yang diterapkan meliputi pengembangan modul praktikum sebagai media pelatihan untuk desain dan instalasi sistem PLTS *On-Grid* berbasis *Micro Inverter* berkapasitas 400 Watt. Untuk membuktikan sejauh mana hasil hipotesis awal dari tujuan rencana penelitian perlu dibuat tahapan rencana yang tersaji dalam diagram alir penelitian gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

Bahan penelitian untuk ujicoba dan pengambilan data terkait dengan desain dan modul praktikum PLTS *On Grid* 400 Watt berbasis *Micro Inverter* dengan cara menganalisa fungsi dan konsumsi daya listrik. Beberapa bagian dari bahan perancangan PLTS *on-grid* antara lain:

- a) Panel Surya 2 x 200 Wp
- b) *Micro Inverter* GTB-400 W
- c) 2 x MCB 2 Ampere
- d) 3 x Power Meter Digital
- e) 2 x Saklar *Push Button*
- f) 2 x Lembar akrilik 30 x 200 cm
- g) *Stop* Kontak
- h) Kabel *Power*

Peralatan penelitian untuk parameter pengambilan data yang digunakan mempermudah pengambilan data pada saat ujicoba uji fungsi kerja pada PLTS *on-grid* peralatan yang digunakan antara lain:

- a) Alat Ukur Multimeter
- b) Osiloskop
- c) Laptop untuk mengolah parameter pengambilan data
- d) Aplikasi *Smart Android*

Beberapa langkah dalam ujicoba pengambilan parameter konsumsi daya pada desain modul PLTS *On-Grid*. Pengambilan data daya listrik pada uji fungsi dan kinerja PLTS *On-Grid* meliputi tegangan, arus, daya dan factor daya, baik data dari PLTS, PLN, maupun beban.

Adapun langkah-langkah pada uji fungsi dan pengambilan data modul praktikum PLTS *On-Grid* antara lain:

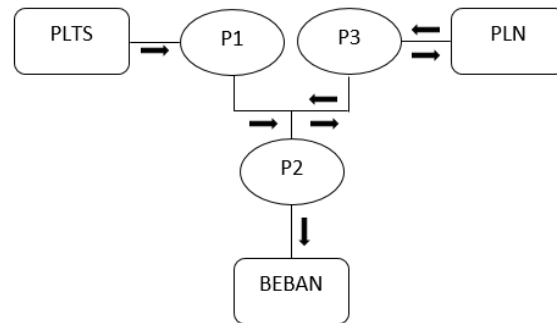
- a. Melakukan persiapan alat dan bahan yang diperlukan untuk pengujian fungsi serta pengambilan data.
- b. Menginstalasi Alat dan Bahan penelitian
- c. Menguji fungsi dan cara kerja dan mengambil data hasil konsumsi daya dari PLN, PLTS, Beban.
- d. Mendokumentasi hasil ujicoba dan pengambilan data
- e. Mengolah data hasil pengukuran langsung
- f. Membahas hasil penelitian sementara.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dan pengambilan data menunjukkan bahwa penempatan alat ukur pada media praktikum memungkinkan pembacaan parameter daya, tegangan, arus dan faktor daya secara jelas dan efisien. Selain itu, penambahan satu stop kontak sebagai beban dengan variasi daya memungkinkan pengamatan terhadap perubahan nilai pada masing-masing variabel yang diukur.



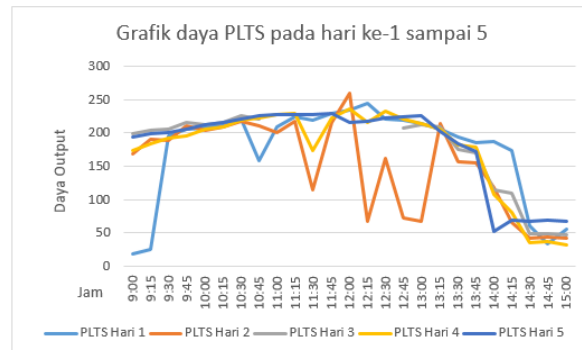
Gambar 2. Hasil desain media PLTS berbasis micro inverter



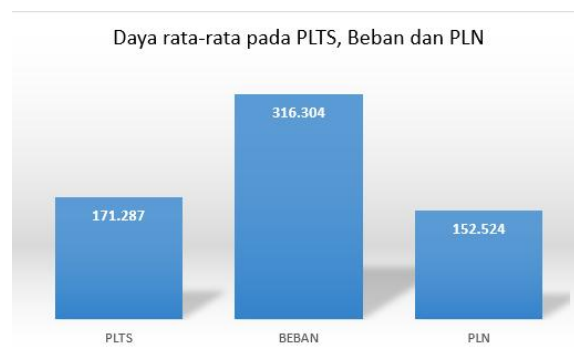
Gambar 4. Blok diagram pengukuran model PLTS

Blok diagram pengukuran sistem PLTS yang tersaji pada Gambar 4 menggambarkan penggunaan tiga *power meter* (P1, P2 dan P3). *Power meter* P1 digunakan untuk mengukur daya, tegangan, arus dan faktor daya yang berasal dari sistem PLTS. *Power meter* P2 mengukur parameter yang sama pada sisi beban, sementara P3 mencatat nilai-nilai tersebut pada sisi jaringan PLN. Beban yang digunakan bervariasi antara 250 hingga 350 watt.

Pengujian fungsi kerja dan sistem pengukuran PLTS *on-grid* ini dilaksanakan di Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, berlokasi di daerah Cepu, kabupaten Blora, Jawa Tengah. Pengukuran dimulai jam 09:00 WIB sampai dengan jam 15:00 WIB tiap 15 menit sekali dalam pengambilan data, pengukuran yang dilaksanakan selama 5 hari.



Gambar 5. Grafik pengukuran daya PLTS pada hari ke-1 sampai 5



Gambar 6. Grafik daya rata-rata pada PLTS, beban dan PLN

Daya rata-rata yang di hasilkan oleh PLTS sebesar 171,287 watt, lebih besar dari rata-rata daya yang di hasil oleh PLN sebesar 152,524, dengan beban sebesar 316,304 watt. Sehingga dapat dihitung untuk 5 hari PLTS berkontribusi menghasilkan energi listrik sebesar 171,287 watt atau sama dengan 0,171 kWh dikali dengan waktu rata-rata pemakaian energi selama 6 jam. Sehingga dapat dihitung dalam rupiah terjadi penghematan biaya sebesar 0,171 kWh dikali 6 jam dikali Rp.450 sama dengan Rp.461,7.

IV. KESIMPULAN

Dari beberapa analisa dan pembahasan dalam penelitian ini diambil hasil kesimpulan antara lain:

1. Hasil desain dan instalasi media praktikum PLTS 400 wp berbasis *micro inverter* yang sesuai dengan fungsi dan manfaatnya.
2. Pola karakteristik puncak pembangkitan energi terjadi diantara jam 10:00 WIB sampai dengan jam 13:00 WIB dengan pembangkitan energi tertinggi sebesar 260,3 watt yang terjadi pada hari ke-2 jam 12:00 WIB. Konsumsi energi listrik mulai mengalami penurunan pada jam 14:00 WIB.
3. Rata-rata daya yang dihasilkan oleh sistem PLTS sebesar 171,287 watt, lebih tinggi dibandingkan dengan daya rata-rata dari jaringan PLN sebesar 152,524 watt, dengan total beban sebesar 316,304 watt. Selama lima hari, PLTS berkontribusi menghasilkan energi listrik sebesar 0,171 kWh, yang diperoleh dari daya rata-rata tersebut dikalikan dengan durasi pemakaian rata-rata selama 6 jam per hari. Jika dikonversikan ke dalam nilai ekonomis, penghematan biaya listrik yang diperoleh adalah sebesar $0,171 \text{ kWh} \times 6 \text{ jam} \times \text{Rp}450$, yaitu sebesar Rp461,7.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. L. Halim and Oetomo, "Perancangan Dan Implementasi Awal Solar Inverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid," Jurnal Teknologi, vol. 12, no. 1, pp. 31–38, 2020, doi: 10.24853/jurtek.12.1.31-38.
- [2]. V. Dwisari, Sudarti, and Yushardi, "Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan," OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika, vol. 7, no. 2, pp. 376–384, 2023, doi: 10.37478/optika.v7i2.3322
- [3]. S. Nahela, I. F. Faridyan, N. A. Rachman, A. Risdiyanto, and B. Susanto, "Analisa Unjuk Kerja Grid Tied Inverter Terhadap Pengaruh Radiasi Matahari dan Temperatur PV pada PLTS On-Grid," Elkha, vol. 11, no. 2, pp. 60–65, 2019.
- [4]. S. Silaban and P. Sitompul, "Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 450 Watt," SINERGI Polmed, vol. 4, no. 1, pp. 41–48, 2023, doi: 10.51510/sinergipolmed.v4i1.1011.
- [5]. B. Kencana et al., Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat, no. 021. Tetra Tech ES, Inc., 2018. [Online]. Available: www.iced.or.id
- [6]. E. Mutaqien, Isdawimah, and D. Monika, "Desain dan Implementasi PLTS On-Grid 400 Watt di Pendopo Gedung D," in Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, vol. 9, 2024, pp. 7–14. [Online]. Available: <https://prosiding.pnj.ac.id/SNTE/article/view/806>

- [7] P. Harahap, Rimbawati, and C. A. Siregar, "Perancangan PLTS On-Grid Berbasis Micro Inverter 500 Watt," *Rekayasa Elektrikal dan Energi: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 120–127, 2024, doi: 10.30596/rele.v6i2.17688.
- [8] N. Soedjarwanto, E. Komalasari, and S. A. Fardhan, "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan Baterai Dan Terhubung Grid Di Nias, Sumatera Utara," *Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi*, vol. 3, no. 2, pp. 35–41, 2022, doi: 10.22146/mgi.34840.
- [9] Y. A. Rahman, M. Pamuso, R. Fauzi, and A. Siswanto, "Performansi Grid Tie Inverter dengan Variasi Pembebanan pada PV-on Grid Module Trainer," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi & Teknik Elektronika*, vol. 10, no. 2, pp. 287–296, 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i2.287.
- [10] I. Sugirianta, G. Saputra, and G. Sunaya, "Modul Praktek PLTS On-Grid Berbasis Micro Inverter," *Jurnal Matrix*, vol. 9, no. 1, pp. 19–27, 2019. [Online]. Available: <https://ojs.pnb.ac.id/index.php/matrix/article/view/1168>