

Rancang Bangun Sistem Monitoring Konsumsi Daya Plts Listrik Hybrid On Grid (Studi Kasus BCA Kcu Madiun)

¹Moch. Exca Candra Kharisma, ²Didik Riyanto, ³Jawwad Sulton Habibi

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Ponorogo

¹excaoki30@gmail.com, ²didikriyanto@umpo.ac.id, ³jawwad sulton@gmail.com

Abstract - In an effort to reduce energy consumption and improve power efficiency, the installation of a Solar Power Plant (PLTS) has become a relevant solution for the commercial sector, including banking. The on-grid PLTS allows the generated energy to be directly fed into the public electricity grid, thereby reducing reliance on fossil fuels. The monitoring system for PLTS and grid power consumption utilizes voltage, current, and light (LDR) sensors to monitor performance in real-time. Sensor data is processed using the STM32F446RE microcontroller with an Arm Cortex-M4 core, which has digital signal processing and multi-ADC capabilities for high accuracy. This research aims to design an STM32-based power consumption monitoring system that can simultaneously monitor the energy flow from both PLTS and the grid, providing data for energy usage optimization and improving the operational efficiency of the on-grid PLTS system.

Keywords —Solar Power Plant (PLTS) On-Grid, Power Consumption Monitoring, STM32 Microcontroller

Abstrak—Dalam upaya mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan efisiensi daya, pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi solusi relevan bagi sektor komersial, termasuk perbankan. PLTS on-grid memungkinkan energi yang dihasilkan langsung disalurkan ke jaringan listrik publik, sehingga mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Sistem monitoring konsumsi daya PLTS dan grid memanfaatkan sensor tegangan, arus, dan cahaya (LDR) untuk memantau kinerja secara real-time. Data sensor diolah menggunakan mikrokontroler STM32F446RE dengan inti Arm Cortex-M4 yang memiliki kemampuan pemrosesan sinyal digital dan multi-ADC untuk akurasi tinggi. Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring konsumsi daya berbasis STM32 yang dapat memantau aliran energi dari PLTS dan grid secara simultan, memberikan data untuk optimasi penggunaan energi dan peningkatan efisiensi operasional sistem PLTS on-grid.

Kata Kunci—Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On-Grid, Monitoring Konsumsi Daya, Mikrokontroler STM32

I. PENDAHULUAN

Permasalahan yang melatarbelakangi penelitian ini adalah tingginya konsumsi energi di sektor komersial yang masih sangat bergantung pada sumber energi fosil sehingga berdampak pada biaya operasional dan lingkungan, serta belum tersedianya sistem monitoring konsumsi daya yang akurat dan real-time untuk memantau aliran energi dari PLTS on-grid dan jaringan listrik utama secara bersamaan, selain itu keterbatasan perangkat pemroses data dari sensor menghambat optimalisasi penggunaan energi terbarukan. Dalam upaya mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan efisiensi penggunaan daya, pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi solusi yang relevan bagi sektor komersial. Berbagai sumber energi alternatif dapat digunakan sebagai pengganti energi fosil, salah satunya adalah energi matahari. Energi matahari merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, yang lebih dikenal dengan istilah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [1], termasuk perbankan. Implementasi PLTS on-grid ini memungkinkan energi yang dihasilkan dapat langsung disalurkan ke jaringan listrik, mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional. Berbagai jenis sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat diterapkan, salah satunya adalah sistem yang terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN (On Grid). Sistem PLTS On Grid memungkinkan energi yang dihasilkan oleh panel surya untuk disalurkan ke jaringan listrik publik, sehingga dapat digunakan bersama dengan energi dari PLN dan berkontribusi pada pengurangan konsumsi energi dari sumber daya fosil [2].

Dalam sistem monitoring konsumsi daya PLTS dan grid, berbagai sensor digunakan untuk memantau kinerja dan efisiensi sistem secara real-time. Sensor tegangan berfungsi untuk mengukur tegangan keluaran dari PLTS dan grid,

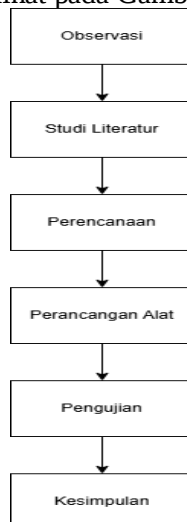
yang memberikan informasi terkait kestabilan sistem kelistrikan. Sensor arus, di sisi lain, memantau aliran arus yang masuk dan keluar dari PLTS dan grid, memungkinkan perhitungan daya secara akurat dan deteksi potensi ketidaksesuaian dalam distribusi daya. Selain itu, sensor cahaya atau Light Dependent Resistor (LDR) digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya, yang berfungsi sebagai indikator performa panel berdasarkan kondisi pencahayaan. Semua data yang dihasilkan oleh sensor ini kemudian diproses menggunakan mikrokontroler STM32, yang berfungsi untuk mengintegrasikan dan mengolah informasi dari berbagai sensor secara efisien. Mikrokontroler STM32F446RE yang digunakan pemrograman mikrokontroler adalah chip berkinerja tinggi dari perusahaan STMicroelectronics yang fokus pada komponen mikroelektronik. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan inti Arm Cortex-M4 yang dirancang khusus untuk pemrosesan sinyal digital. Mikrokontroler ini dipilih untuk program pendidikan karena kinerjanya yang unggul, set instruksi DSP, dan fungsi multi-ADC yang memungkinkan percepatan konversi AD hingga beberapa kali lipat [3]. Mikrokontroler STM32 ini memungkinkan sistem untuk menghitung daya secara real-time dan memberikan data yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi serta meningkatkan efisiensi operasional sistem PLTS on-grid.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem monitoring konsumsi daya berbasis mikrokontroler STM32 yang dapat secara akurat memantau aliran energi dari PLTS dan grid secara bersamaan. Sistem ini akan dilengkapi dengan sensor tegangan dan arus untuk memantau distribusi daya dan menghitung daya yang dikonsumsi, baik dari energi yang dihasilkan oleh panel surya (PLTS) maupun dari jaringan listrik utama (grid). Mikrokontroler STM32 akan memproses data dari sensor untuk mengidentifikasi potensi penghematan energi dan memberikan informasi yang berguna untuk mengoptimalkan penggunaan energi secara efisien. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya memungkinkan pemantauan konsumsi daya secara real-time.

II. METODE PENELITIAN

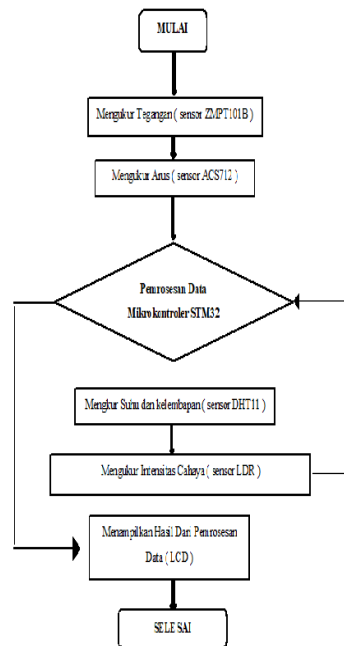
A. Metode Penelitian

Bagian ini adalah metode penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1 Metode penelitian

B. Flowchart Alur Kerja Alat



Gambar 2. Flowchart Alur Kerja Alat

Sistem yang dirancang bertujuan untuk memantau dan mengendalikan konsumsi daya dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) hybrid on-grid secara otomatis. Berikut adalah penjelasan mengenai tahapan alur kerja secara rinci:

1. Start (Inisialisasi Sistem)

Mikrokontroler STM32 menginisialisasi sistem dan menyiapkan seluruh sensor untuk mulai bekerja.

2. Mengukur Tegangan (ZMPT101B)

Sistem mengukur tegangan dari PLTS dan PLN untuk mengevaluasi kestabilan sumber daya listrik.

3. Mengukur Arus (ACS712)

Sensor arus membaca besarnya arus listrik yang mengalir dari PLTS dan PLN untuk menghitung konsumsi dan produksi daya.

4. Mengukur Suhu dan Kelembaban (DHT11)

Sensor mendeteksi suhu dan kelembaban lingkungan yang memengaruhi efisiensi panel surya.

5. Mengukur Intensitas Cahaya (LDR)

Sensor LDR mengukur seberapa banyak cahaya matahari yang diterima panel surya, berpengaruh langsung terhadap daya yang dihasilkan.

6. Pemrosesan Data (STM32)

Mikrokontroler memproses semua data sensor untuk menghitung efisiensi dan kinerja sistem serta mengambil keputusan otomatis.

7. Menampilkan Data (LCD 16x2)

Informasi seperti tegangan, arus, daya, suhu, kelembaban, dan cahaya ditampilkan secara real-time.

8. End (Siklus Selesai)

Sistem menyelesaikan satu siklus pemantauan dan siap mengulangi proses secara kontinu mengikuti perubahan kondisi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, menjelaskan tentang hasil dan pembahasan dari system monitoring yang telah dilaksanakan oleh peneliti. Dibawah ini adalah hasil rangkaian sistem kontrol pompa oli dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Perancangan Alat

1. Pengujian

No	Waktu	ZMPT101B	ACS712	LDR	DHT11	Perhitungan	Hasil
1	4 Agustus 12:00	380 V	2.5 A	500 lux	28°C, 60%	$380 \text{ V} \times 2.5 \text{ A} = 950 \text{ W}$	950 W
2	4 Agustus 15:00	380 V	2.3 A	490 lux	29°C, 58%	$380 \text{ V} \times 2.3 \text{ A} = 874 \text{ W}$	874 W
3	5 Agustus 12:00	380 V	2.6 A	510 lux	28°C, 60%	$380 \text{ V} \times 2.6 \text{ A} = 988 \text{ W}$	988 W
4	5 Agustus 15:00	380 V	2.4 A	485 lux	29°C, 58%	$380 \text{ V} \times 2.4 \text{ A} = 912 \text{ W}$	912 W
5	6 Agustus 12:00	380 V	2.5 A	500 lux	28°C, 60%	$380 \text{ V} \times 2.5 \text{ A} = 950 \text{ W}$	950 W
6	6 Agustus	380 V	2.2 A	495 lux	29°C, 58%	$380 \text{ V} \times 2.2 \text{ A} = 836 \text{ W}$	836 W

	15:00						
7	7 Agustus 12:00	380 V	2.6 A	510 lux	28°C, 60%	$380 \text{ V} \times 2.6 \text{ A} = 988 \text{ W}$	988 W
8	7 Agustus 15:00	380 V	2.3 A	480 lux	29°C, 58%	$380 \text{ V} \times 2.3 \text{ A} = 874 \text{ W}$	874 W

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring daya berbasis mikrokontroler STM32 untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) hybrid on-grid, yang mampu membaca dan menampilkan data kelistrikan dan lingkungan secara real-time. Sistem ini mengintegrasikan sensor ZMPT101B untuk pengukuran tegangan AC, ACS712 untuk pengukuran arus, DHT11 untuk suhu dan kelembaban, serta LDR untuk intensitas cahaya. Seluruh data diolah oleh mikrokontroler STM32 dan ditampilkan melalui OLED SSD1306, dengan pembaruan data setiap dua detik, memberikan pemantauan kondisi sistem secara kontinu. Selain itu, sistem dilengkapi dengan modul relay sebagai proteksi otomatis terhadap kondisi abnormal seperti arus berlebih atau tegangan tidak stabil.

Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa seluruh komponen bekerja secara akurat, responsif, dan stabil, bahkan saat diuji menggunakan beban rendah berupa lampu 5 watt. Sensor ZMPT101B mampu membaca tegangan AC PLN dengan stabil pada rentang 218–224 VAC, sesuai dengan tegangan rata-rata di wilayah pengujian. Saat beban dinyalakan, sensor arus ACS712 mendeteksi perubahan arus pada kisaran 0.02–0.03 ampere, dan daya aktif terbaca 5 watt dengan faktor daya 1.00, menandakan sistem dapat mengukur beban resistif secara tepat. Respons sensor yang cepat saat beban dimatikan kembali, dengan arus mendekati nol, membuktikan keandalannya dalam merespons dinamika beban.

Kalibrasi awal yang dilakukan menggunakan alat ukur standar (voltmeter dan multimeter) berhasil meminimalkan deviasi pembacaan sensor, sehingga data yang ditampilkan mendekati nilai aktual di lapangan. Secara umum, sistem ini telah memenuhi kriteria fungsional yang diharapkan, yaitu keakuratan pengukuran, kecepatan pembaruan data, kestabilan kinerja, serta kemampuan adaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan dan beban listrik. Sistem ini juga memiliki keunggulan dalam fleksibilitas ekspansi, seperti integrasi dengan ESP32 untuk pengiriman data berbasis WiFi ke server atau cloud.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Syukri, M. Sofyan, and T. M. Asyadi, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di Gedung Pasca Sarjana Universitas Iskandar Muda," 2022, doi: 10.55616/ajeetech.v2i1.282.
- [2] M. Sahar, M. Hayati, S. Syahrizal, A. Gunawan, and A. Alfizah, "Rancang Bangun Trainer PLTS On Grid dan Off Grid Sebagai Penunjang Praktikum," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, vol. 6, no. 3, pp. 385–394, Jul. 2024, doi: 10.47233/jteksis.v6i3.1373.
- [3] P. Jacko *et al.*, "Remote IoT Education Laboratory for Microcontrollers Based on the STM32 Chips," *Sensors*, vol. 22, no. 4, Feb. 2022, doi: 10.3390/s22041440.
- [4] H. Makhabbah and A. Imam Agung, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Dan Pemutus Daya Otomatis Berbasis Internet," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, pp. 783–790, 2020.
- [5] R. Mayangsari and M. Yuhendri, "Sistem Kontrol dan Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Human Machine Interface dan Internet of Thing," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 2, Aug. 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.485.
- [6] M. Ramdan and E. Damayanti, "Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of Things," *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, vol. 4, 2024.
- [7] N. Soedjarwanto, V. Widiawati, N. Purwasih, and G. F. Nama, "Developing a Prototype of Solar Tracking for Solar Cell Energy Optimization with Internet of Things (IoT) Technology," in *2021 International Conference*

-
- on *Converging Technology in Electrical and Information Engineering (ICCTEIE)*, 2021, pp. 31–35. doi: 10.1109/ICCTEIE54047.2021.9650635.
- [8] Z. Permana Muqorrobin, A. Nawawi, A. Aris Ardani, S. Putra Setia, and R. Rahmadian, “Off-Grid Solar System Monitoring based on ESP-32 and INA219 In Pesanggrahan Gordomulyo,” *Vokasi Unesa Bulletin of Engineering, Technology and Applied Science*, pp. 26–37, Dec. 2024, doi: 10.26740/vubeta.v1i2.34859.
- [9] J. Kajian and T. Elektro, “RANCANG BANGUN PLTS ON-GRID SEBAGAI PENUNJANG KELISTRIKAN SKALA RUMAH TANGGA,” vol. 9, no. 2, 2024.
- [10] O. Zebua *et al.*, “Analisis Kelayakan Ekonomi dan Self-Consumption dari PLTS On-Grid dan Hibrid Kapasitas 1328 kWp,” 2024.
- [11] W. Istiana, R. P. Cahyono, and T. Komputer, “Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Daya Berbasis IoT.”
- [12] D. Azizi and V. Arinal, “SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN INTERNET OF THING (IOT) BERBASIS MOBILE,” *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi*, vol. 4, no. 3, pp. 1808–1813, Sep. 2023, doi: 10.35870/jimik.v4i3.409.
- [13] F. Eka Maulana and L. Nurpulaela, “KONFIGURASI MIKROKONTROLER STM32 UNTUK MEMBACA PUSH BUTTON DENGAN ARDUINO IDE PADA PROTOTIPE SMART CHARGER DI PT. PASIFIK SATELIT NUSANTARA,” *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 8, no. 4, Aug. 2024.
- [14] P. Jacko *et al.*, “Remote IoT Education Laboratory for Microcontrollers Based on the STM32 Chips,” *Sensors*, vol. 22, no. 4, Feb. 2022, doi: 10.3390/s22041440.
- [15] D. Fernando, “Monitoring Penggunaan Daya Listrik Satu Fasa,” *MSI Transaction on Education*, Apr. 2020.
- [16] I. Gusti, P. Mastawan, E. Putra, I. Ayu, and D. Giriantari, “Monitoring Penggunaan Daya Listrik Sebagai Implementasi Internet of Things Berbasis Wireless Sensor Network,” *Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 03, 2022.
- [17] Asnal Effendi, “PERANCANGAN PENGONTROLAN PEMANAS AIR MENGGUNAKAN PLC SIEMENS S7-1200 DAN SENSOR ARUS ACS712,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 3, 2020, [Online]. Available: <http://www.novapdf.com/>
- [18] Dekki Widiatmoko, Rachmat Setiawibawa, Rafi Maulana Al-farizi, Mokhammad Syafaat, and Eriski Prawira, “Implementasi Sensor LDR Pada Prototipe Sistem Tracking Dual Axis Untuk Deteksi Arah Sinar Matahari Pada Sel Surya,” *ASPIRASI : Publikasi Hasil Pengabdian dan Kegiatan Masyarakat*, vol. 1, no. 5, pp. 132–140, Sep. 2023, doi: 10.61132/aspirasi.v1i5.407.
- [19] A. Fauzan, “Simulasi Proteus Atap Stadion Automatic Berbasis Arduino Dengan Menggunakan Sensor Hujan Dan Sensor LDR,” 2021.
- [20] M. Hablul Barri, B. Aji Pramudita, and A. Pandu Wirawan, “Sistem Penyiram Tanaman Otomatis dengan Sensor Soil Moisture Dan Sensor DHT11,” *ELECTROPS Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1, p. 2022, [Online]. Available: <http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TE>
- [21] “STM32CubeIDE - Integrated Development Environment for STM32 - STMicroelectronics.” Accessed: Mar. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html>
- [22] A. Babalola, A. D. Babalola, and & Ubochi, “The Performance of the STM32 Microcontroller and MAX30102 for Remote Health Monitoring Device Design,” vol. 10, no. 3, 2022, doi: 10.22624/AIMS/DIGITAL/V10N1P4.