

Perancangan Sistem Panel Kendali untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya berbasis Human Machine Interface

Donald Bastian Noya¹, Sukandar Sawidin², Muchdar Dg. Patabo³, Samsu Tuwongkesong⁴,
Tjerie Pangemanan⁵

Teknik Listrik, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado ^{1,2,4,5}
E-mail: sukandar.sawidin@polimdo.ac.id

Abstrak

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan suatu rangkaian elektronika yang terdiri dari solar cell, penyimpanan tegangan atau baterai dan power controller. Pada Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado belum memiliki panel kontrol Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Human Machine Interface, dengan penelitian ini akan dirancang panel kontrol pada PLTS dengan berbasis Human Machine Interface (HMI). Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang panel kontrol Pembangkit Listrik Tenaga Surya berbasis Human Machine Interface (HMI) di Jurusan Teknik Elektro khususnya program studi teknik listrik di Politeknik Negeri Manado. Metode yang akan digunakan adalah eksperimen dan simulasi panel kontrol Pembangkit listrik tenaga surya dengan HMI. Metode tersebut digunakan sebagai patokan dalam proses pemrograman dan perancangan panel kontrol PLTS berbasis Human Machine Interface. Hasil dari perancangan dan pembuatan panel kontrol PLTS dengan HMI, mampu menampilkan proses kerja dari system PLTS. HMI memungkinkan pengguna untuk mengakses, memantau, dan mengontrol sistem secara real-time dengan tampilan yang lebih interaktif dan user-friendly. Dengan adanya HMI, proses pemantauan dan pengelolaan panel surya dapat dilakukan dengan lebih mudah, meningkatkan efisiensi, serta mengurangi risiko gangguan operasional.

Kata kunci — HMI, Panel Kontrol, PLC, PLTS.

1. PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang semakin banyak dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik di berbagai sektor. Dengan keunggulannya yang ramah lingkungan dan ketersediaan yang melimpah, energi surya menjadi solusi yang tepat dalam mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Namun, dalam pemanfaatannya, sistem tenaga surya memerlukan kontrol yang efisien untuk memastikan kinerja optimal serta pemantauan yang akurat terhadap parameter operasionalnya. Salah satu tantangan dalam sistem tenaga surya adalah bagaimana mengelola dan memantau kinerjanya secara efektif. Penggunaan teknologi Human Machine Interface (HMI) dalam sistem kontrol panel surya dapat menjadi solusi yang inovatif untuk mengatasi tantangan ini. HMI memungkinkan pengguna untuk mengakses, memantau, dan mengontrol sistem secara real-time dengan tampilan yang lebih interaktif dan user-friendly. Dengan adanya HMI, proses pemantauan dan pengelolaan panel surya dapat dilakukan dengan lebih mudah, meningkatkan efisiensi, serta mengurangi risiko gangguan operasional. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini akan dirancang sebuah kontrol panel surya berbasis HMI untuk meningkatkan efisiensi sistem tenaga surya dan memberikan kemudahan dalam monitoring serta pengelolaan daya listrik yang dihasilkan.

Dimisalkan kebutuhan energi Listrik local (Laboratorium Listrik) total konsumsi harian 7.900 Wh/hari. Potensi PLTS yang dirancang: Kapasitas Panel 2.000 Wp, rata-rata radiasi matahari ~ 4.5 jam efektif/hari. Estimasi produksi energi harian: $2.000\text{Wp} \times 4.5 \text{ jam} = 9.000 \text{ wh/hari}$ (9KWh). Efisiensi sistem (konversi, inverter, kabel) ~80% $\rightarrow 9.000 \times 0.8 = 7.200 \text{ Wh/hari}$. Maka sistem PLTS ini dapat mencukupi sekitar 91% dari total kebutuhan harian 7.9000 Wh.

Potensi penghematan energi dan biaya : Biaya Listrik PLN rata-rata Rp.1.500/KWh, penghematan biaya bulanan $237 \text{ KWh} \times \text{Rp. } 1.500 = \text{Rp. } 355.500$ (untuk skala laboratorium listrik).

Beberapa penelitian terdahulu dengan judul Sistem Monitoring Daya Listrik Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring mampu mengukur daya listrik keluaran panel surya serta intensitas radiasi matahari yang diterima. Melalui aplikasi Blynk, diperoleh daya listrik maksimum masing-masing sebesar 40,08 watt pada hari pertama, 36,65 watt pada hari kedua, dan 17,50 watt pada hari ketiga, dengan radiasi matahari tertinggi yang tercatat mencapai 4314 watt.

Sistem Kontrol dan Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Human Machine Interface dan Internet of Thing. Hasilnya: Sistem ini memungkinkan operator untuk melakukan pemantauan parameter utama seperti suhu, arus, tegangan, daya, radiasi matahari, dan produksi energi secara real-time melalui antarmuka HMI. Dengan memanfaatkan teknologi Siemens TIA Portal dan Programmable Logic Controller (PLC), penerapan sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasional, performa sistem, serta keandalan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) secara keseluruhan.

Perancangan Prototype Sistem Pompa Air Irigasi Tenaga Surya. Hasilnya prototype sistem mampu menyediakan pasokan listrik yang stabil untuk mengoperasikan pompa air dengan efisiensi tinggi. Sistem kontrol otomatis berbasis IoT memungkinkan pengendalian dan pemantauan jarak jauh, sehingga mengurangi kebutuhan intervensi manual dan biaya operasional. *Panel Kontrol ATS SCADA*, Hasilnya sistem kontrol panel ATS berbasis SCADA dapat meningkatkan kemampuan untuk memantau kondisi ATS secara real-time. Selain itu, dalam situasi di mana terdeteksi gangguan atau kegagalan pada sumber listrik utama, system SCADA akan secara otomatis mengaktifkan ATS untuk melakukan peralihan ke sumber cadangan, yang mengurangi waktu pemulihan dan memastikan kelangsungan pasokan listrik yang tidak terputus ke beban.

Sistem Manajemen Energi Untuk Lampu Penerangan Dan Beban Peralatan Listrik Berbasis Okupansi Di Laboratorium EBT Teknik Elektro ITN Malang Menggunakan Pembangkit PLTS Off-Grid 4 KWp. Hasilnya Konsumsi energi laboratorium EBT kondisi saat ini sebelum adanya manajemen mencapai 2.4926 kWh/hari. Berdasarkan layout laboratorium EBT okupansi yang dirancang dipasang sebanyak empat titik, sistem manajemen energi berbasis okupansi yang diterapkan memberikan penghematan sebesar 23%.

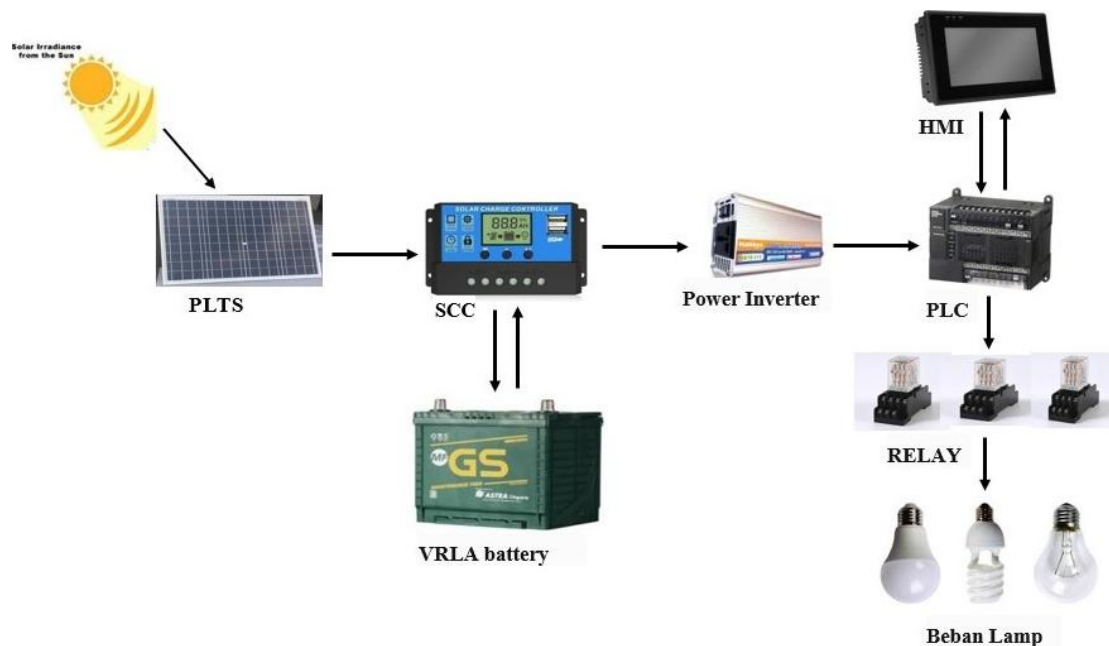
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D), dengan pendekatan eksperimen terapan (applied research). Fokusnya adalah pada proses perancangan, simulasi/prototype, dan pengujian sistem panel kontrol PLTS menggunakan PLC Omron CP1E-N20DRD dan HMI Omron NB7W. Penelitian dilakukan secara bertahap, dimulai dari studi literatur, perancangan sistem, implementasi hardware dan software, hingga evaluasi kinerja sistem.

2.1. Prosedur Penelitian

- Identifikasi Kebutuhan system
- Studi Literatur, Mengkaji teori terkait teknologi PLTS, PLC dan HMI
- Identifikasi Kebutuhan Sistem
- Analisis fungsi sistem PLTS secara umum
- Penentuan parameter yang perlu dikontrol dan dimonitor
- Spesifikasi teknis komponen (modul PLC, sensor, inverter, panel surya, dll)
- Desain Sistem
- Desain diagram kendali (wiring diagram dan ladder diagram).
- Desain tampilan HMI (parameter status, alarm, tombol kontrol, grafik monitoring).
- Perakitan panel kontrol (hardware)
- Pemrograman PLC dan konfigurasi komunikasi dengan HMI
- Integrasi sistem PLTS skala lab. atau simulasi
- Pengujian dan Evaluasi Sistem
- Uji fungsi setiap komponen kontrol dan monitoring
- Simulasi kondisi nyata (beban berubah, tegangan surya fluktuatif)
- Evaluasi kinerja: stabilitas, kecepatan respon, kemudahan penggunaan
- Dokumentasi dan Analisis Data
- Saran untuk pengembangan lebih lanjut Evaluasi dan Analisis.

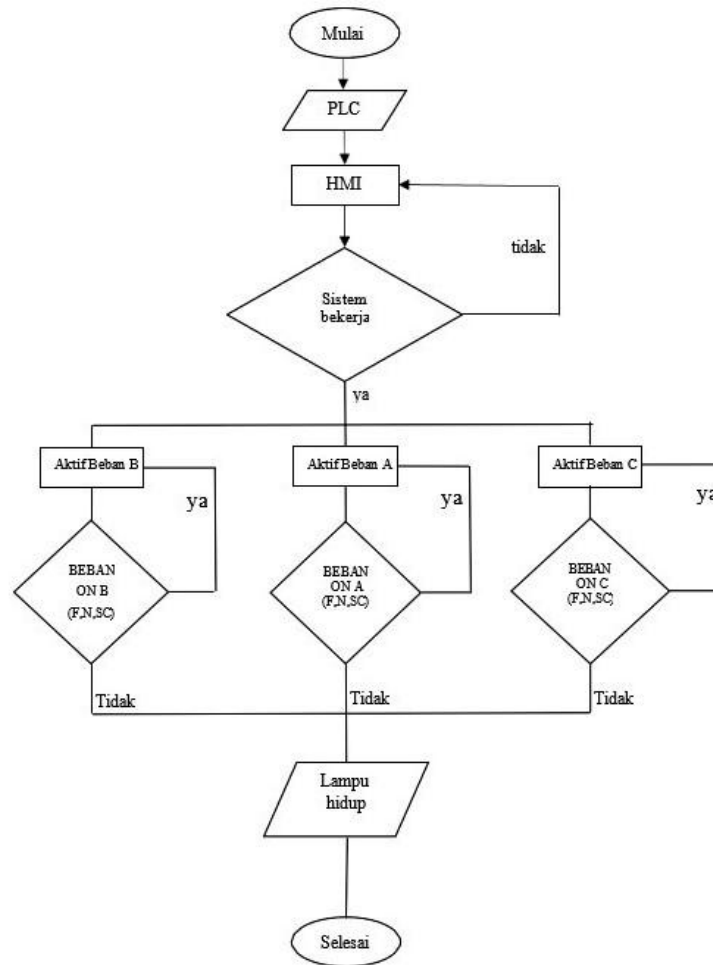
2.2. Blok Diagram Sistem



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan gambar, PLTS menerima radiasi dari matahari, SCC (solar charge controller) bekerja untuk mengisi baterai dari panel surya dan menjaga baterai tetap aman saat pengisian, baterai 12v 50ah sebagai tempat penyimpanan daya dan inverter akan konversi tegangan DC ke AC, HMI (Human Machine Interface) bekerja sebagai tampilan sinyal input dan output dari sistem yang dibuat, PLC (Programmable Logic Controller) sebagai kontrol utama, Relay digunakan untuk mengaktifkan beban lampu 220 VAC setelah diproses PLC.

2.3. Bagan Alir Penelitian

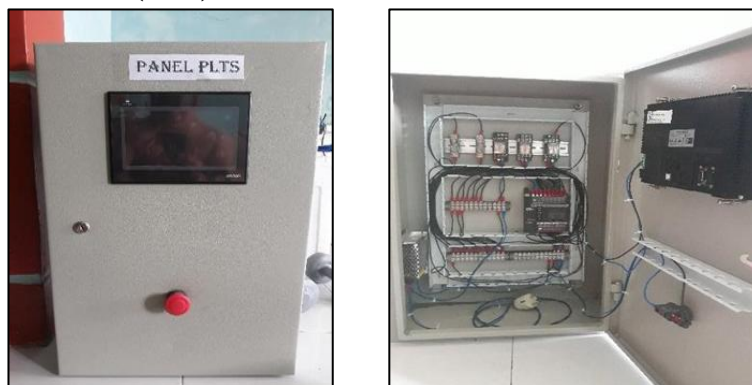


Gambar 2. Flowchart Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Panel Kontrol

Pada tampilan depan panel kontrol terdapat hasil perancangan diantaranya layar HMI dan tombol emergency. Sebagai kontrol yang digunakan untuk proses kerja alat kontrol PLTS berbasis Human Machine Interface (HMI).

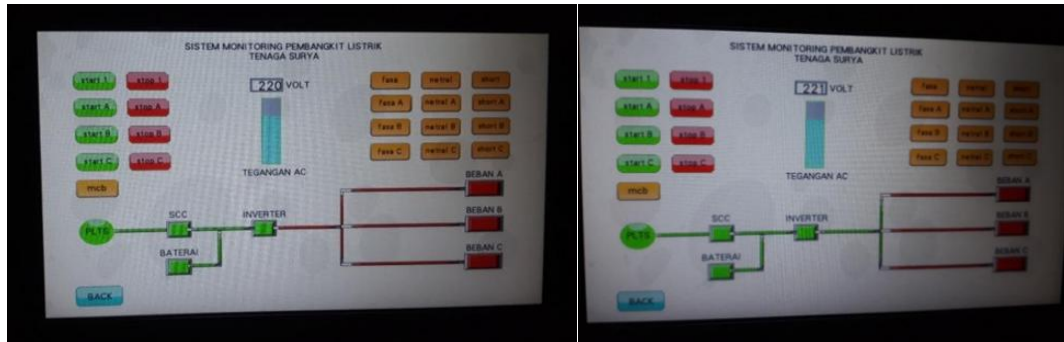


Gambar 3. Panel Kontrol PLTS

Pada tampilan dalam panel terdapat rangkaian kontrol untuk proses pengoprasian kerja alat diantaranya PLC, relay, fuse, HMI, power inverter 24 Vdc yang dihubungkan sesuai dengan prinsip kerja alat kontrol PLTS.

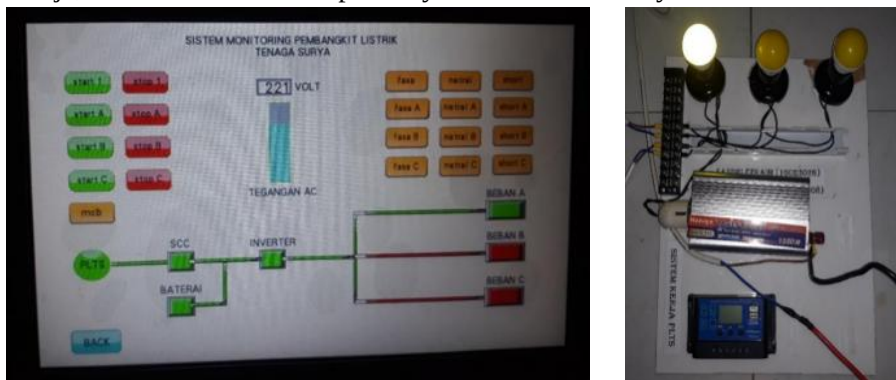
3.2. Pengujian Kontrol Pada HMI

Pada tampilan layar HMI, jika kita menekan tombol MCB maka sistem kerja pembangkit listrik tenaga akan bekerja



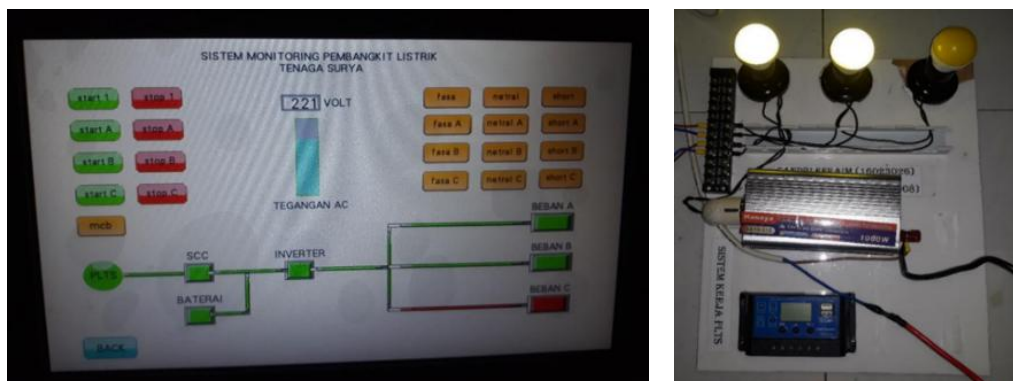
Gambar 4. Sistem PLTS bekerja dan Jaringan 220 AC bekerja

Jika sistem kerja pembangkit listrik tenaga surya sudah bekerja, tekan tombol start 1 untuk menjalankan jaringan 220 AC dari inverter ke masing-masing beban. Setelah jaringan 220 dari inverter bekerja, tekan tombol start A pada layar HMI untuk menyalakan beban A



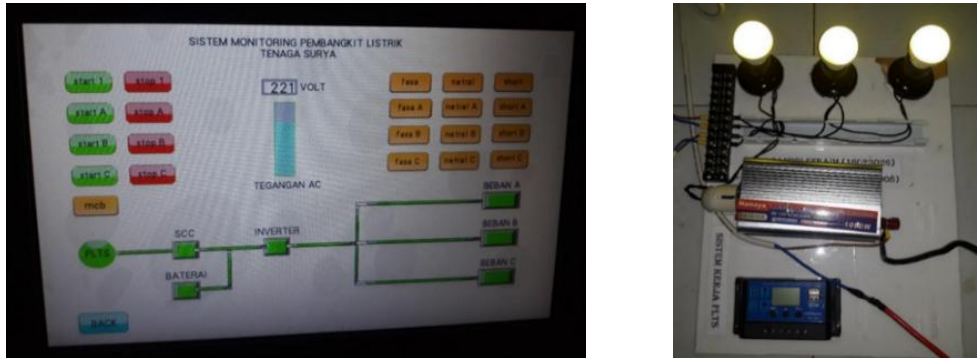
Gambar 5. Beban A menyalakan dan Lampu A Menyala sesuai kontrol HMI

Pada percobaan sistem kerja PLTS beban lampu A menyala sesuai dengan perintah. Setelah beban A menyala, kemudian tekan tombol start B pada layar HMI untuk menyalakan beban B



Gambar 6. Beban B menyala dan Lampu beban B

Kemudian setelah beban B menyala, selanjutnya tekan tombol start beban C pada layar HMI untuk menyalakan beban C



Gambar 7. beban C menyala dan Lampu beban C

Setelah semua beban sudah menyala, jika kita menekan tombol fasa pada layar HMI, maka jaringan 220 dari inverter akan terputus dan beban akan mati karena adanya gangguan fasa pada sistem kerja PLTS



Gambar 8. Gangguan fasa pada sistem kerja PLTS dan simulasi gangguan fasa

3.3. Hasil Pengambilan Data Pada Sistem PLTS

Tabel 1. Hasil pengukuran panel surya.

NO	JAM	ARUS (I)	TEGANGAN (V)	CUACA
1	7:00	0,33	13,48	Mendung
2	8:00	0,32	13,55	Mendung
3	9:00	0,33	13,57	Mendung
4	10:00	0,33	13,64	Cerah
5	11:00	0,33	13,85	Cerah
6	12:00	0,33	13,52	Mendung
7	13:00	0,33	13,70	Cerah
8	14:00	0,34	13,80	Cerah
9	15:00	0,34	14,10	Cerah
10	16:00	0,34	14,12	Cerah

Tegangan maksimal 14.12 Volt pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terjadi karena setting pada Solar Charge Controller (SCC) yang bertugas mengatur pengisian baterai agar

tidak overcharge. Nilai 14.12V tersebut adalah tegangan pengisian maksimum (absorption voltage) yang ditentukan sistem. Ketika baterai mencapai tegangan ini, SCC akan mengatur arus pengisian berkurang secara bertahap agar baterai tidak overcharge.

Tabel 2. Hasil pengukuran dari arus yang masuk ke baterai

NO	JAM	ARUS (I)	TEGANGAN (V)	CUACA
1	7:00	0,31	13,19	Mendung
2	8:00	0,31	13,20	Mendung
3	9:00	0,32	13,22	Mendung
4	10:00	0,32	13,22	Cerah
5	11:00	0,32	13,25	Cerah
6	12:00	0,32	13,28	Mendung
7	13:00	0,32	13,44	Cerah
8	14:00	0,33	13,44	Cerah
9	15:00	0,33	13,66	Cerah
10	16:00	0,33	13,66	Cerah

Tabel 3. Hasil pengukuran dari tegangan yang keluar dari inverter

NO	ARUS (I)	TEGANGAN (V)	KETERANGAN
1	4,56	228	Output Inveter
2	4,56	228	Beban lampu A
3	4,56	228	Beban lampu B
4	4,56	228	Beban lampu C

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan penerapan sistem panel kontrol pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terintegrasi dengan Human Machine Interface (HMI), dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut Sistem PLTS Berbasis Panel Kontrol telah berhasil dirancang untuk mengelola dan mengontrol distribusi daya listrik dari sumber energi surya ke beban-beban lampu A, B, dan C secara efektif. Penggunaan HMI (Human Machine Interface) memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi sistem secara real-time, seperti tegangan output, status panel surya, dan status masing-masing lampu (ON/OFF), sehingga meningkatkan efisiensi dan kemudahan dalam pengoperasian. Otomatisasi Kontrol Beban telah diterapkan melalui pemrograman logika pada PLC, yang memungkinkan pengaturan nyala-mati lampu A, B, dan C secara manual maupun otomatis berdasarkan kondisi tertentu (misalnya, intensitas cahaya matahari, waktu, atau prioritas beban). Keandalan dan Efisiensi Sistem meningkat dengan adanya panel kontrol terintegrasi dan visualisasi melalui HMI, yang meminimalkan kesalahan operator dan mempercepat proses troubleshooting.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Manado atas dukungan dan fasilitas yang diberikan

dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Panitia Prosiding Seminar Nasional PTUV Ke-5 POLIMDO 2025 yang telah menyediakan wadah untuk berbagi gagasan dan masukan konstruktif demi penyempurnaan hasil penelitian ini. Penghargaan turut ditujukan kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu per satu, sehingga penulisan karya ilmiah ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- I. F. Pamungkas, U. T. Kartini, T. Wrahatnolo, and J. Joko, "Sistem Monitoring Daya Listrik Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 236–245, 2022.
- F. X. Ariwibisono and W. P. Muljanto, "Implementasi Sistem Monitoring Produksi Energi Plts Berbasis Protokol Modbus Rtu Dan Modbus Tcp," *Nuansa Inform.*, vol. 17, no. 2, pp. 109–118, 2023.
- O. bin Laden, "Sistem Monitoring pada Modul Latih PLTS On Grid Berbasis IoT Blynk." Politeknik Negeri Jakarta, 2024.
- R. Mayangsari and M. Yuhendri, "Sistem Kontrol dan Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Human Machine Interface dan Internet of Thing," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 738–749, 2023.
- R. Duanaputri, I. Heryanto, M. F. Sajidan, M. F. Hakim, and A. L. Wardani, "Sistem Monitoring Online Dan Analisis Performansi Plts Panel Surya Monocrystalline 100 Wp Berbasis Web," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 1–6, 2023.
- A. Mardiyanto and A. Akhyar, "Rancang Bangun Pengontrol Proses Pada Plan Pembuatan Pupuk Organik Menggunakan PLC Berbasis Energi Surya," in *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2018.
- F. Bisa, M. Mukhsim, and G. Priyandoko, "PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM POMPA AIR IRIGASI TENAGA SURYA," *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–11, 2024.
- D. Jonata, S. D. Panjaitan, and E. D. Marindani, "SISTEM KENDALI KUALITAS DAN LEVEL AIR PADA WATER TREATMENT PLANT BERBASIS PLC MENGGUNAKAN LORA," *J. Stud. Multidisipliner*, vol. 9, no. 1, 2025.
- M. W. Solihin, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PLTS OFF-GRID KAPASITAS 4 KWP LAB. ELEKTRO KAMPUS-II ITN MALANG MENGGUNAKAN SCADA HAIWELL." ITN MALANG, 2022.
- Y. R. Putung, S. Sawidin, T. M. Kereh, H. S. Langi, M. D. Patabo, and M. S. Loegimin, "Panel Kontrol ATS SCADA," *J. Integr.*, vol. 16, no. 1, pp. 75–79, 2024.
- A. Syabrina, "Pengembangan Scada Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Hybrid Berbasis Mikrokontroler." UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT, 2022.
- D. D. Dewangga, S. Suhanto, and L. S. Moonlight, "RANCANG BANGUN PROTOTYPE KONTROL DAN MONITORING AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) PADA PLN DAN SOLAR SEL BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)," in *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)*, 2019.
- A. Soetedjo, "Sistem Manajemen Energi Untuk Lampu Penerangan Dan Beban Peralatan Listrik Berbasis Okupansi Di Laboratorium EBT Teknik Elektro ITN Malang Menggunakan Pembangkit PLTS Off-Grid 4 KWP," *Magn. J. Mhs. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 244–254, 2024.



M. A. Z. Fikri *et al.*, “Sistem SCADA pada miniatur Smart Home Bertenaga Surya,” *J. FORTECH*, vol. 3, no. 2, pp. 93–100, 2022.

A. B. Raharjo, A. Ardianto, and D. Purwitasari, “Random Forest Regression Untuk Prediksi Produksi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” *Briliant J. Ris. dan Konseptual*, vol. 7, no. 4, pp. 1058–1075, 2022.
