

RANCANG BANGUN SISTEM REMOTE TRANSFER SWITCH DAN MONITORING DAYA LISTRIK PADA PLTS BERBASIS WEB

Achmad Sevian Noor¹, Pujiyanto^{1*}, Wasis Waskita Adi¹

¹Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada no 38 Cepu. 58312

*E-mail: pujiyanto1968@gmail.com

ABSTRAK

Energi surya merupakan sumber energi alternatif yang menjanjikan, terutama di Indonesia yang memiliki intensitas sinar matahari tinggi sepanjang tahun. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) melalui pemantauan kapasitas baterai yang efektif. Kapasitas baterai merupakan indikator penting dalam menentukan kesiapan penggunaan baterai, yang dapat status siap, cukup, atau tidak siap. Metode pemantauan *real – time* yang diusulkan dalam penelitian ini menggunakan teknologi *Remote Transfer Switch* (RTS) dan *platform web*, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengelola sumber energi dengan fleksibel dari lokasi manapun. Teknologi RTS berperan dalam mengalihkan sumber energi secara otomatis antara PLTS dan sumber lain, memastikan keandalan pasokan energi. *Platform web* menyediakan antarmuka pengguna yang intuitif untuk mengakses informasi status baterai dan RTS, mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan energi. Berdasarkan hasil pengujian monitoring baterai bahwa tegangan 12,6V menandakan kapasitas baterai sebesar 65,69%. (belum ideal), namun cukup untuk keperluan tertentu. Ketika baterai tidak terhubung dengan sistem, pembacaan sensor tegangan menunjukkan 0V, yang berarti di bawah 20% kapasitas dan menandakan baterai belum siap digunakan. Sedangkan hasil Pengujian Remote Transfer Switch menunjukkan hasil yang memuaskan dengan rata – rata waktu hanya 1,17 detik.

Kata Kunci : Energi Surya, Kapasitas Baterai, *Remote Transfer Switch* (RTS)

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang andal, efisien, dan ramah lingkungan semakin mendesak seiring meningkatnya konsumsi energi global. Salah satu solusi yang banyak dikembangkan untuk menjawab tantangan tersebut adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)[1]. Energi surya merupakan sumber energi terbarukan yang melimpah, bersih, dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Sistem sel surya mengubah radiasi sinar matahari menjadi listrik. Semakin tinggi intensitas radiasi (iradiasi) matahari yang mengenai sel surya, semakin besar pula daya listrik yang dihasilkannya[1]. Namun dalam praktiknya, sistem PLTS sering dipadukan dengan jaringan listrik konvensional (grid) maupun generator cadangan untuk menjaga kontinuitas pasokan daya. Salah satu tantangan dalam sistem hibrida tersebut adalah proses peralihan sumber daya listrik ketika salah satu suplai mengalami gangguan.[2]. Proses ini umumnya masih dilakukan secara manual dengan menggunakan saklar mekanis. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan keterlambatan distribusi daya ke beban kritis. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS) yaitu berupa saklar listrik/elektronik yang dapat mengalihkan beban ketika sumber utama terganggu dan secara otomatis ke sumber cadangan [3]. Untuk meningkatkan efisiensi, sistem ini idealnya dapat dioperasikan secara remote, sehingga proses peralihan sumber energi berlangsung lebih cepat, efisien, dan dapat dikendalikan dari jarak jauh [4].

Selain aspek transfer *switch*, keandalan sistem PLTS juga sangat dipengaruhi oleh ketersediaan informasi terkait kondisi daya. Sistem monitoring daya listrik berperan penting dalam mendeteksi performa PLTS menilai konsumsi energi, serta memprediksi kemungkinan terjadinya gangguan. Tanpa adanya monitoring yang baik, pengelola kesulitan melakukan pemeliharaan preventif maupun korektif secara tepat waktu [5].

Perkembangan teknologi informasi, khususnya berbasis *Internet of Things* (IoT) dan aplikasi web, membuka peluang besar untuk mengintegrasikan sistem kontrol dan monitoring pada PLTS.[6] Sistem berbasis web memiliki keuntungan berupa kemudahan akses, fleksibilitas, serta kemampuan pemantauan *real-time* dari berbagai lokasi menggunakan perangkat terhubung internet [7]. Dengan pendekatan ini, operator dapat memantau tegangan, arus, dan daya listrik sekaligus mengendalikan transfer *switch* dari jarak jauh secara efisien.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian bertujuan untuk merancang dan membangun sistem remote transfer *switch* serta monitoring daya listrik berbasis web pada PLTS untuk meningkatkan keandalan pasokan energi dan efisiensi pengoperasian sistem. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasi, mempercepat respons ketika terjadi gangguan sumber daya, serta memperkuat keandalan PLTS sebagai salah satu pilar energi baru terbarukan.

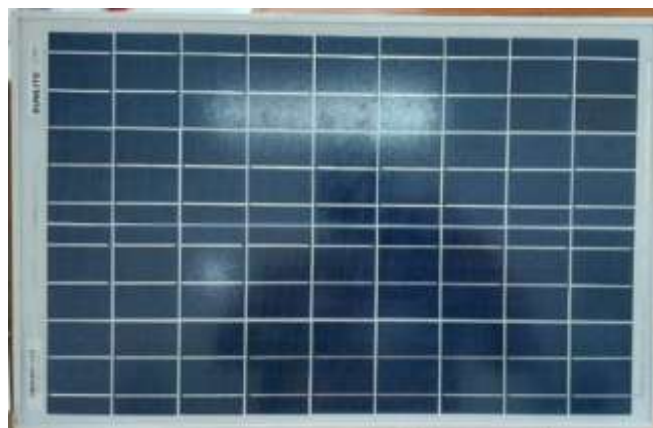
2. METODE

Metode penelitian meliputi tahapan yaitu, pengumpulan data, studi literatur, perancangan *hardware*, perancangan *software* dan pengujian sistem analisa dan kesimpulan yang diterapkan dalam pengembangan sistem ini dirancang untuk memungkinkan pemantauan status dan peralihan sumber daya secara efisien dari jarak jauh [8]. Proses ini dimulai pemilihan komponen perangkat keras yang tepat seperti Arduino Uno dan Wemos D1 Mini, diikuti oleh pengembangan perangkat lunak untuk transmisi data dari *sensor*, penyimpanan dalam *database*, dan tampilan *online*. *Remote Transfer Switch* terintegrasi ke dalam perangkat keras, memungkinkan pengguna untuk memantau kapasitas baterai dan status listrik AC serta mengganti sumber daya melalui antarmuka *web* [9]. Implementasi melibatkan pemasangan sensor tegangan dan arus, penghubungan ke perangkat keras, dan pengembangan kode perangkat lunak. Pengujian sistem yang menyeluruh memastikan kinerja sesuai spesifikasi, dengan masukan dari pengguna untuk peningkatan potensial. Proses ini, termasuk dokumentasi teknis yang rinci, menjamin pengembangan dan pemeliharaan sistem pemantauan yang efisien, mudah digunakan, dan dapat diandalkan.

A. Alat dan Bahan

1. Panel Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yang juga dikenal sebagai pengisi daya matahari, menggunakan sel fotovoltaik untuk mengubah energi termal matahari menjadi listrik. Perangkat ini, yang ditenagai oleh sinar matahari, memanfaatkan efek fotovoltaik dalam sel surya untuk menghasilkan listrik melalui arus antara dua lapisan yang berbeda secara elektrik seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan spesifikasi panel surya dapat dilihat pada Tabel 1



Gambar 1. Panel Surya

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya

No.	Spesifikasi	Detail
1	Model	SUNlite
2	Max. Power	20 Wp
3	Max. Power Voltage	17,2 V
4	Max. Power Current	1,16 A
5	Open Circuit Voltage	20,64 V
6	Short Circuit Current	1,3 A
7	Max. System Voltage	1000 V
8	Max. Series Fuse	16 A
9	Weight	2 Kg

2. Solar Charge Controller (SCC)

Regulator pengisian tenaga surya, atau SCC, adalah elemen vital dalam sistem PLTS yang mengatur proses pengisian baterai secara efektif. SCC mencegah kerusakan baterai akibat *over-charging* atau kehilangan kapasitas karena *undercharging*. Dengan operasi otomatis, SCC melindungi baterai dari tegangan yang berlebihan dan memastikan pengisian yang optimal. Kontroler ini memiliki kecerdasan untuk mengidentifikasi kapan baterai telah terisi penuh dan menghentikan arus dari panel surya, dengan memonitor tegangan baterai secara akurat seperti terlihat pada Gambar 2. Sedangkan spesifikasi SCC dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. Solar Charge Controller (SCC)

Tabel 2. Spesifikasi SCC

No.	Spesifikasi	
1	Model	VS 1024AU
2	<i>Voltage</i>	12/24 V
3	<i>Current</i>	10A
4	<i>SV</i>	1.00
5	<i>HV</i>	1.13
6	<i>Made In</i>	China

3. Baterai

Baterai memegang peranan esensial sebagai penyimpanan energi dalam sistem PLTS, memastikan pasokan listrik tetap ada meskipun tanpa sinar matahari, seperti pada malam hari atau saat cuaca buruk. Memahami teknologi baterai terbaru sangat berguna untuk optimasi dan keberlanjutan sistem energi surya. Sebagai inti dari penyimpanan energi, baterai mengubah energi kimia menjadi listrik melalui sel – sel elektrokimia. Kutub positif dan negatif dalam baterai memungkinkan aliran elektron yang menghasilkan listrik, dengan elektrolit yang berperan aktif dalam reaksi kimia yang terjadi di dalamnya seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dengan spesifikasi baterai dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 3. Baterai VRLA

Tabel 3. Spesifikasi Baterai

No.	Spesifikasi	
1	Merk	Solana
2	Jenis	VRLA
3	<i>Voltage</i>	12V
4	<i>Kapasitas</i>	7 Ah
5	<i>Stanby Use</i>	13,5 - 13,8 V
6	<i>Recom</i>	13,8 V(25°C)
7	<i>Initial Current</i>	Less than 1,75 A
8	<i>Remom current</i>	0,7 A

4. Inverter

Inverter merupakan komponen dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berperan dalam mengubah tegangan DC yang dihasilkan oleh panel surya menjadi tegangan AC yang dapat digunakan untuk mendukung berbagai perangkat listrik konvensional. Selain itu, *inverter* juga memiliki peran dalam memproses dan mengubah arus searah untuk menciptakan gelombang segi empat, yang kemudian dimodifikasi menjadi gelombang sinus yang dapat digunakan oleh berbagai perangkat elektronik seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan spesifikasi inverter dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 4. *Inverter*

Tabel 4. Spesifikasi Inverter

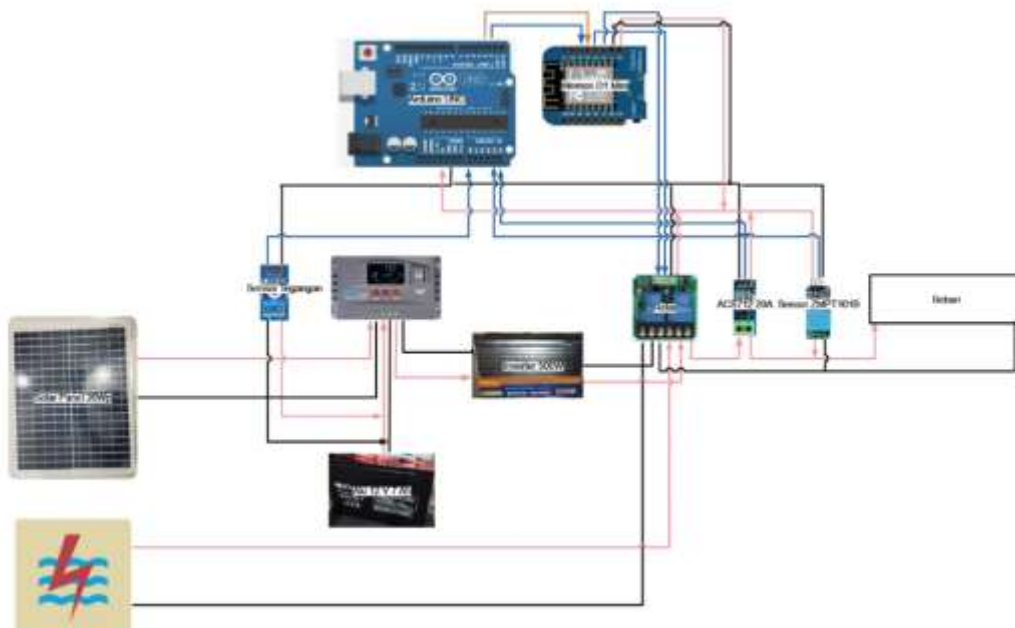
No	Parameter	Spesifikasi
1	Daya Nominal	1000 Watt (1 kW)
2	Daya Puncak (<i>Surge</i>)	2000 – 2500 Watt (± 2 detik)
3	Efisiensi	$\geq 85\% - 95\%$
4	Input DC	12 VDC
5	Rentang Tegangan Input	12V sistem: 10.5 – 15 VDC
6	Output AC	220 – 230 VAC

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dapat dijelaskan dalam diagram *flowchart* penelitian yang tunjukan dalam Gambar 5.



Gambar 5. *Flowchart* Penelitian

Perancangan *wiring diagram* pada penelitian ini meliputi komponen-komponen utama seperti PLTS, Baterai, SCC, Inverter serta sensor Arus ACS712 20 A, sensor tegangan ZMPT101B seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. *Wiring Diagram* Keseluruhan

3. PEMBAHASAN

A. Implementasi Prototype

Sistem remote transfer *switch* dan monitoring daya listrik pada PLTS berbasis WEB berhasil dibuat dalam bentuk *prototype*. Desain mekaniknya menggunakan konstruksi kerangka dengan tinggi 81,2 cm dan lebar 21,4 cm, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Prototype ini terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu:

1. Panel PLTS dan baterai sebagai sumber energi DC.
2. Modul mikrokontroler yang mengendalikan proses *switching* dan pengukuran sensor.
3. Modul komunikasi berbasis ESP8266 mengirim data secara *real-time* ke server web.
4. Komponen relay sebagai aktuator untuk memindahkan sumber antara PLN dan PLTS.
5. Web interface yang berfungsi untuk menampilkan data monitoring dan memberikan notifikasi kondisi sistem.



Gambar 7. *Prototype* Penelitian

Dari sisi implementasi software, sistem monitoring memanfaatkan *web hosting* sebagai platform untuk antarmuka pengguna dan penyimpanan data dan basis data. Tampilan antarmuka web ditunjukkan pada Gambar 8, di mana pengguna dapat memantau data secara *real-time* melalui laptop maupun smartphone.



Gambar 8 Tampilan Interface

B. Hasil Pengujian

1. Pengujian Kapasitas Baterai

Pengujian pertama dilakukan untuk melihat kondisi tegangan dan kapasitas baterai pada dua keadaan yaitu saat panel surya terhubung dan tidak terhubung. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Monitoring Baterai

No	Kondisi Panel	Tegangan (V)	Kapasitas Baterai (%)	Kondisi Status
1	Terhubung	12,6	65,69	Cukup
2	Tidak Terhubung	0	0	Kurang

Dari tabel 5, dapat dijelaskan bahwa ketika panel surya terhubung, tegangan baterai mencapai 12,6 Volt, menunjukkan kondisi baterai dalam keadaan normal dan kapasitas 65,69%, cukup untuk menyuplai beban sistem. Namun ketika panel tidak terhubung, tegangan dan kapasitas turun menjadi 0 Volt dan 0%, menunjukkan baterai dalam kondisi tidak mampu menyuplai beban. Hasil ini juga ditampilkan secara otomatis pada dashboard web, di mana pengguna menerima notifikasi perubahan status secara real-time. Grafik monitoring tegangan dan kapasitas baterai seperti pada Gambar 9 di bawah ini



Gambar 9. Grafik Monitoring Tegangan dan Kapasitas Baterai

2. Analisis Akurasi Sensor

Sensor tegangan dan arus yang digunakan memiliki toleransi $\pm 0,1$ Volt dan $\pm 0,05$ A. Pengukuran dilakukan dengan alat kalibrasi multimeter digital untuk membandingkan hasil. Hasil menunjukkan deviasi rata-rata sebesar 0,08 Volt (0,63%), sehingga akurasi sensor cukup baik untuk kebutuhan monitoring PLTS skala kecil. Dengan akurasi tersebut, sistem mampu menampilkan data dengan kesalahan pengukuran $< 1\%$.

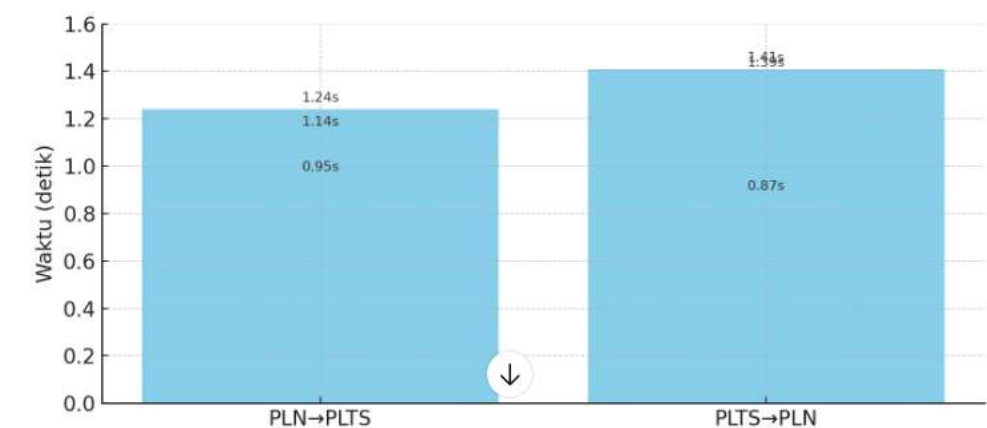
3. Pengujian Waktu Switching

Pengujian waktu perpindahan disini dengan cara mengukur waktu respon perpindahan menggunakan *remote transfer switch*. Dari hasil pengujian diperoleh rata-rata waktu *switching* sebesar 1,17 detik, Hasil ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara responsif. Nilai rata-rata 1,17 detik termasuk dalam kategori baik, karena masih di bawah ambang batas 2 detik

untuk sistem ATS skala kecil. Dan ini lebih baik jika dibandingkan dengan penelitian Rizky dkk menunjukkan waktu *switching* 1,52 detik pada sistem PLTS *hybrid* tanpa web interface [10]. Pada penelitian yang lain seperti Andro Wicaksono dan kawan kawan menunjukkan waktu 5,23 detik[11]. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan terbukti lebih cepat dan informatif karena menyediakan antarmuka monitoring secara *real-time* seperti ditunjukkan pada Tabel 6. Grafik respon waktu *remote transfer switch* seperti pada Gambar 10.

Tabel 6. Respon Waktu Remote Transfer Switch

No	Switch Source		Waktu (detik)
	From	To	
	PLN	PLTS	1,14
	PLTS	PLN	1,39
	PLN	PLTS	1,24
	PLTS	PLN	1,41
	PLN	PLTS	0,95
	PLTS	PLN	0,87
	Rata - Rata Waktu		1,17



Gambar 9. Grafik Respon Waktu Remote Transfer Switch

Beberapa keterbatasan (limitasi) dari sistem yang dikembangkan antara lain:

1. Ketergantungan terhadap koneksi internet yang stabil untuk menampilkan data *real-time*.
2. Sistem hanya mendukung monitoring satu titik (*single node*), belum *multipoint*.
3. Belum ada backup data lokal jika server web tidak aktif.
4. Belum dilakukan pengujian jangka panjang terhadap ketahanan sensor dan relay.

Meskipun demikian, prototype ini sudah menunjukkan kinerja awal yang memadai untuk digunakan sebagai sistem monitoring dan *switching* PLTS skala laboratorium.

4. SIMPULAN

Penelitian dengan judul rancang bangun sistem remote transfer switch dan monitoring daya listrik pada PLTS berbasis web telah berhasil dirancang dan direalisasikan, Sistem monitoring ini dapat menampilkan parameter listrik seperti tegangan, arus, kapasitas baterai, serta status sumber daya secara *real-time*, sehingga pengguna dapat memantau kondisi PLTS dari jarak jauh. Perpindahan sumber daya dari PLN ke PLTS terbukti memiliki waktu respon lebih cepat

dibandingkan dengan perpindahan dari PLTS ke PLN, namun keduanya masih dalam kategori handal untuk menjaga kontinuitas suplai daya. Dari hasil didapatkan percobaan mampu melakukan perpindahan sumber daya listrik antara PLN dan PLTS secara otomatis maupun manual dengan waktu rata-rata switching sekitar 1,17 detik. Kecepatan respons ini tentunya tidak lepas dari faktor pendukung seperti jaringan yang memadai dan stabil, yang berkontribusi secara signifikan terhadap hasil yang optimal. Implementasi sistem ini menunjukkan bahwa integrasi PLTS dengan web monitoring mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan energi, meminimalisasi gangguan listrik, serta memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan pengawasan dan pengendalian

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Duanaputri, I. Heryanto/Eryk, M. F. Sajidan, and Ayusta Lukita 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, doi: 10.33795/elposys.v10i1.715.
- [2] N. Salsabila and S. I. Haryudo, "Sistem Kontrol dan Monitoring Automatic Transfer Switch (ATS) Model Hybrid Berbasis Internet of Things," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 119–131, 2023, doi: 10.20895/jtece.v5i2.1119.
- [3] I. A. Lazuardi, I. W. Farid, and C. W. Priananda, "Automatic Transfer Switch Dilengkapi Fitur Monitoring Website pada On-Grid Solar Home System," *J. Tek. ITS*, vol. 10, no. 2, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i2.68713.
- [4] A. T. Wicaksono Hadi Yulfa, Setiawan Budi Darma, "Nomor 5.Pdf," *Identifikasi awal pengguna narkoba menggunakan metode learning Vector Quantization (LVQ)*, vol. 2, 2018.
- [5] Rouhillah, Rachmad Ikhsan, and F. Farih, "Sistem Monitoring Daya Output Photovoltaic Berbasis IoT," *J-Innovation*, vol. 11, no. 2, pp. 50–55, 2022, doi: 10.55600/jipa.v11i2.151.
- [6] 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, doi: 10.24036/jtein.v4i2.485.
- [7] M. Ulum, H. Haryanto, and D. Neipa Purnamasari, "Smart Monitoring Sistem Panel Surya Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Cyclotron*, vol. 7, no. 01, pp. 67–70, 2024, doi: 10.30651/cl.v7i01.21175.
- [8] I. Farisi Almadani, S. Isnur Haryudo, and U. Three Kartini, "Rancang Bangun Sistem ATS antara Listrik PLN dan PLTS Skala Kecil Untuk Alat Penetas Telur Berbasis IoT," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 03, pp. 565–575, 2021.
- [9] R. Alfita, K. Joni, and F. D. Darmawan, "Design of Monitoring Battery Solar Power Plant and Load Control System based on Internet of Things," *Teknik*, vol. 42, no. 1, pp. 35–44, 2021, doi: 10.14710/teknik.v42i1.29687.
- [10] R. F. Cyntia Widiarsari, "Rancang Bangun Automatic Transfer Switch(ATS) Hybrid Daya PLN dan PLTS Pada sistem Hidroponik" Nomor 11.pdf." 2023.
- [11] Y. A. Andro Wicaksono, Ahmad Yanie, "View of Pembuatan Panel ATS - AMF (Automatic Transfer Switch - Automatic Main Failure) dan Menggunakan Pendeteksi Beban Lebih.pdf."