

Pemantauan Daya Luaran Panel Surya Secara Jarak Jauh Melalui Aplikasi Berbasis Website

Monitoring Solar Panel Output via Website-Based Application

Zaenal Arifin¹, Silviana Giri Puspita¹, Diah Putri Widya¹, Dika Prasetyo Zuwarnando¹, Angga Prasetyawan¹, Helmy Rahadian¹, Nur Islahudin², Ahmad Vicqieh Al Jabbar³

¹Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia

²Program Studi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia

³PT. Sogy Semarang Jl. Karonsih Utara V No.3, Ngaliyan, Kec. Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah 50181, Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 25 Oktober 2023
Diterima, 14 November 2023
Diterbitkan, 14 Desember 2023

Kata Kunci:

Monitoring
Software
Antarmuka pengguna
Sistem

Keyword:

Monitoring System
Software
User Interface
System

INTISARI

Penelitian ini membahas tentang sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh. Yaitu sebuah aplikasi berbasis web yang dikembangkan untuk monitoring dan mengendalikan sistem secara efektif. Tujuan utama dari pengembangan aplikasi ini adalah menyediakan antarmuka berbasis web untuk pengguna yang intuitif dan mudah digunakan dalam memonitor dan mengontrol berbagai sistem. Penelitian ini menjelaskan proses pengembangan sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh, termasuk tahap perancangan, implementasi, dan pengujian. Desain antarmuka pengguna yang responsif dan menarik menjadi fokus utama dalam pengembangan aplikasi ini, agar pengguna dapat dengan mudah memahami status sistem dan melakukan kontrol yang diperlukan. Selain itu, juga membahas fitur-fitur utama yang disediakan oleh sistem, seperti visualisasi data secara real-time, pengaturan parameter sistem, dan pelaporan keadaan sistem. Keunggulan aplikasi ini terletak pada kemudahan pengguna dalam memantau dan mengendalikan sistem secara efisien, sehingga membantu meningkatkan efektivitas operasional dan pengambilan keputusan. Melalui penelitian dan pengujian yang dilakukan, sistem ini terbukti mampu memberikan manfaat signifikan dalam monitoring dan pengendalian sistem. Hasil evaluasi pengguna juga menunjukkan bahwa antarmuka pengguna yang disediakan oleh aplikasi ini sangat mudah dipahami dan digunakan. Dalam kesimpulan, sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh merupakan solusi yang efektif dan efisien dalam monitoring dan kendali sistem.

ABSTRACT

This research discusses remote monitoring system for PV power output. It is a web-based application developed for effective system monitoring and control. The primary goal of developing this application is to provide an intuitive and user-friendly web-based interface for users to monitor and control various systems. Research explains the process of developing a remote power output monitoring system for solar panels, including the design, implementation, and testing phases. User interface design is a major focus in the development of this application, allowing users to easily understand the system status and perform necessary controls. Additionally, it also discusses the key features provided by the system, such as real-time data visualization, system parameter settings, and system condition reporting. The advantage of this application lies in its user-friendliness in efficiently monitoring and controlling the system, thereby enhancing operational effectiveness and decision-making. Through the research and testing conducted, this system has proven to provide significant benefits in system monitoring and control. User evaluation results indicate that the user interface provided by this application is very easy to understand and use. In conclusion, a remote power output monitoring system for solar panels is an effective and efficient solution for system monitoring and control.

Korespondensi Penulis:

Nama Penulis : Zaenal Arifin

Asal Institusi/ Afiliasi : Universitas Dian Nuswantoro

Alamat Institusi/ Afiliasi : Indonesia

Email : xzaenal@dsn.dinus.ac.id

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin pesat, sejalan dengan perubahan gaya hidup masyarakat serta bertambahnya kebutuhan energi listrik. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dengan nomor surat 143K/20/MEM/2019 tentang rencana umum ketenaga listrik nasional tahun 2019 sampai dengan tahun 2038. Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) memproyeksikan rata-rata kebutuhan energi listrik nasional mengalami pertumbuhan sekitar 6,9 persen per tahun. Proyeksi ini dapat membawa dampak positif bagi kesejahteraan masyarakat, tetapi hal tersebut juga berpotensi menimbulkan konsekuensi negatif jika terjadi pemborosan energi [1].

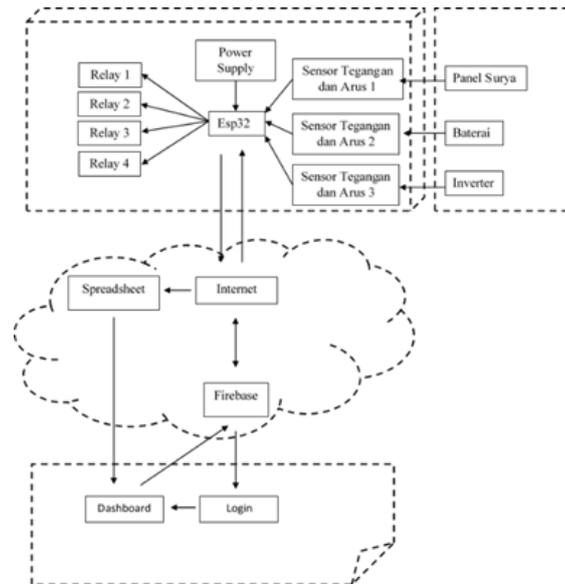
Peningkatan kebutuhan energi listrik secara global dari sumber energi konvensional menimbulkan dampak yang negatif, seperti permasalahan lingkungan. Panel surya atau *Photovoltaic* (PV) saat ini menjadi perhatian dunia sebagai energi alternatif pembangkit listrik yang ramah lingkungan. Banyak akademisi dan peneliti diseluruh dunia yang mengembangkan sistem PV [2]. Perkembangan PV di dunia semakin mengalami peningkatan yang pesat, dengan kemajuan industri mencapai 45% setiap tahun diseluruh dunia [3].

Salah satu cara memperoleh pasokan listrik melalui sumber energi terbarukan adalah dengan mengambil manfaat dari radiasi energi matahari menggunakan sel surya sebagai alat untuk mengubah matahari menjadi energi listrik, yang sering disebut sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Untuk menjaga kinerja sistem PLTS dan mencegah kerusakan, diperlukan suatu perangkat yang bertujuan untuk mengawasi atau mengukur kinerja serta dapat mengendalikan sistem ON/OFF pada beban [3].

Pada kesempatan ini, kami dengan PT. Sogy yang merupakan perusahaan yang beroperasi di bidang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), membuat alat dan sistem yang berfungsi untuk menunjang kemudahan dalam monitoring dan kendali sistem PV khususnya pada produk lampu Penerangan Jalan Umum (PJU). Konsumen dapat melakukan pengecekan melalui aplikasi berbasis *website* yang telah dirancang sehingga hal tersebut menjadikan PT. Sogy memiliki inovasi pada produk yang ditawarkan kepada para pembelinya.

2. METODE PENELITIAN**2.1 Blok Diagram Alat**

Pada sistem pengendalian alat pemantauan daya luaran sistem PLTS secara jarak jauh, terdapat sensor tegangan arus 1 yang akan mengukur tegangan dari PV, sensor tegangan dan arus 2 untuk baterai serta keluaran inverter menggunakan sensor tegangan dan arus 3. Sensor tegangan dan arus 3 (luaran inverter) untuk mengukur arus beban dari sistem penerangan lampu jalan berbasis panel surya, sedangkan sensor tegangan dan arus 2 digunakan untuk memantau kapasitas dari baterai. Di dalam *microcontroller* terdapat perhitungan daya dari perkalian tegangan dan arus setiap objek pengukuran. *Power supply* digunakan untuk memberikan daya esp32 serta komponen lainnya. Pada sub sistem ini juga terdapat *relay* yang digunakan untuk mengendalikan lampu. Pengendalian lampu nantinya akan menjadi penentu jumlah nyala lampu sesuai dengan kapasitas baterai. Semua hasil pembacaan sensor akan dikirimkan ke *server* penyimpanan melalui jaringan internet [4]. Blok diagram sistem pemantauan tersebut dapat diamati pada Gambar 1.

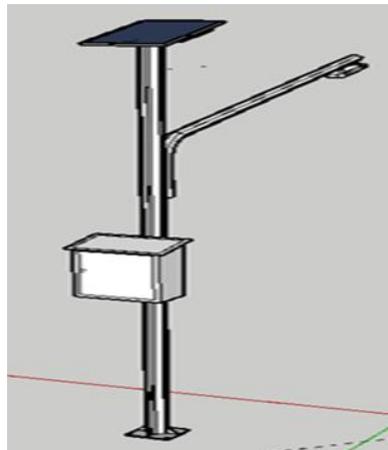


Gambar 1. Blok Diagram Sistem Pemantauan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti klasifikasi berikut: perancangan *hardware*, perancangan *software*, pengujian sistem, pengambilan data, serta analisis[4].

2.2 Komponen dan Alat (*Hardware*)

Adapun komponen dan alat yang digunakan pada sistem ini adalah *relay*, sensor tegangan, sensor arus, aplikasi web, *firebase*, dan *spreadsheet*. Contoh penerangan jalan umum berbasis panel surya dapat dilihat pada Gambar 2.



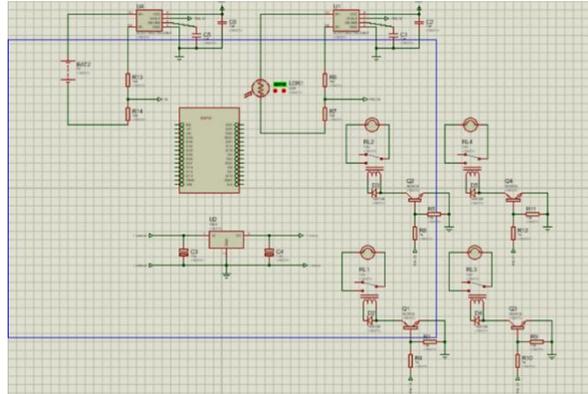
Gambar 2. Tiang PJU

Gambar diatas merupakan penerangan jalan umum berbasis panel surya. Untuk menjadikan penerangan jalan umum berbasis panel surya menjadi *IoT* hanya perlu menambahkan *hardware* yang terdiri dari sensor dan komponen komunikasi data yang ditempatkan pada kotak yang di sertai baterai dan *Solar Charger Control* (SCC), dengan dimensi seperti pada Gambar 3 [5].

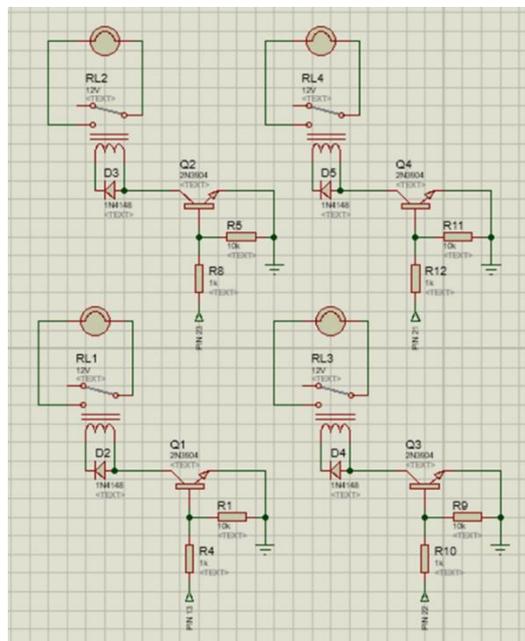


Gambar 3. Dimensi Kotak Penempatan *Hardware*

Gambar diatas merupakan dimensi/ukuran dengan panjang 195 mm, tinggi 50 mm, lebar 130 mm. Kemudian untuk gambar rangkain penuh bisa dilihat pada Gambar 4. Sedangkan susunan *relay* pada *microcontroller* dapat dilihat pada Gambar 5.

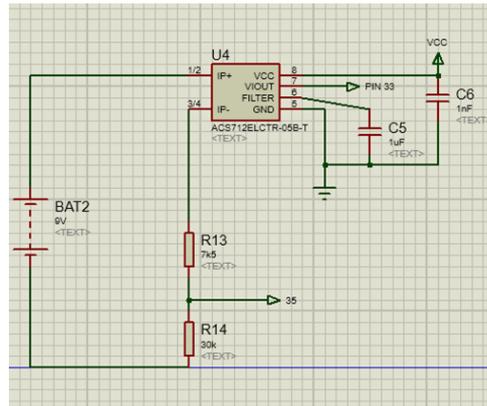


Gambar 4. *Schematic Diagram Komponen*



Gambar 5. *Schematic Relay*

Pada Gambar 4 merupakan rangkaian penuh dari *hardware* monitoring berbasis web yang ditunjukkan pada Gambar 5. Terdapat beberapa komponen penyusun *hardware*, yang terdiri dari *microcontroller* yang digunakan untuk pemrosesan, modul *power supply* untuk menurunkan tegangan, *relay* 4 buah yang digunakan untuk mengendalikan lampu, selanjutnya modul sensor tegangan serta sensor arus untuk memonitoring tegangan dan arus. Gambar 5 merupakan gambar *schematic* rangkaian *relay* yang diambil dari rangkaian penuh. Pada Gambar 5 *relay* 1 digunakan untuk mengendalikan lampu 1 yang nantinya akan terhubung ke pin 13 pada *microcontroller esp32*, *relay* 2 digunakan untuk mengendalikan lampu 2 dan output *relay* dikendalikan pada pin 23 pada *microcontroller*, *relay* 3 digunakan untuk mengendalikan lampu 3 dengan pengendalian *relay* diatur pada pin 22 pada *microcontroller*, yang terakhir adalah *relay* 4 yang akan digunakan untuk mengendalikan lampu ke-4 dengan pengaturan dari pin 21 pada *microcontroller* [7]. Untuk rangkaian tegangan dan arus pada baterai dapat dilihat pada Gambar 6.

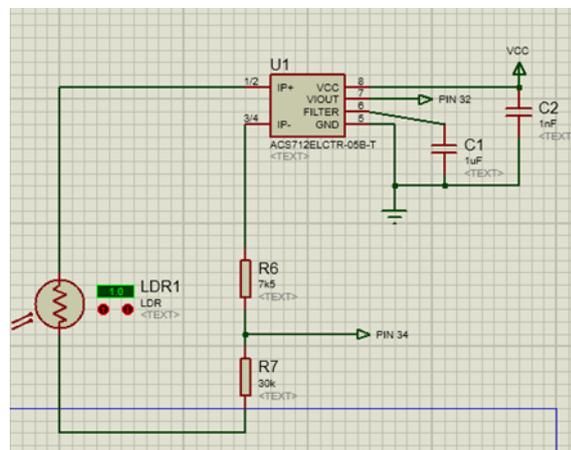


Gambar 6. Rangkaian Tegangan dan Arus pada Baterai

Pada rangkaian diatas menunjukkan rangkaian *schematic* untuk mendeteksi tegangan yang ditandai dengan huruf b sedangkan untuk sensor arus ditandai dengan huruf a, untuk sensor tegangan menggunakan modul sensor tegangan yang terdiri dari 2 resistor yang bernilai 30K Ohm dan 7K5 Ohm nantinya akan membagi tegangan menjadi seperlima dari tegangan input dengan menggunakan rumus (1), dimana R1 7K5 Ohm dan R2 30K Ohm, hasil pembagian akan di diproses ke *microcontroller* melalui pin 35, sedangkan hasil dari pembacaan sensor acs712 nantinya akan diproses ke *microcontroller* melalui pin 33.

$$V_{out} = R_1 / (R_1 + R_2) V_{in} \quad (1)$$

Rangkaian tegangan dan arus di panel surya merupakan rangkaian *schematic* untuk membaca tegangan dan sensor pada panel surya, pada Gambar 3.9. komponen yang ditandai dengan huruf a merupakan sensor arus acs712 yang akan digunakan untuk mengukur arus yang mengalir pada panel surya, sedangkan komponen yang ditandai dengan huruf b merupakan rangkaian pembagi tegangan dari modul sensor tegangan, maksimal tegangan yang dapat di ukur adalah adalah 25 Volt. Kemudian data pembacaan akan dikirimkan ke dalam *database*, *database* ini berfungsi untuk menampung semua data hasil dari pembacaan yang nantinya akan di tampilkan melalui web atau aplikasi. Rangkain tegangan dan arus dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkain Tegangan dan Arus pada Panel Surya

Sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh mengacu pada antarmuka grafis yang digunakan untuk memantau dan mengendalikan sistem atau perangkat tertentu. Sistem ini dirancang untuk memudahkan pengguna dalam melihat status, kinerja, dan keadaan sistem secara visual melalui elemen-elemen grafis seperti grafik, grafik batang, ikon, dan teks yang lebih mudah dimengerti daripada data mentah atau teks panjang [8].

Monitoring dan kendali berarti pemantauan dan pengendalian sistem atau perangkat untuk memastikan bahwa operasinya berjalan dengan benar dan sesuai dengan parameter yang ditentukan. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk melakukan tindakan seperti mengatur konfigurasi, memulai atau menghentikan proses, menentukan batas nilai, atau merespons peristiwa yang terjadi dalam sistem [9].

Dalam sistem ini, dibahas mengenai pemantauan daya luaran yang dirancang untuk memonitor dan mengendalikan sistem secara efektif. Sistem ini menawarkan antarmuka pengguna yang intuitif dan interaktif untuk memvisualisasikan data dari berbagai parameter sistem dan memberikan laporan keadaan sistem secara

real-time. Pada tahap monitoring, *software* ini mampu mengumpulkan dan menganalisis data yang relevan dari sistem yang sedang dipantau. Data tersebut kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik, diagram, atau tampilan lainnya yang mudah dipahami. Hal ini memungkinkan pengguna untuk melacak kinerja sistem dengan lebih efisien dan mengidentifikasi potensi masalah atau anomali [10].

Selain itu, *software* ini juga memiliki fitur kendali yang memungkinkan pengguna untuk melakukan tindakan perbaikan atau penyesuaian terhadap sistem secara langsung melalui antarmuka pengguna. Pengguna dapat mengontrol berbagai parameter sistem dan mengoptimalkan operasional sesuai kebutuhan. Selama proses monitoring, sistem ini juga menyediakan pelaporan keadaan sistem yang dapat digunakan sebagai referensi untuk evaluasi dan pengambilan keputusan. Informasi yang dihasilkan melalui laporan ini memungkinkan pengguna untuk memantau performa sistem secara keseluruhan dan mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan atau dioptimalkan [11].

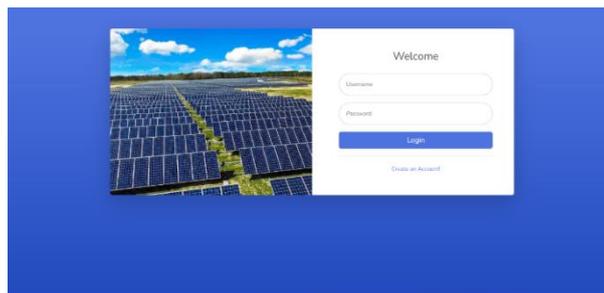
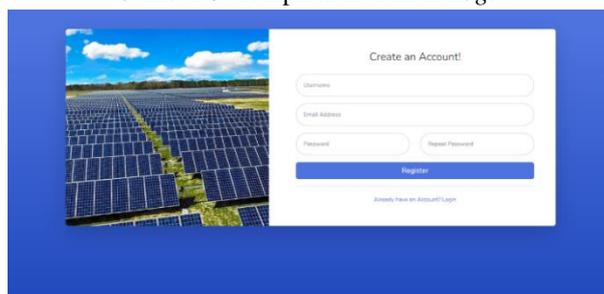
Dengan menggunakan sistem ini, diharapkan efektifitas operasional sistem dapat ditingkatkan secara signifikan. Antarmuka pengguna yang *user-friendly* dan visualisasi data yang jelas mempermudah pengguna dalam memahami kondisi sistem dan mengambil tindakan yang tepat. Selain itu, laporan keadaan sistem yang akurat membantu pengambilan keputusan yang lebih baik dalam mengelola sistem secara efisien. Pada sistem pengendalian alat pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh, terdapat sensor tegangan yang mengukur tegangan dari panel, baterai serta keluaran *inverter*, sedangkan sensor arus untuk mengukur arus beban dari sistem PLTS. Modul *step-down* digunakan untuk memberikan daya untuk esp32 serta komponen lainnya. Pada sub sistem ini juga terdapat *relay* yang akan digunakan untuk mengendalikan lampu. Pengendalian lampu nantinya akan menjadi penentu jumlah nyala lampu sesuai dengan kapasitas baterai [12]. Sensor arus pada sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh memiliki fungsi untuk mengukur arus listrik yang mengalir melalui PV. Sensor ini ditempatkan di antara PV dan *inverter* atau sistem pemantauan daya. Besarnya arus yang dihasilkan oleh panel surya, merupakan indikator penting dalam mengevaluasi performa dan efisiensi panel surya. Dengan informasi tentang arus yang diperoleh dari sensor ini, dapat dilakukan pemantauan terhadap kinerja panel surya secara *real-time* dan mendeteksi adanya masalah seperti penurunan arus yang tidak normal atau kerusakan pada PV [13].

Sementara itu, sensor tegangan pada sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh berfungsi untuk mengukur tegangan listrik yang dihasilkan oleh PV. Sensor ini dipasang pada terminal output panel surya atau sebelum *inverter*. Pengukuran tegangan yang dilakukan oleh sensor ini memberikan informasi mengenai tingkat tegangan yang dihasilkan dari PV. Dengan memantau tegangan, dapat diketahui apakah PV bekerja dengan baik dan menghasilkan tegangan yang sesuai dengan spesifikasi. Jika terdapat penurunan tegangan yang tidak normal, sensor tegangan akan mendeteksi. Ini memberikan data yang dibutuhkan untuk analisis dan perbaikan. Dengan adanya sensor arus dan sensor tegangan dalam sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh, dapat dilakukan pemantauan yang akurat terhadap daya luaran PV. Informasi tentang arus dan tegangan yang dikumpulkan oleh kedua sensor ini sangat berguna dalam mengevaluasi performa PV, mendeteksi masalah, dan mengoptimalkan kinerja panel surya secara keseluruhan [14]. Secara keseluruhan, sistem pemantauan daya luaran panel surya secara jarak jauh merupakan solusi yang inovatif dalam mengoptimalkan pemantauan dan pengendalian sistem. Dengan fitur-fitur yang ditawarkan, *software* ini memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan efektivitas operasional dan kualitas pengambilan keputusan pada berbagai jenis sistem [15].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

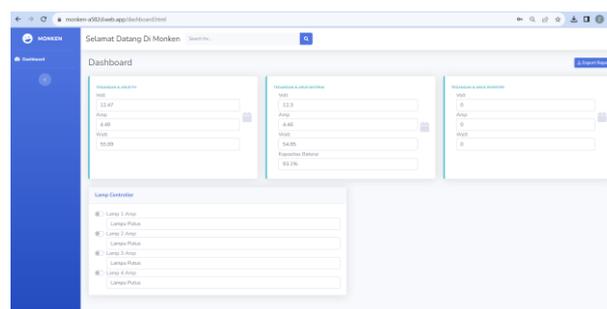
3.1 Hasil

Dalam melakukan pengujian, langkah pertama yang harus dilakukan adalah memastikan seluruh komponen dan rangkaian alat sistem pemantauan telah terpasang. Setelah seluruh komponen sistem pemantauan telah terpasang, maka dilakukanlah pengujian untuk memastikan kinerja sistem pemantauan berjalan dengan baik. Pengujian dilakukan dengan memastikan sistem terhubung dengan jaringan internet atau *Wifi*. Setelah terhubung ke jaringan internet, sistem membaca hasil yang tertangkap oleh sensor. Kemudian hasil pembacaan sensor tersebut dikirim data *spreadsheet* dan masuk ke *firebase* (pastikan *firebase* siap). Setelah data masuk ke *firebase*, pengguna dapat melihat data hasil pengukuran dengan cara membuka laman monitoring <https://monken-a582d.web.app/>. Maka akan diarahkan ke halaman *log in* seperti pada Gambar 8. Jika belum memiliki akun, pada sistem ini juga terdapat *form register* dengan tampilan seperti pada Gambar 9.

Gambar 8. Tampilan Halaman *Login*Gambar 9. Tampilan Halaman *Register*

Pada pengujian yang dilakukan pada tanggal 5 juni 2023, terdapat pengukuran beberapa parameter yang terkait dengan sistem PV dan baterai. Data tersebut mencakup tegangan PV, arus PV, daya yang dihasilkan oleh PV, tegangan baterai, arus baterai, daya yang diambil dari baterai, tegangan inverter, arus *inverter*, dan daya yang dihasilkan oleh *inverter*. Dalam pengukuran pertama pada pukul 15:04:37, tegangan PV sebesar 11,22 V, arus PV 0,07 A, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 0,79 W. Tegangan baterai pada saat itu adalah 11,01 V, dengan arus baterai sebesar 2,97 A dan daya baterai sebesar 32,70 W. Tegangan *inverter* adalah 220 V, sedangkan arus *inverter* dan daya *inverter* tidak ada. Pada pengukuran berikutnya, terlihat fluktuasi pada parameter-parameter tersebut. Misalnya, pada pengukuran pukul 15:05:13, tegangan PV adalah 11,18 V, arus PV 0,22 A, dan daya panel surya 2,46 W. Tegangan baterai sebesar 10,98 V, dengan arus baterai 2,95 A dan daya baterai 32,39 W. Tegangan *inverter* tetap pada 220 V, namun arus dan daya *inverter* tidak ada. Dalam beberapa pengukuran lainnya, terlihat variasi nilai tegangan, arus, dan daya pada PV dan baterai. Pengukuran terakhir pada pukul 15:07:29 menunjukkan tegangan PV sebesar 11,18 V, arus PV 0,24 A, dan daya PV 2,68 W. Tegangan baterai adalah 10,99 V, dengan arus baterai 3,01 A dan daya masuk mengisi baterai 33,08 W. Tegangan *inverter* tetap pada 220 V, namun arus dan daya *inverter* tidak ada (karena beban dalam posisi off). Tegangan PV berkisar antara 11.17 V hingga 13.06 V, dengan arus PV antara 1.92 A hingga 2.35 A, dan daya PV antara 22.37 W hingga 30.48 W. Tegangan baterai stabil pada 11.34 V hingga 11.81 V, dengan arus baterai berkisar antara 1 A hingga 10.98 A, dan daya baterai antara 11.85 W hingga 112.73 W. Tegangan *inverter* konstan pada 220 V, dengan arus inverter sebesar 1 A. kondisi pengujian yaitu lampu-lampu pada sistem ini dalam kondisi *off* kecuali pada beberapa kasus dimana lampu hidup.

Data yang diberikan adalah hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya pada sistem PV, baterai, dan inverter pada waktu dan tanggal tertentu. Tegangan PV berkisar antara 12.21 V hingga 12.6 V, dengan arus PV antara 3.53 A hingga 4.71 A, dan daya PV antara 43.1 W hingga 58.78 W, dengan arus baterai berkisar antara 3.68 A hingga 4.5 A, dan daya baterai antara 29.26 W hingga 39.02 W. Untuk melihat hasil pengukuran terlihat pada halaman *dashboard*, tampilan *dashboard* dapat dilihat pada Gambar 10.

Gambar 10. Tampilan *Dashboard* Monitoring dan Kendali

3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, mengungkapkan keefektifan sistem monitoring kendali dalam mengontrol dan memantau daya luaran panel surya secara *real-time*. Sistem monitoring kendali ini dirancang untuk memonitor dan mengontrol daya luaran PV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi sistem monitoring kendali mampu meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional sistem. Dengan adanya pemantauan secara *real-time*, sistem dapat mendeteksi adanya kegagalan atau perubahan kondisi yang tidak diinginkan, sehingga tindakan koreksi dapat segera dilakukan untuk mencegah kerusakan atau kegagalan sistem yang lebih serius. Sistem Monitoring dan kendali ini juga dapat menyajikan data *report* dalam bentuk *spreadsheet*. Untuk menampilkan data *report* tersebut pengguna hanya cukup mengklik *button export report*. Berikut adalah *report* hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 11.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	date	tegangan_pv	arus_pv	daya_pv	tegangan_bat	arus_bat	daya_bat	tegangan_inv	arus_inv	daya_inv		
2	Thursday,-June-08-2023-11:35:30	12,47	4,49	56,04	8,72	4,46	38,89	220	0	0		
3	Thursday,-June-08-2023-11:35:48	12,45	4,29	53,38	8,24	4,26	35,14	220	0	0		
4	Thursday,-June-08-2023-11:36:00	12,38	4,52	55,96	8,34	4,45	37,09	220	0	0		
5	Thursday,-June-08-2023-11:36:11	12,36	4,34	53,58	8,57	4,35	37,28	220	0	0		
6	Thursday,-June-08-2023-11:36:23	12,4	4,71	58,47	8,61	3,81	32,81	220	0	0		
7	Thursday,-June-08-2023-11:36:38	12,47	4,52	56,36	8,25	4,12	33,98	220	0	0		
8	Thursday,-June-08-2023-11:36:50	12,43	4,52	56,18	8,07	4,08	32,95	220	0	0		
9	Thursday,-June-08-2023-11:37:04	12,35	4,51	55,66	7,7	4,46	34,35	220	0	0		
10	Thursday,-June-08-2023-11:37:16	12,38	4,49	55,65	8,47	4,25	36,01	220	0	0		
11	Thursday,-June-08-2023-11:37:29	12,38	4,53	56,11	8,38	3,86	32,35	220	0	0		
12	Thursday,-June-08-2023-11:37:41	12,4	4,48	55,59	8,21	4,13	33,9	220	0	0		
13	Thursday,-June-08-2023-11:37:53	12,4	4,54	56,35	8,13	4,5	36,56	220	0	0		
14	Thursday,-June-08-2023-11:38:04	12,44	4,4	54,68	8,36	3,87	32,4	220	0	0		
15	Thursday,-June-08-2023-11:38:16	12,34	4,48	55,32	8,14	4,46	36,31	220	0	0		
16	Thursday,-June-08-2023-11:38:28	12,46	4,41	54,92	8,23	3,81	31,38	220	0	0		
17	Thursday,-June-08-2023-11:38:44	12,45	4,7	58,55	8,19	4,09	33,51	220	0	0		
18	Thursday,-June-08-2023-11:38:57	12,47	4,53	56,51	8,23	4,26	35,1	220	0	0		
19	Thursday,-June-08-2023-11:39:08	12,38	4,51	55,79	8,23	4,37	36,01	220	0	0		
20	Thursday,-June-08-2023-11:39:20	12,4	4,4	54,52	8,02	4,42	35,46	220	0	0		

Gambar 11. Tampilan Hasil Data Pengukuran

Keterangan:

Kolom A = Waktu dan Tanggal

Kolom B = Tegangan PV

Kolom C = Arus PV

Kolom D = Daya PV

Kolom E = Tegangan Baterai

Kolom F = Arus Baterai

Kolom G = Daya Baterai

Kolom H = Tegangan Inverter

Kolom I = Arus Inverter

Kolom J = Daya Inverter

Hasil pengujian di semua aspek di alat pada sistem pemantauan dan sistem kendali pada PV menunjukkan beberapa temuan yang penting. Pengujian terhadap modul relay juga berhasil, dengan modul relay dapat mengontrol kinerja elemen pemantauan secara efektif. Pada sistem pengukuran parameter-parameter seperti tegangan PV, arus PV, dan daya PV menunjukkan fluktuasi yang bisa dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal. Namun, tegangan baterai, arus baterai, dan daya baterai tetap dalam rentang yang diharapkan. Dengan demikian, hasil pengujian pada semua aspek alat menunjukkan kinerja yang memadai dan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang sistem PV secara keseluruhan. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa sistem monitoring kendali memiliki peran krusial dalam meningkatkan kontrol, keandalan, efisiensi, dan keamanan sistem. Dengan penerapan sistem ini, pengguna dapat mengoptimalkan kinerja sistem, mengurangi kerugian akibat kegagalan, dan meningkatkan produktivitas secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem monitoring dan kendali PV dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional PV. Dengan menggunakan sensor dan monitoring berbasis *web*, sistem ini mampu memantau kinerja PV. Peneliti menunjukkan bahwa sistem monitoring kendali PV dapat bekerja dengan baik. Melalui pemantauan *real-time*, sistem ini dapat mendeteksi gangguan atau masalah yang mungkin terjadi pada PV dan memungkinkan tindakan perbaikan yang cepat. Hal ini mengurangi waktu henti dan meningkatkan masa pakai PV. Salah satu manfaat utama dari sistem monitoring kendali PV adalah kemampuannya untuk memantau PV secara jarak jauh. Dengan menggunakan teknologi jaringan dan internet,

pengguna atau teknisi dapat memonitor kinerja panel surya dari lokasi yang jauh. Ini sangat bermanfaat dalam mengelola dan memelihara instalasi panel surya yang tersebar secara geografis.

Penelitian ini juga menyoroti kemampuan sistem monitoring kendali panel surya untuk terintegrasi dengan sistem energi terbarukan lainnya, seperti sistem baterai penyimpanan energi atau sistem *grid*. Integrasi ini memungkinkan pengoptimalan energi yang lebih efisien dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan secara keseluruhan. Kesimpulan ini menunjukkan bahwa sistem monitoring kendali panel surya memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya operasional, meningkatkan keandalan, dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dalam penggunaan energi terbarukan. Dalam konteks yang lebih luas, penggunaan sistem monitoring kendali PV dapat berkontribusi pada peralihan yang lebih baik menuju sumber energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Salam, Brilyan Edward Muhammad, Ikhsan Kamil, and Nuha Nadhiroh. "Sistem Monitoring Luaran Daya Panel Surya Solar Tracker Berbasis Internet of Things Dengan GOIOT." *ELECTRICES* 3.2 (2021): 53-59. R. Arulmozhiyal and K. Baskaran, "Implementation of a Fuzzy PI Controller for Speed Control of Induction Motors Using FPGA," *Journal of Power Electronics*, vol. 10, pp. 65-71, 2010.
- [2] Nadhiroh, Nuha, et al. "Pemanfaatan Reflektor Untuk Peningkatan Daya Luaran Panel Surya." *Jurnal Poli-Teknologi* 21.3 (2022): 97-106. Z. Yin Hai, et al., "A Novel SVPWM Modulation Scheme," in *Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2009. APEC 2009. Twenty-Fourth Annual IEEE*, 2009, pp. 128-131.
- [3] Pratama, M. Freza. *Sistem Monitoring Dan Kontrol Daya Plts Menggunakan Iot Berbasis Fuzzy Logic*. Diss. Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2021. D. Zhang, et al., "Common Mode Circulating Current Control of Interleaved Three-Phase Two-Level Voltage-Source Converters with Discontinuous Space-Vector Modulation," *2009 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, Vols 1-6*, pp. 3906-3912, 2009.
- [4] Rifky, Rifky, Dan Mugisidi, and Agus Fikri. "Kinerja Solar Cell Yang Ditempatkan Pada Atap Dan Dinding Model Bangunan Terintegrasi Sistem Fotovoltaik." *Prosiding SNST Fakultas Teknik 1.1* (2021). *Motors Using FPGA*," *Journal of Power Electronics*, vol. 10, pp. 65-71, 2010.
- [5] Wahyu, Syafrima, Mohamad Syafaat, and Agnes Yuliana. "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Menggunakan Arduino Bertenaga Surya Terintegrasi Internet of Things (IoT)." *Jurnal Teknologi* 8.1 (2020): 22-33. Z. Yin Hai, et al., "A Novel SVPWM Modulation Scheme," in *Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2009. APEC 2009. Twenty-Fourth Annual IEEE*, 2009, pp. 128-131.
- [6] Febriani, Siti Diah Ayu, Risse Entikaria Rachmanita, and Mochamad Irwan Nari. "Instalasi pembangkit listrik tenaga surya berbasis teknologi informasi guna terbentuknya pondok mandiri energi di pp. nurussalam ambulu jember." *Prosiding* (2019). D. Zhang, et al., "Common Mode Circulating Current Control of Interleaved Three-Phase Two-Level Voltage-Source Converters with Discontinuous Space-Vector Modulation," *2009 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, Vols 1-6*, pp. 3906-3912, 2009.
- [7] Wahyu, Syafrima, et al. "Aplikasi Sensor BH1750 Untuk Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Menggunakan Arduino Bertenaga Surya Terintegrasi Internet of Things (IoT)." *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika* 9.1 (2021): 71-78. *Motors Using FPGA*," *Journal of Power Electronics*, vol. 10, pp. 65-71, 2010.
- [8] Wicaksono, Darma Arif, et al. "Peningkatan Efisiensi Panel Surya pada Instalasi Rooftop berbasis Internet of Things (IoT)." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)* 3.2 (2021): 104-110.
- [9] Muslim, Supari, Khusnul Khotimah, and Alfiantin Noor Azhiimah. "Analisis Kritis Terhadap Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Tipe Photovoltaic (Pv) Sebagai Energi Alternatif Masa Depan." *Rang Teknik Journal* 3.1 (2020): 119-130.
- [10] Erwanto, D., & Sugiarto, T. (2020). *Sistem Pemantauan Arus Dan Tegangan Panel Surya Berbasis Internet of Things*. *MULTITEK INDONESIA*, 14(1), 1-12.
- [11] Haris, A., & Hendrian, E. (2019). *Sistem Monitoring dan Klaster Ketersediaan Energi Menggunakan Metode K-Means pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 4(2), 266-271.
- [12] Sinaga, W. D., & Prabowo, Y. (2018). *Monitoring Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan Oleh Sel Surya Berbasis Web Secara Online*. *SKANIKA*, 1(3), 1273-1277.
- [13] Putri, Y. S., Suryono, S., & Suseno, J. E. (2017). *Wireless sensor system untuk pengukuran daya listrik panel surya*. *Youngster Physics Journal*, 6(3), 221-228.
- [14] C. Wang, B. Wang, H. Liu, and H. Qu, "Anomaly Detection for Industrial Control System Based on Autoencoder Neural Network," *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2020, pp. 1–10, Aug. 2020, doi: 10.1155/2020/8897926.
- [15] S. Mokhtari, A. Abbaspour, K. K. Yen, and A. Sargolzaei, "A Machine Learning Approach for Anomaly Detection in Industrial Control Systems Based on Measurement Data," *Electronics*, vol. 10, no. 4, p. 407, Feb. 2021, doi: 10.3390/electronics10040407.

