

Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Panel Surya 1200 Wp Berbasis Data Logger

Muhammad Said
Prodi Teknik Elektro
Universitas Jambi
Muaro Jambi, Indonesia
msaidd15@gmail.com

Samratul Fuady
Prodi Teknik Elektro
Universitas Jambi
Muaro Jambi, Indonesia
sfuady@unja.ac.id

Oki Saputra
Prodi Teknik Elektro
Universitas Jambi
Muaro Jambi, Indonesia
okisaputra@unja.ac.id

Diterima : Mei 2022
Disetujui : Juli 2022
Dipublikasi : Juli 2022

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan mengimplementasikan alat monitoring panel surya 1200 Wp berbasis data logger yang datanya digunakan sebagai penentu tingkat kelayakan dari komponen yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) seperti solar charge controller. Alat monitoring dibuat menggunakan beberapa sensor seperti sensor arus AC712, sensor tegangan, dan sensor suhu DS18B20. Monitoring panel surya dilakukan menggunakan data logger dimana data hasil monitoring dari panel surya disimpan ke dalam SD card dalam bentuk file dengan format .txt. Hasil dari penelitian ini adalah nilai pembacaan sensor ACS712 mampu mengukur arus dengan nilai error sebesar 0.44%, sensor tegangan mampu mengukur tegangan dengan nilai error sebesar 0.40%, dan sensor suhu DS18B20 mampu mengukur suhu dengan nilai error sebesar 0.19%. Nilai keluaran dari panel surya 1200 Wp memiliki keluaran dengan tegangan maksimal sebesar 39.31 Volt pada suhu 41.51 °C dan keluaran arus maksimal sebesar 22.15 Ampere pada suhu 39.31 °C yang menandakan bahwa nilai keluaran panel surya masih dalam kapasitas dari spesifikasi solar charge controller 60A yang digunakan pada panel surya 1200 Wp.

Kata Kunci—Panel Surya; Data Logger; Monitoring

Abstract— This study aims to design and implement a 1200 Wp solar panel monitoring tool based on a data logger whose data is used as a determinant of the feasibility level of the components used in Solar Power Plants (PLTS) such as solar charge controllers. The monitoring tool is made using several sensors such as the AC712 current sensor, the voltage sensor, and the DS18B20 temperature sensor. Monitoring of solar panels is carried out using a data logger where the monitoring data from the solar panels are stored in the SD card in the form of a file with .txt format. The results of this study are the ACS712 sensor reading value is able to measure current with an error value of 0.44%, the voltage sensor is able to measure voltage with an error value of 0.40%, and the DS18B20 temperature sensor is able to measure temperature with an error value of 0.19%. The output value of the 1200 Wp solar panel has an output with a maximum voltage of 39.31 Volts at a temperature of 41.51 °C and a maximum current output of 22.15 Ampere at a temperature of 39.31 °C which indicates that the output value of the solar panel is still within the capacity of the 60A solar charge controller specifications used on a 1200 Wp solar panel.

Keyword—Solar Panel; Data Logger; Monitoring;

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu aspek penting dalam kehidupan manusia dimana jika tidak terpenuhi akan berdampak pada kelangsungan hidup manusia, salah satunya ialah kebergantungan manusia terhadap kebutuhan energi listrik. Faktor kebutuhan tersebutlah sehingga saat ini tak jarang dibangun pembangkit-pembangkit listrik mulai dari skala kecil hingga skala besar. Seiring dengan perkembangan teknologi dan mulai menipisnya bahan bakar fosil yang digunakan sebagai sumber energi listrik, para peneliti mulai melakukan riset dan mencoba memanfaatkan potensi alam yang ada disekitar kita yaitu dengan melakukan pemanfaatan energi baru terbarukan.

Pemanfaatan energi baru terbarukan saat ini banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat yang semakin hari semakin bertambah jumlahnya. Salah satu pemanfaatan energi baru terbarukan adalah dengan dimanfaatkannya energi surya menjadi energi listrik. Energi surya merupakan salah satu dari pemanfaatan energi baru terbarukan yang saat ini sedang banyak dikembangkan oleh pemerintah Indonesia. Indonesia memiliki tingkat radiasi matahari yang relatif tinggi sehingga berpotensi untuk membangkitkan energi listrik. Tingkat radiasi rata-rata di Indonesia yaitu sebesar 4,8 kWh/m² /hari [1]. Sehingga sumber daya matahari yang melimpah tersebut dapat digunakan untuk daerah yang belum terjangkau oleh Pembangkit Listrik Negara (PLN).

Sebelumnya peneliti telah melakukan pemasangan panel surya sebanyak 1200 Wp di Desa Bungku Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi yang digunakan untuk pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan kapasitas 2 kW. Desa Bungku merupakan desa yang terletak di daerah dataran rendah dan memiliki potensi tingkat radiasi yang cukup tinggi. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan software RETScreen Desa Bungku memiliki radiasi matahari sebesar 4,6 kWh/m² /hari [2] akan tetapi besar daya keluaran dari panel surya yang telah dipasang tersebut memiliki keluaran yang berubah-ubah, hal ini terjadi karena dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya, debu, temperatur, dan perubahan cuaca yang tidak menentu

sehingga dapat menyebabkan daya keluaran dari panel surya juga ikut berfluktuasi [3]. Nilai keluaran daya dari panel surya yang berubah-ubah ini dapat mengakibatkan rusaknya peralatan pada PLTS salah satunya seperti solar charge controller. Maka dari itu, untuk mengetahui setiap perubahan yang terjadi perlu dilakukan monitoring terhadap daya listrik yang dihasilkan panel surya dalam jangka waktu tertentu dari hasil monitoring dapat dianalisis apakah panel surya sudah bekerja dengan baik, dan sebagai penentu rangkaian pendukung seperti solar charge controller yang tepat untuk digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

Kendala muncul apabila melakukan monitoring menggunakan sistem konvensional, yaitu menggunakan tenaga manusia untuk melakukan pengukuran nilai keluaran daya secara manual dengan alat ukur biasa. Faktor kesalahan seperti kekeliruan dalam pengukuran dan kerusakan alat sering terjadi jika memonitoring dengan sistem ini. Selain itu, data tidak dapat diperoleh secara kontinyu karena manusia tidak dapat melakukan pengukuran secara terus-menerus sehingga monitoring harus dilakukan dengan sistem komputer.

Data logger atau juga disebut dengan perekam data merupakan suatu sistem yang mengintegrasikan pencatatan, pengumpulan, pengolahan dan penyimpanan data dari suatu sensor yang digunakan untuk memonitoring dan menganalisis parameter oleh sensor tersebut. Secara umum data logger terdiri dari mikrokontroler, sensor dan media penyimpanan seperti memori [4].

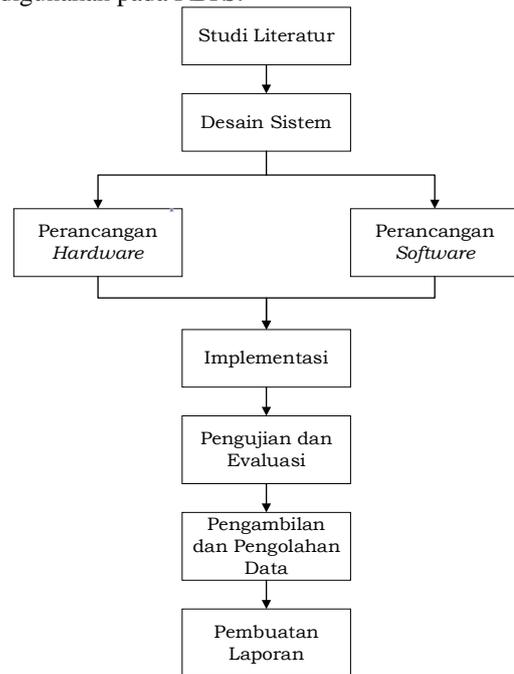
Pada penelitian ini, penulis akan merancang sekaligus mengimplementasikan sebuah alat monitoring untuk memantau tegangan, arus, dan suhu dilengkapi dengan media penyimpanan dan real time clock DS1307 yang berfungsi untuk menyimpan data secara kontinyu dan real time pada panel surya. Nilai tegangan diukur menggunakan sensor tegangan, nilai arus diukur menggunakan sensor arus ACS712, dan nilai suhu diukur menggunakan sensor suhu DS18B20. Sistem data logger ini dirancang secara otomatis sehingga memungkinkan untuk melakukan monitoring dalam jangka waktu tertentu secara akurat dan efisien.

II. METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan penelitian berurutan atau sequential mode. Metode penelitian ini dipilih karena bentuk tahapan penelitian tersusun secara urut sehingga dapat memudahkan penulis dalam melakukan penelitian. Adapun tahapan dari penelitian ini yaitu studi literatur, desain sistem yang terdiri dari perancangan hardware dan software, implementasi, pengujian dan evaluasi, pengambilan data dan pengolahan data, dan pembuatan laporan.

Tahapan studi literatur digunakan untuk mengkaji lebih dalam objek penelitian yang akan dilakukan. Desain sistem digunakan untuk memberikan gambaran sistem yang akan dibuat baik dari segi hardware maupun software. Implementasi dan pengujian digunakan untuk menerapkan sistem yang telah dibuat sekaligus melihat apakah sistem yang dibuat telah berfungsi. Evaluasi dan pengolahan data dilakukan untuk melihat kinerja dari sistem yang sudah dibuat apakah sudah berjalan dengan baik, jika sistem sudah berjalan dengan baik selanjutnya dilakukan pengambilan dan pengolahan data yang nantinya data tersebut digunakan untuk

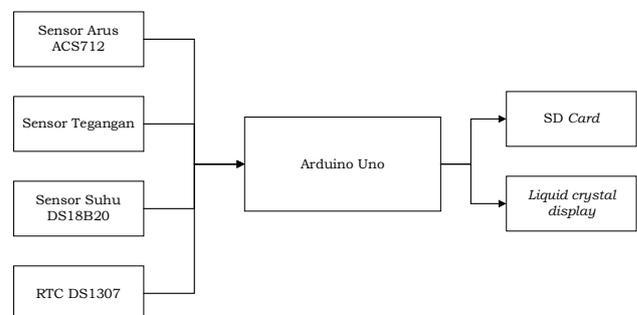
menentukan tingkat kelayakan dari komponen-komponen yang digunakan pada PLTS.



Gambar 1. Metode Penelitian

A. Desain Sistem

Pada penelitian ini desain sistem terdiri dari dua bagian yaitu desain hardware dan desain software. Untuk mempermudah perancangan pada suatu sistem diperlukan sebuah diagram blok sistem yang tiap bloknya memiliki fungsi dan cara kerja tertentu. Diagram blok sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



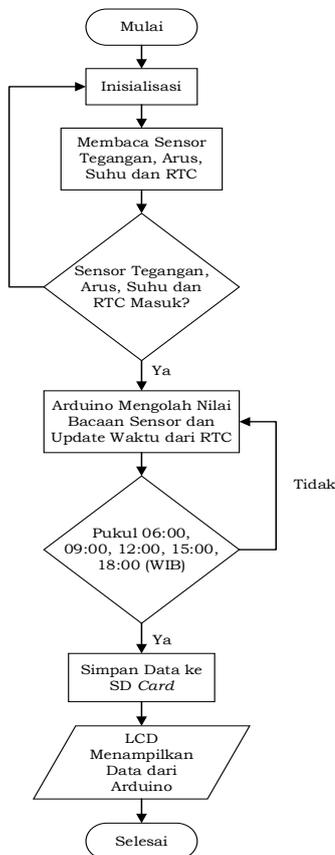
Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Penelitian ini terdiri dari tiga bagian sistem hardware yaitu input, process, dan output. Bagian input terdiri dari Sensor Arus ACS712, Sensor Tegangan, Sensor Suhu DS18B20, dan Real Time Clock (RTC) DS1307. Sensor arus ACS712 merupakan salah satu jenis sensor arus yang menggunakan metode hall effect sensor. Metode ini bekerja dengan hukum fisika dimana sensor melakukan pendeteksian dengan medan magnet [5]. Pembacaan nilai pada sensor harus berupa data Analog to Digital Converter (ADC) yaitu pengkonversi input analog menjadi kode-kode digital [6]. Sensor tegangan adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur tegangan yang terdiri dari rangkaian pembagi tegangan dengan prinsip tekanan resistensi dan dapat mengurangi tegangan input 5 kali dari tegangan asli [7]. Sensor suhu DS18B20 adalah komponen elektronika yang menangkap perubahan temperatur lingkungan kemudian

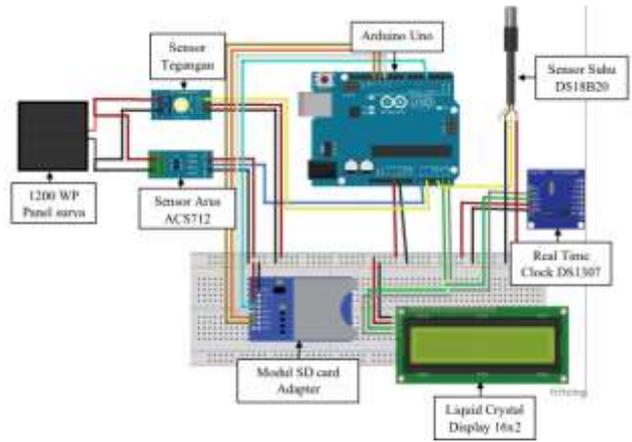
mengkonversikannya menjadi besaran listrik dengan tingkat akurasi sensor ini terbilang cukup tinggi yaitu 0,5°C pada rentang suhu -10°C sampai +85°C [8]. Real Time Clock (RTC) DS1307 adalah suatu sistem pengingat waktu dan tanggal yang menggunakan integrated circuit kristal yang digunakan untuk mempertahankan frekuensinya [9].

Pada bagian process digunakan Arduino sebagai perangkat keras sekaligus perangkat lunak yang untuk membuat prototipe rangkaian elektronika berbasis mikrokontroler [10]. Pada bagian output terdapat SD card yang digunakan sebagai tempat penyimpanan data hasil monitoring dengan modul adapter sebagai pembacaan SD card ke mikrokontroler yang menggunakan komunikasi serial paralel interface (SPI) [11]. Liquid Crystal Display (LCD) digunakan sebagai penampil suatu data, huruf, karakter, atau grafik dari data hasil penelitian [12]. Untuk komponen data logger nya sendiri terdiri dari RTC, Arduino, dan Modul SD card Adapter. Data logger merupakan sebuah alat elektronik yang digunakan untuk merekam data kedalam media penyimpanan. Pada umumnya data logger terdiri dari perangkat yang bertenaga baterai dilengkapi dengan mikroprosesor internal, penyimpanan data, dan satu atau beberapa sensor [13].

Pada bagian desain perancangan software berkaitan dengan algoritma program yang akan digunakan. Perancangan perangkat lunak ini disajikan dalam bentuk diagram alir atau flowchart. Flowchart merupakan salah satu diagram yang menampilkan langkah-langkah dan keputusan untuk melakukan sebuah proses. Setiap langkah berisikan berisi urutan peristiwa dan kemungkinan- kemungkinan yang terjadi [14].



Gambar 3. Flowchart Algoritma Software

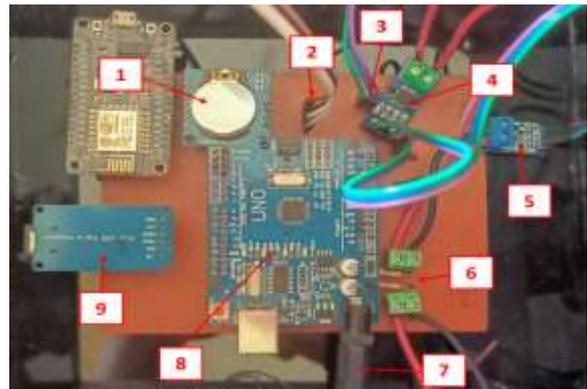


Gambar 4. Rangkaian Alat Monitoring

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi

Pada penelitian ini alat monitoring yang telah melalui tahap pengujian selanjutnya alat monitoring di implementasikan pada panel surya yang ada di Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 2kW Desa Bungku. Tampilan alat monitoring dapat dilihat pada gambar 5 dan 6. Pada gambar terdapat angka-angka untuk menjelaskan setiap komponen sebagai berikut:



Gambar 5. Tampilan dalam Alat Monitoring



Gambar 6. Implementasi Alat Monitoring

Pada penelitian ini implementasi yang dilakukan yaitu ;

- 1) RTC DS130 yang berfungsi untuk mengirim nilai waktu ke arduino sebagai penentuan waktu pengambilan data.
- 2) Kabel 5V, GND, A4, dan A5 yang terhubung ke LCD dan digunakan untuk menampilkan data monitoring.
- 3) Kabel 5V, GND, dan A2 yang terhubung ke sensor suhu DS18B20 dan digunakan untuk membaca nilai suhu yang ada di area panel surya.
- 4) Sensor arus ACS712 yang terhubung ke panel surya dan beban baterai yang digunakan untuk membaca nilai arus dari panel surya.
- 5) Sensor tegangan yang terhubung ke rangkaian pembagi tegangan dan panel surya yang digunakan untuk membaca nilai tegangan dari panel surya.
- 6) Rangkaian pembagi tegangan yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari panel surya agar nilai tegangan dari panel surya dapat dibaca oleh sensor tegangan.
- 7) Supply tegangan alat monitoring.
- 8) Arduino uno yang berfungsi sebagai prosesor utama dari alat monitoring [16][17].
- 9) Modul micro SD card adapter yang digunakan untuk menyimpan data hasil monitoring.
- 10) MCB DC yang digunakan sebagai pengaman sekaligus tempat penggabungan seluruh panel surya menjadi satu yang kemudian dihubungkan ke alat monitoring.
- 11) Beban baterai yang digunakan sebagai pembacaan nilai arus dari panel surya.
- 12) LCD yang digunakan untuk menampilkan data monitoring secara langsung.
- 13) Alat monitoring yang sudah terpasang.

B. Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian sensor arus dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari amperemeter dan sensor arus yang terhubung dengan arduino uno. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan sensor arus ACS712 ke power supply dengan memberikan variasi tegangan dengan beban baterai VRLA 12V 100 Ah. Hasil Pengujian dari sensor arus dan perbandingan dengan amperemeter dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL 1. HASIL PENGUJIAN SENSOR ARUS ACS712

No	Arus Power Supply (A)	Hasil Pengukuran		Error (%)
		Amperemeter (A)	Sensor Arus ACS 712 (A)	
1	0.5	0.53	0.57	0.75
2	1.1	1.15	1.20	0.43
3	1.5	1.55	1.61	0.38
4	2.0	2.02	2.27	0.86
5	2.5	2.58	2.69	0.42
6	2.7	2.73	2.88	0.54
7	3.7	3.71	3.77	0.16
8	4.6	4.64	4.78	0.30
9	5.0	5.04	5.15	0.21
10	5.4	5.46	5.67	0.38
Nilai rata-rata error				0.44

Berdasarkan hasil perbandingan pengukuran antara pengukuran menggunakan amperemeter dan sensor arus ACS712 yang menunjukkan selisih nilai error rata-rata yang tidak terlalu besar yaitu sebesar 0.44%.

C. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan cara memberikan variasi inpu tegangan ke sensor. Supply tegangan tidak langsung di sambungkan ke sensor tegangan melainkan disambungkan ke rangkaian pembagi tegangan terlebih dahulu yang kemudian dilakukan pengkalibrasian sensor karena sensor tegangan hanya membaca nilai tegangan dibawah 25V. Data nilai hasil pengukuran sensor tegangan akan dibandingkan dengan hasil pengukuran voltmeter dan dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL 2. HASIL PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN

No	Power Supply (V)	Hasil Pengukuran		Error (%)
		Voltmeter (V)	Sensor Tegangan	
1	7	7.50	7.34	0.21
2	11	11.30	11.75	0.39
3	15	15.20	15.67	0.30
4	19	19.20	20.32	0.58
5	23	23.00	23.99	0.43
6	27	27.20	28.40	0.44
7	31	31.30	32.80	0.47
8	35	35.10	36.48	0.39
9	39	39.40	39.52	0.30
10	43	43.30	45.55	0.51
Nilai rata-rata error				0.40

Perbandingan hasil pengukuran tegangan menggunakan voltmeter dan sensor tegangan memiliki nilai rata-rata error sebesar 0.40%.

D. Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Proses pengujian sensor suhu dilakukan dengan cara melakukan perbandingan atau mengkalibrasikan hasil pengukuran perangkat sistem dengan hygrometer. Pengujian sensor ini dilakukan untuk melakukan pengukuran suhu ruangan dalam setiap rentang waktu 5 menit sekali dengan 10 kali percobaan.

TABEL 3. HASIL PENGUJIAN SENSOR SUHU DS18B20

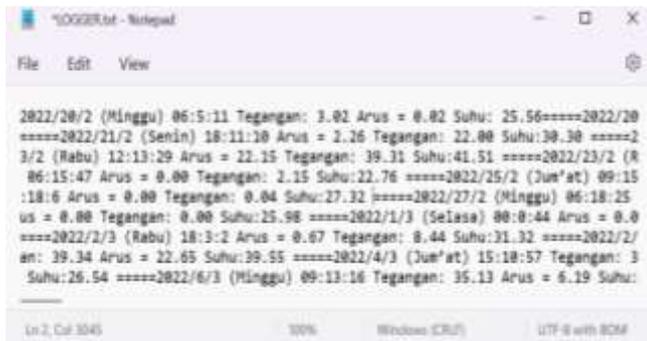
No	Waktu (WIB)	Hasil Pengukuran		Error (%)
		Hygrometer	Sensor Suhu DS18B20	
1	09:50	30.30	29.75	0.18
2	09:55	30.40	29.81	0.19
3	10:00	30.40	29.81	0.19
4	10:05	30.50	29.87	0.20
5	10:10	30.50	29.87	0.20
6	10:15	30.50	29.87	0.20
7	10:20	30.50	29.94	0.18
8	10:25	30.60	29.94	0.21
9	10:30	30.60	30:00	0.19
10	10:35	30.60	30:00	0.19
Nilai rata-rata error				0.19

Perbandingan hasil pengukuran suhu menggunakan hygrometer dan sensor suhu memiliki nilai rata-rata error sebesar 0.19%.

E. Pengujian Data Logger

Pada penelitian ini data logger digunakan untuk penyimpanan data dari setiap sensor yang digunakan berdasarkan indikator waktu yang telah ditentukan. Pengujian data logger dilakukan dengan cara memberikan

input berupa data ke Arduino Uno dari Sensor Arus ACS712, Sensor Tegangan dan Sensor Suhu DS18B20 yang kemudian data tersebut akan di simpan ke dalam SD Card. File yang tersimpan didalam SD card merupakan file dalam bentuk .txt seperti gambar 7 berikut.



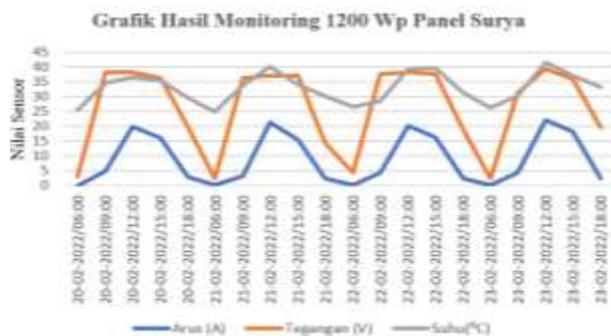
Gambar 7. Hasil Data Logger dalam Bentuk .txt

F. Data Hasil Monitoring

Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan selama 4 hari dengan rentang waktu pada jam 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, dan 18:00 (WIB) terhitung dari tanggal 20 februari 2022 sampai 23 februari 2022. Pengambilan data dilakukan dengan memasang alat monitoring yang sudah dibuat ke panel surya yang ada di Desa Bungku yaitu dengan jumlah total panel surya sebanyak 1200 WP. Alat monitoring dipasang dengan melakukan penyambungan secara seri-paralel pada seluruh panel surya yang kemudian disambungkan ke alat monitoring. Input arus disambungkan ke beban baterai dari panel surya. Untuk menjaga kesehatan dari baterai yang terhubung ke sensor arus, maka digunakan alat bantu tambahan yang gunanya untuk memutus arus yang masuk ke baterai dan menghubungkannya lagi pada saat jadwal waktu pengambilan data berlangsung. Sedangkan untuk sensor suhu DS130 sendiri diletakan di daerah yang tidak jauh dari panel surya.

TABEL 4. HASIL HASIL MONITORING PANEL SURYA

Tanggal dan Waktu (WIB)	Arus (A)	Tegangan (V)	Suhu(°C)
20-02-2022/06:00	0.02	3.02	25.56
20-02-2022/09:00	4.81	38.32	34.62
20-02-2022/12:00	19.83	38.20	36.56
20-02-2022/15:00	16.13	36.20	35.45
20-02-2022/18:00	2.91	20.00	29.56
21-02-2022/06:00	0.16	2.30	24.86
21-02-2022/09:00	3.29	36.21	33.71
21-02-2022/12:00	21.37	37.09	40.21
21-02-2022/15:00	15.37	37.00	34.08
21-02-2022/18:00	2.26	14.45	30.30
22-02-2022/06:00	0.09	4.40	26.65
22-02-2022/09:00	4.21	37.60	28.45
22-02-2022/12:00	20.26	38.30	39.43
22-02-2022/15:00	16.29	37.61	39.56
22-02-2022/18:00	2.31	18.88	31.23
23-02-2022/06:00	0.07	2.40	26.23
23-02-2022/09:00	4.23	31.33	30.09
23-02-2022/12:00	22.15	39.31	41.51
23-02-2022/15:00	18.26	35.96	37.18
23-02-2022/18:00	2.29	19.71	33.12



Gambar 8. Grafik Data Hasil Monitoring PLTS Desa Bungku

Jika dilihat dari tabel hasil monitoring panel surya pada tabel 4 hasil monitoring panel surya memiliki keluaran dengan tegangan maksimal sebesar 39.31 Volt pada suhu 41.51 °C dan keluaran arus maksimal sebesar 22.15 Ampere pada suhu 41.51 °C dengan kinerja waktu pada jam 12:00 WIB. Pada jam 06:00 WIB kinerja dari panel surya terbilang belum cukup baik karena hanya mampu menghasilkan arus maksimum sebesar 0.16 A pada suhu 24.86 °C dan tegangan maksimum sebesar 4.40 V pada suhu 26.65 °C dan untuk jam 18:00 WIB sendiri panel surya memiliki arus maksimum sebesar 2.91 A pada suhu 29.56 °C dan tegangan maksimum sebesar 19.71 V pada suhu 33.12 °C.

Nilai keseluruhan keluaran dari panel surya pada tanggal 20 Februari 2022 hingga 23 Februari 2022 bila dilihat dari bentuk grafik hasil monitoring menunjukkan bentuk perubahan nilai arus, tegangan dan suhu yang cukup stabil karena tidak ada perubahan nilai yang jauh berbeda dari nilai rata-rata kinerja setiap harinya. Hal ini menandakan bahwa panel surya pada PLTS di Desa Bungku sudah bekerja dengan baik.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu Sensor arus ACS712 dapat melakukan pengukuran dengan cukup baik yang memiliki persentase nilai error sebesar 0.44% pada VRLA 12V 100 Ah, sensor tegangan mampu mengukur tegangan dengan nilai error sebesar 0.40%, dan sensor suhu DS18B20 mampu mengukur suhu dengan nilai error sebesar 0.19%. Data hasil monitoring disimpan kedalam SD card dalam bentuk file dengan format .txt . Nilai keluaran dari panel surya pada PLTS di Desa Bungku memiliki keluaran dengan tegangan maksimal sebesar 39.31 Volt pada suhu 41.51 °C dan keluaran arus maksimal sebesar 22.15 Ampere pada suhu 39.31 °C yang menandakan bahwa nilai keluaran panel surya masih dalam kapasitas dari spesifikasi solar charge controller 60A yang digunakan pada PLTS di Desa Bungku.

Referensi

- [1] Ridho, M. A., Winardi, B., & Nugroho, A. (2019). Analisis Potensi dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Menggunakan Software Pvsyst 6.43. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 7(4), 883-890.
- [2] RETScreen Data, (2021). diakses pada tanggal 20 Oktober 2021 (<https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-and-publication/tools/modelling-tools/retscreen/7465>).
- [3] Haddad and R. Dhaouadi. (2018), Modeling and analysis of PV soiling and its effect on the transmittance of solar radiation, 2018 Adv. Sci. Eng. Technol. Int. Conf. ASET 2018, pp. 1–5.

- [4] Iskandar, A. Purwadi, A. Rizqiawan, and N. Heryana. (2017), Prototype development of a low cost data logger and monitoring system for PV application, 3rd IEEE Conf. Power Eng. Renew. Energy, ICPERE 2016, pp. 171–177.
- [5] Winata, P. P. T., Wijaya, I. W. A., & Suartika, I. M. (2016). Rancang bangun sistem monitoring output dan pencatatan data pada panel surya berbasis mikrokontroler arduino. *E-Journal Spektrum*, 3(1).
- [6] Dharma, I. P. L., Tansa, S., & Nasibu, I. Z. (2019). Perancangan Alat Pengendali Pintu Air Sawah Otomatis dengan SIM800l Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik*, 17(1), 40-56.
- [7] Fachri, M. R., Sara, I. D., & Away, Y. (2015). Pemantauan parameter panel surya berbasis arduino secara real time. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 11(4), 123-128.
- [8] Nurazizah, E., Ramdhani, M., & Rizal, A. (2017). Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor DS18B20 Untuk Penyandang Tunanetra. *eProceedings of Engineering*, 4(3).
- [9] Fauzi, A. E., Subiyanto, L., & Putra, Z. M. A. (2021). Realtime Train Data Recorder Pada Kereta Light Rail Transit Berbasis Internet Of Things. In *Jurnal Conference on Automation Engineering and Its Application* (Vol. 1, No. 1, pp. 227-231).
- [10] Kadir, A. (2016). Simulasi Arduino. *Elex Media Komputindo*.
- [11] Pratama, V. A. (2021). Rancang Bangun Data Logger Berbasis SD Card Pengukur Suhu Ruangan Laboratorium di Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya. Surabaya: Universitas Dinamika.
- [12] Chen, H. W., Lee, J. H., Lin, B. Y., Chen, S., & Wu, S. T. (2018). Liquid crystal display and organic light-emitting diode display: present status and future perspectives. *Light: Science & Applications*, 7(3), 17168-17168.
- [13] Fuentes, M., Vivar, M., Burgos, J. M., Aguilera, J., & Vacas, J. A. (2014). Design of an accurate, low-cost autonomous data logger for PV system monitoring using Arduino™ that complies with IEC standards. *Solar Energy materials and solar cells*, 130, 529-543.
- [14] Nuraini, R. (2015). Desain algoritma operasi perkalian matriks menggunakan metode flowchart. *Jurnal Teknik Komputer*, 1(1), 144-151.
- [15] Rouf, A. (2012). Pengujian perangkat lunak dengan menggunakan metode white box dan black box. *HIMSYATECH*, 8(1).
- [16] Y. H. Kanoi, S. Abdussamad, and S. W. Dali, "Perancangan Jam Digital Waktu Sholat Menggunakan Arduino Uno," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 32–39, 2019, doi: 10.37905/jjee.v1i2.2880.
- [17] A. W. A. Antu, S. Abdussamad, and I. Z. Nasibu, "Rancang Bangun Running Text pada Dot Matrix 16X160 Berbasis Arduino Uno Dengan Update Data System Menggunakan Perangkat Android Via Bluetooth," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 8–13, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i1.4321.