

RANCANG BANGUN PERANGKAT UJI PERFORMA PANEL SURYA DENGAN SISTEM DATA LOGGER BERBASIS MIKROKONTROLER

Syarifuddin^{1,2}, Usman^{1,2*}, Ahmad Rosyid Idris^{1,2}, Gunawan¹, Muhammad Riyan Syaputra¹

¹Teknik Listrik, Politeknik Negeri Ujung Pandang
Perintis Kemerdekaan KM 10, Makassar-90245

² Research Group of Power Energy System, Politeknik Negeri Ujung Pandang
Perintis Kemerdekaan KM 10, Makassar-90245

Informasi Artikel

Diterima, 19 Januari 2023
Direvisi, 2 Februari 2023
Disetujui, 15 Februari 2023
Dipublikasi, 7 April 2023

Abstract

Solar panels are the main technology in generating electrical energy from sunlight. However, the performance of solar panels can be affected by several factors such as ambient temperature, solar irradiation, and weather conditions. Therefore, accurate and efficient measurement of solar panel performance is important. The purpose of this research is to create a device to measure the performance of solar panels by measuring Voc (Open Circuit Voltage), Isc (Short Circuit Current), and the performance of solar panels. The measurement results are displayed on an Liquid Crystal Display (LCD) and recorded on a memory card using a data logger system with the main controller using Arduino Mega. The test results of the sensors used show an average percentage error of less than 3%, so that the measuring instrument is included in the class of working measuring instruments. Solar panel performance testing was carried out with a configuration of 5 polycrystalline panels connected in series with a total power of 500 Wp and 5 monocrystalline panels connected in series with a total power of 500 Wp. The measurement results show the average performance for polycrystalline panels is 33.93%, and monocrystalline panels is 36.44%.

Keywords : solar panel performance, data logger, arduino mega

Abstrak

Panel surya merupakan teknologi utama dalam menghasilkan energi listrik dari sinar matahari. Namun, performa panel surya dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu lingkungan, iradiasi matahari, dan kondisi cuaca. Oleh karena itu, pengukuran yang akurat dan efisien terhadap performa panel surya menjadi hal penting. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah perangkat untuk mengukur performa panel surya dengan yang mampu mengukur Voc (Open Circuit Voltage), Isc (Short Circuit Current), dan performa panel surya. Hasil pengukurannya ditampilkan pada sebuah Liquid Crystal Display (LCD) dan direkam pada kartu memori menggunakan sistem data logger dengan pengendali utama menggunakan Arduino Mega. Hasil pengujian terhadap sensor yang digunakan menunjukkan rata-rata persentase error lebih kecil 3%, sehingga alat ukur tersebut termasuk golongan alat ukur kerja. Pengujian kinerja panel surya dilakukan dengan konfigurasi 5 panel polikristal yang dihubungkan secara seri dengan total daya 500 Wp dan 5 panel monokristal yang dihubungkan secara seri dengan total daya 500 Wp. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata performa untuk panel polikristal adalah 33,93%, dan panel monokristal adalah 36,44%.

Kata kunci: performa panel surya, data logger, arduino mega

1. PENDAHULUAN

SAAT ini perkembangan teknologi di bidang energi terbarukan kian berkembang pesat. Salah satunya adalah energi sinar matahari. Bertambahnya kebutuhan akan energi bagi kalangan masyarakat juga menjadi salah satu alasan berkembangnya teknologi energi terbarukan. Pengembangan dalam pemanfaatan energi terbarukan adalah suatu upaya untuk menghadapi krisis energi dan pemanasan global akibat pemanfaatan energi fosil [1]. Energi dari pancaran radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi sebesar 1367 W/m². Wilayah Indonesia termasuk wilayah yang menerima radiasi matahari yang tinggi karena berada pada daerah ekuatorial. Rata-rata radiasi matahari di wilayah ini berkisar 4,5 kWh/m²/hari dengan variabilitas sedang sekitar 10 - 51 %, namun wilayah Makassar berbeda dapat mencapai 80% [2].

Perkembangan teknologi panel surya terus mengalami kemajuan, namun tidak untuk teknologi optimasi, monitoring dan manajemen. Sehingga dapat memungkinkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mengalami degradasi efisiensi bahkan kehilangan kemampuan konversinya karena kelalaian pemiliknya. Monitoring secara berkala sangat diperlukan untuk mengetahui performa PLTS dari waktu ke waktu, mengingat efisiensi PV sangat dipengaruhi oleh iradiasi matahari dan kondisi dari PLTS itu sendiri [3].

Pengukuran performa sebuah panel surya dapat dilakukan pada berbagai kondisi dengan mengevaluasi performa parameter-parameter dari panel surya, seperti Voc dan Isc [4]. Sebuah PLTS dirancang untuk pemakaian waktu lama karena memang investasi untuk itu tidaklah murah, oleh karena itu penting untuk

*penulis korespondensi
e-mail : usman.ose@poliupg.ac.id

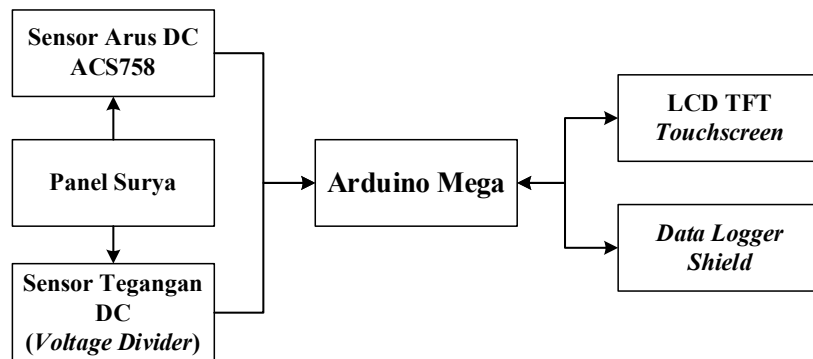
mengetahui parameter-parameter tersebut untuk merencanakan tindakan preventif agar dapat mengetahui performa panel surya dari waktu ke waktu.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dapat diketahui bahwa pentingnya sebuah pengukuran performa panel surya menimbulkan banyak gagasan untuk membuat proses *monitoring* menjadi lebih mudah, murah dan tidak membuang banyak waktu. Salah satunya adalah merancang sebuah sistem yang dapat melakukan pengukuran performa pada panel surya. Pembacaan pengukuran yang cepat membuat pengukuran performa bisa sangat akurat. Sistem ini dapat menampilkan data performa sebuah panel surya pada sebuah *display* dan *website* dengan menggunakan mikrokontroler *Robotdyn Mega 2560 + ESP8266*.

2. METODE PENELITIAN

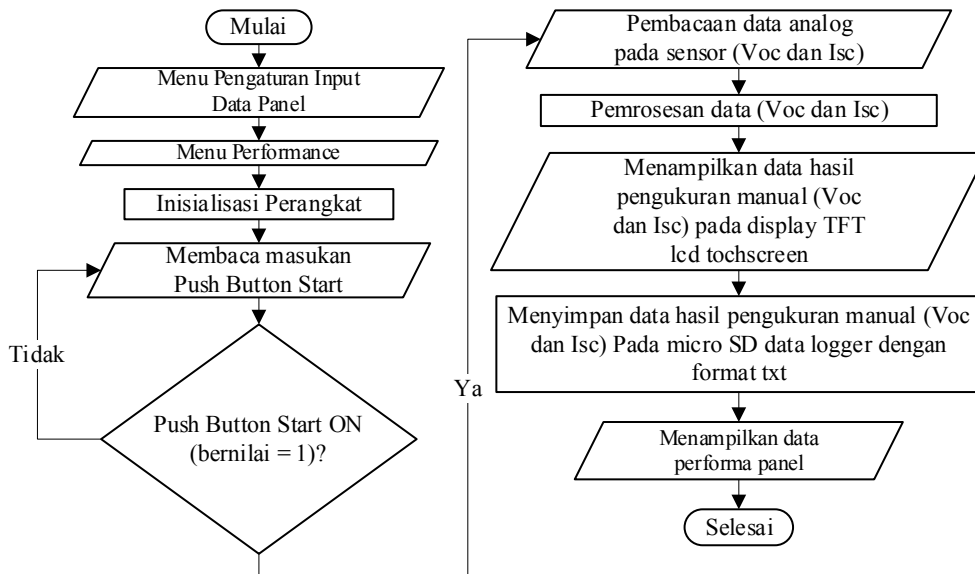
2.1 Blok Diagram Sistem

Blok diagram perangkat yang akan diimplementasikan ditunjukkan oleh Gambar 1. Berdasarkan tersebut, input dari perangkat ini yang terhubung langsung dengan *output* panel surya yaitu sensor arus ACS758 sebagai sensor arus untuk mengukur arus hubung singkat (*Isc*) panel surya, Sensor Tegangan DC untuk mengukur *Voc* panel surya. *Robotdyn Mega*, yaitu mikrokontroler yang berfungsi untuk mengolah data yang diterima dan mengontrol jalannya sistem. LCD TFT *Touchscreen* yang berfungsi untuk menampilkan data hasil pengukuran dan menu untuk memilih mode kerja perangkat, *Data Logger Shield* untuk menyimpan data hasil pengukuran.



Gambar 1. Blok diagram sistem.

2.2 Diagram Kerja Perangkat



Gambar 2. Diagram alir proses kerja alat pengukur kinerja panel surya.

Diagram kerja perangkat performa kinerja panel surya dapat dilihat pada Gambar 2. Pada saat perangkat dinyalakan perangkat akan mulai melakukan inisialisasi perangkat. Sistem akan mulai membaca data masukan dari *push button start*, apabila *push button start* tidak ditekan maka data masukan bernilai 0 dan sistem tidak akan mulai bekerja. Sedangkan apabila *push button* ditekan maka data masukan bernilai 1 dan sistem akan mulai bekerja. Kemudian, sistem akan mulai melakukan proses pengukuran dan mengumpulkan data hasil pengukuran dari sensor Tegangan DC dan ACS758 yang akan dikirimkan dan diolah pada *Robotdyn*

Mega. Data yang telah diproses oleh *Robotdyn Mega* akan ditampilkan pada LCD TFT dan disimpan di SD Card. Performa/kinerja panel surya dihitung dengan

$$\text{Kinerja} = \left| \frac{V_{OC_terukur} \times I_{SC_terukur}}{V_{OC_panel} \times I_{SC_panel}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

2.3 Pengujian Kinerja Alat

Pengujian kinerja dilakukan dengan menguji akurasi pengukuran sensor yang digunakan. Hasil pengukuran sensor dibandingkan dengan multimeter untuk sensor tegangan dan *clam* meter untuk sensor arus. Keakuratan sensor direpresentasikan dengan persentase kesalahan yang dihitung dengan:

$$\text{Error} = \left| \frac{\text{Pembacaan sensor} - \text{Pembacaan alat ukur}}{\text{Pembacaan alat ukur}} \right| \times 100\% \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan

Hasil rancangan dan implementasi *PV Performance Tester* disajikan pada Gambar 3. *PV Performance Tester* mempunyai dimensi panjang 21.5cm, lebar 14.5cm dan tinggi 8.5cm. Fungsi dari *port*/bagian dari perangkat yang diberikan dengan tanda angka sesuai dengan Gambar 3 adalah sebagai berikut:

1. Saklar ON/OFF untuk mengaktifkan dan menonaktifkan perangkat.
2. Tombol Start untuk memulai pengukuran.
3. *Display LCD Touchscreen* sebagai navigasi perangkat dan menampilkan informasi pengukuran.
4. Terminal Panel Surya MC4 Positive (+) untuk input *probe* positif dari panel surya.
5. Terminal Panel Surya MC4 Negative (-) untuk input *probe* negatif dari panel surya.
6. Terminal multimeter pengukuran arus sebagai terminal negatif input untuk pengukuran arus pada mode multimeter.
7. Terminal multimeter COM sebagai terminal negatif untuk pengukuran arus, tegangan dan daya pada mode multimeter.
8. Terminal multimeter pengukuran tegangan sebagai terminal positif untuk pengukuran tegangan pada mode multimeter.
9. Slot micro SD card untuk perekaman data hasil pengukuran secara otomatis.
10. Port *Charger DC* untuk pengisian daya perangkat.



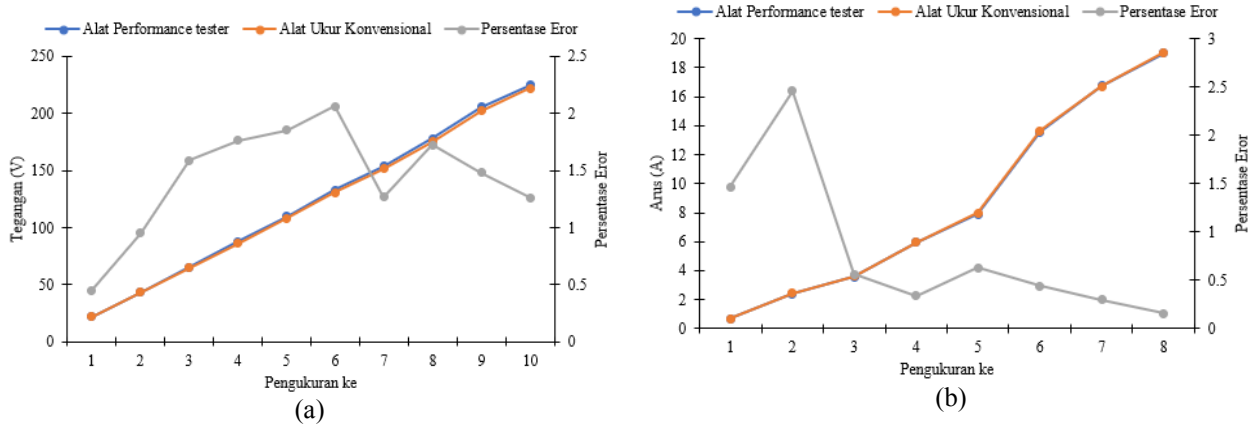
Gambar 3. Hasil perancangan.

3.2 Pengujian Sensor

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan menggunakan panel surya yang disusun secara seri untuk mendapatkan nilai tegangan yang bervariasi. Tabel 1 merupakan tabel data hasil pengukuran yang dilakukan. Berdasarkan Gambar 4(a) persentase error untuk panel tersusun seri dapat dilihat pada tabel di atas. Hasil pengujian sensor tegangan perbandingan alat ukur kinerja panel surya dengan alat ukur konvensional memiliki nilai rata-rata persentase error sebesar 1,44%. Sedangkan persentase error terbesar dan terkecil yaitu

2,06% dan 0,45%. Pada pengujian sensor arus dilakukan dengan menggunakan panel yang disusun secara paralel untuk mendapatkan nilai arus yang bervariasi. Hasil pengujiannya disajikan pada Gambar 4(b). Berdasarkan Gambar 4(b) persentase error 1.26%. Sedangkan persentase error terkecil adalah 0% dan terbesar adalah 2.94%.

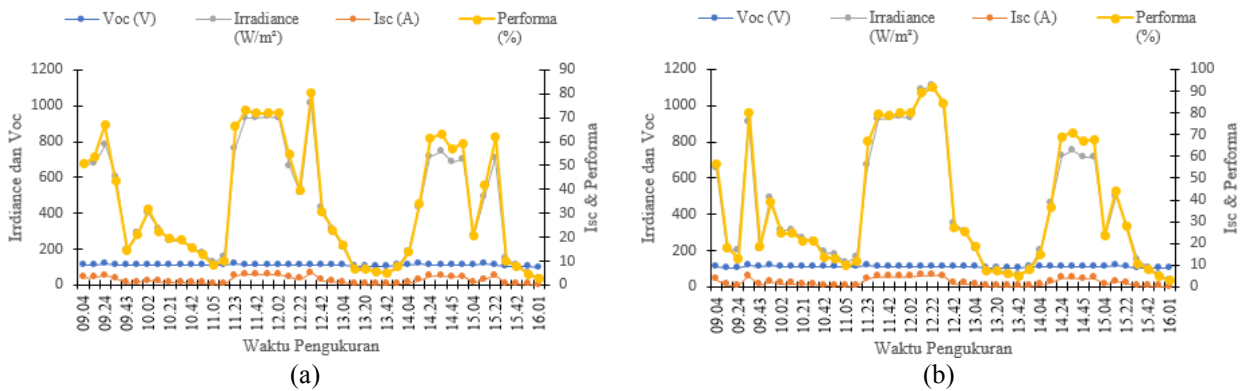
Menurut standar PLN yang tercantum pada buku instrumentasi dan pengukuran listrik. Besar kecilnya ketelitian alat-alat ukur dibagi menjadi tiga yaitu Alat Cermat atau presisi ($<0,5\%$), Alat Kerja ($\pm 1-3\%$), dan Alat Ukur Kasar ($>3\%$). Berdasarkan hasil yang diperoleh dari hasil pengujian kedua sensor yang disebutkan sebelumnya, hasil pengukuran perangkat ini dikategorikan dalam alat kerja karena mempunyai persentase kesalahan $<3\%$



Gambar 4. Hasil pengujian sensor, (a) sensor tegangan, dan (b) sensor arus.

3.3 Kinerja Perangkat

Pengujian kinerja alat dilakukan pada panel surya tipe monokristal dan polikristal masing-masing dengan daya 500 Wp. Pengukuran yang dilakukan dalam pengujian tersebut adalah dengan mengukur I_{sc} dan V_{oc} pada masing-masing jenis panel tersebut. Pengukuran tersebut dilakukan selama 7 jam mulai jam 09.00 sampai 16.00, dengan selang waktu 10 menit. Hasil pengukuran dari kedua jenis panel tersebut disajikan pada Gambar 5(a) untuk polikristal dan Gambar 5(b) untuk monokristal.



Gambar 5. Pengukuran kinerja perangkat dengan panel surya, (a) jenis polikristal, dan (b) jenis monokristal.

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa kinerja perangkat dapat bekerja dengan baik, yang ditandai dengan indikasi nilai I_{sc} sebanding dengan iradiasi, sedangkan tegangan lebih cenderung stabil terhadap perubahan iradiasi, seperti yang diungkapkan dalam [5]. Sama halnya dengan rasio kinerja panel surya sangat bergantung pada iradiasi. Dari hasil pengukuran tersebut, kinerja panel surya jenis monokristal lebih baik dibandingkan dengan polikristal. Rata-rata kinerja panel surya selama waktu pengukuran yang dilakukan adalah 36.44% untuk monokristal dan 33.93% polikristal. Pada kondisi iradiasi sebesar 1111.5W/m^2 untuk panel surya jenis monokristal dapat mencapai 91.85%, sedangkan untuk panel polikristal hanya mencapai 82.91%.

Rekaman hasil pengujian yang disimpan pada kartu memori ditunjukkan pada Gambar 6. Data pengukuran disimpan sebagai file txt. Selain dapat dibuka dengan aplikasi notepad atau sejenisnya, file tersebut juga dapat dibuka di aplikasi MS Excel. Ketika dibuka pada aplikasi MS Excel, maka akan terdapat 7 kolom, yaitu hari, tanggal waktu, tegangan, arus, iradiasi, suhu panel, suhu lingkungan.

| Hari; | Tanggal; | Waktu; | Tegangan; | Arus |
|--------|------------|-----------|-----------|------|
| Kamis; | 2023-07-12 | 09:02:00; | 112.6; | 3.37 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 09:12:00; | 106.42; | 1.12 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 09:22:00; | 104.71; | 0.84 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 09:31:00; | 115.42; | 4.65 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 09:42:00; | 108.38; | 1.16 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 09:52:00; | 115.26; | 2.27 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 10:04:00; | 111.17; | 1.48 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 10:10:00; | 110.55; | 1.5 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 10:20:00; | 109.21; | 1.31 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 10:33:00; | 109.64; | 1.29 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 10:41:00; | 109.46; | 0.82 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 10:52:00; | 108.64; | 0.81 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 11:04:00; | 107.9; | 0.6 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 11:12:00; | 109.78; | 0.71 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 11:22:00; | 117.88; | 3.81 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 11:33:00; | 113.52; | 4.69 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 11:41:00; | 112.1; | 4.72 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 11:51:00; | 112.75; | 4.76 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 12:01:00; | 113.52; | 4.74 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 12:11:00; | 112.98; | 5.31 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 12:21:00; | 114.51; | 5.39 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 12:31:00; | 111.23; | 5.11 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 12:41:00; | 107.87; | 1.71 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 12:51:00; | 109.36; | 1.56 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 13:03:00; | 109.22; | 1.13 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 13:12:00; | 106.38; | 0.47 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 13:20:00; | 106.65; | 0.45 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 13:33:00; | 105.71; | 0.38 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 13:41:00; | 105.19; | 0.32 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 13:53:00; | 107.91; | 0.49 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 14:03:00; | 110.92; | 0.88 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 14:13:00; | 113.8; | 2.16 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 14:23:00; | 114.01; | 4.07 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 14:33:00; | 113.8; | 4.18 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 14:44:00; | 114.56; | 3.92 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 14:51:00; | 114.46; | 3.97 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 15:04:00; | 110.55; | 1.44 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 15:13:00; | 114.68; | 2.57 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 15:22:00; | 110.77; | 1.71 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 15:30:00; | 106.82; | 0.68 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 15:41:00; | 107.06; | 0.51 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 15:51:00; | 104.89; | 0.32 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 16:01:00; | 101.31; | 0.19 |

(a)

| Hari; | Tanggal; | Waktu; | Tegangan; | Arus |
|--------|------------|-----------|-----------|------|
| Kamis; | 2023-07-12 | 09:00:00; | 112.41; | 3.04 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 09:08:00; | 112.09; | 3.21 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 09:20:00; | 115.14; | 3.91 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 09:30:00; | 112.71; | 2.59 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 09:40:00; | 108.44; | 0.9 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 09:50:00; | 112.35; | 1.27 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 10:03:00; | 113.62; | 1.88 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 10:09:00; | 110.56; | 1.37 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 10:19:00; | 108.66; | 1.2 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 10:32:00; | 109.36; | 1.16 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 10:40:00; | 109.25; | 0.96 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 10:51:00; | 109.02; | 0.79 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 11:03:00; | 107.56; | 0.52 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 11:11:00; | 109.5; | 0.6 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 11:21:00; | 116.92; | 3.81 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 11:32:00; | 112.19; | 4.37 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 11:40:00; | 111.31; | 4.35 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 11:51:00; | 111.24; | 4.35 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 12:01:00; | 111.94; | 4.33 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 12:10:00; | 110.64; | 3.31 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 12:21:00; | 107.73; | 2.48 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 12:31:00; | 110.17; | 4.92 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 12:40:00; | 107.48; | 1.91 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 12:50:00; | 109; | 1.42 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 13:02:00; | 109.13; | 1.01 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 13:11:00; | 106.1; | 0.41 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 13:20:00; | 106.53; | 0.41 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 13:32:00; | 105.23; | 0.36 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 13:41:00; | 104.63; | 0.32 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 13:52:00; | 107.93; | 0.47 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 14:02:00; | 110.61; | 0.84 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 14:13:00; | 115.13; | 1.99 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 14:24:00; | 112.9; | 3.66 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 14:32:00; | 112.68; | 3.77 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 14:42:00; | 112.31; | 3.39 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 14:50:00; | 113.09; | 3.53 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 15:02:00; | 110.13; | 1.26 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 15:13:00; | 115.22; | 2.44 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 15:21:00; | 113.96; | 3.66 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 15:30:00; | 106.83; | 0.62 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 15:40:00; | 107.04; | 0.49 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 15:50:00; | 104.39; | 0.3 |
| Kamis; | 2023-07-12 | 16:00:00; | 99.28; | 0.17 |

(b)

Gambar 6. Hasil pengukuran yang tersimpan pada kartu memori (SD Card).

4. PENUTUP

Sebuah alat perangkat uji performa panel surya telah dibuat dan dilakukan pengujian kinerja. Hasil pengujian sensor yang digunakan, didapatkan hasil pengukurannya dapat dikategorikan sebagai alat kerja karena mempunyai eror lebih kecil 3%. Pengujian kinerja perangkat secara keseluruhan memberikan performa yang baik, yang ditandai dengan pengukuran Isc mengikuti tren iradiasi. Hasil pengukuran yang dilakukan juga berhasil disimpan pada sebuah kartu memori.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang atas hibah penelitian skema Penelitian Terapan Rekayasa (PT-R) tahun 2023. Sesuai dengan surat perjanjian nomor 0046/PL10.11/AL.04/2023, Tanggal 10 Mei 2023

Penutup

Bagian ini berisi kesimpulan yang merangkum poin utama di dalam artikel, jangan menyalin abstrak sebagai kesimpulan ataupun sebaliknya. Sebuah kesimpulan mungkin saja menegaskan dalam pentingnya hasil pekerjaan ataupun saran untuk pengembangan lebih lanjut.

Daftar Referensi

- [1] A. Kiswanto, H. C. Rachmad, A. Solichan, A. H. Saptadi, D. Mariani, dan M. T. Prasetyo, "Rancang Bangun Solar Power Meter berbasis Arduino Uno dengan Data Logger untuk Pengukuran Insolasi dan Iradiasi Sinar Matahari," *AVITEC*, vol. 4, no. 1, hal. 99, Feb. 2022, doi: 10.28989/avitec.v4i1.1192.
- [2] U. Usman dan U. Muhammad, "Perencanaan dan Analisis Ekonomi PLTS Terpusat (Studi Kasus : Pulau Kodingareng)," dalam *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2016*, Agu. 2016, hal. 38–46, Diakses: Mar. 03, 2018. [Daring]. Tersedia pada: <http://repository.poliupg.ac.id/1377/>.
- [3] R. Muttaqin, "Analisa Performansi dan Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Departemen

Teknik Fisika FTI-ITS," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.

- [4] M. T. Setiawan, I. Winarno, dan B. Y. Dewantara, "Implementasi Internet Of Things Dalam Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Solar Cell Berbasis Web," *JEECOM Journal of Electrical Engineering and Computer*, vol. 3, no. 1, hal. 34–38, Apr. 2021, doi: 10.33650/jeeecom.v3i1.1981.
- [5] U. Usman, A. R. Idris, Sofyan, dan I. Syamsuddin, "Pemodelan dan Simulasi Photovoltaic Menggunakan Pendekatan Model Tiga Diode," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 4, hal. 423–429, Des. 2020, doi: 10.22146/jnteti.v9i4.688.