

Monitoring *Sun Tracking Solar Panel Statis* Secara *Real-Time* Berbasis Website

Hanifiyah Darna Fidya Amaral^{*a)}, Asfari Hariz Santoso^{a)}, Priya Surya Harijanto^{a)},
Krisna Adi Wibisono^{a)}

(Artikel diterima: September 2023, direvisi: Oktober 2023)

Abstract: *The ability of solar panels to absorb energy depends on environmental conditions. Therefore, the power generated will fluctuate. Web-Based Real-Time Solar Panel Monitoring Design Research can facilitate monitoring the condition of solar panels so as to speed up action when there is a problem with solar panels with the monitoring system sent to users. The component used is NodeMCU ESP32 as a connecting device between solar panels and the internet. The measurement data of the current and voltage sensors installed on the solar panels is sent through an internet connection to the web server. The data will be sent to the web server, which will present real-time information about the current and voltage of the solar panels through a web interface accessible to users. The testing was conducted by collecting current and voltage data from both static solar panels and solar trackers for 10 hours, from 07:00 to 17:00 WIB. According to the measurements, the total power generated was 16.04 Wh without a solar tracker and 17.43 Wh with a solar tracker. The percentage of increase in current and power between static solar panels and solar trackers is 7.22% and 3.05%.*

Keywords: *Real-time, Solar Panel, Web Server*

1. Pendahuluan

Panel surya terbuat dari bahan yang bersifat semikonduktor yaitu lapisan silikon yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Faktor – faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi daya output sel surya yaitu seperti daya yang dipancarkan matahari, sudut kemiringan panel surya, dan jumlah sinar matahari yang diterimanya (iradiasi). Oleh karena itu, daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat fluktuatif sepanjang hari bergantung pada kondisi tersebut. Tegangan, arus dan daya output sel surya dapat diukur sehingga dapat diketahui kinerja dari sel surya tersebut [1]. Berkurangnya daya itu seringkali tidak diketahui, kecuali dengan melakukan pengukuran. Bilamana pengukuran dilakukan sesaat menggunakan alat ukur biasa, seperti multimeter maka pengukuran tidak akan efektif bagi pengguna. Multimeter adalah suatu perangkat pengukuran listrik yang berfungsi untuk mengukur tiga besaran listrik, yakni arus listrik, tegangan listrik, dan resistansi listrik. [2]. Oleh sebab itu, diperlukan suatu sistem untuk mengukur daya listrik dari panel surya secara terus-menerus dengan memonitor daya listrik dari panel surya [3].

Proses monitoring menjadi lebih mudah, murah dan tidak membuang banyak waktu diperlukan untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satu pendekatannya adalah dengan menciptakan sistem akuisisi data yang memonitor arus dan tegangan output panel surya. Kecepatan dalam membaca pengukuran memungkinkan presisi tinggi dalam pengukuran. Sistem ini memungkinkan data dari panel surya untuk ditampilkan pada layar dengan bantuan mikrokontroler yang terhubung ke jaringan Wi-Fi, dan dapat dengan mudah dipantau secara *real-time* melalui komputer dan *smartphone* [4].

Penelitian ini, menggunakan mikrokontroler arduino, sensor INA219, sensor ZMPT101B, dan sensor ACS712 sebagai sistem pembaca untuk monitoring tegangan dan arus. Alat ini bekerja dengan cara menentukan posisi matahari berdasarkan perputaran waktu. Real Time Clock (RTC) DS1307 digunakan untuk menghitung waktu. Sedangkan, NodeMCU ESP 32 digunakan sebagai monitoring tegangan dan arus agar dapat ditampilkan di web.

*Korespondensi: hanifahdarna@polinema.ac.id

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

2. Metode Penelitian

2.1 Panel surya

Panel Surya atau fotovoltaik merupakan salah satu pengaplikasian energi bersih atau *green energy* yang sedang dimaksimalkan pemanfaatan penggunaannya untuk mengurangi emisi gas sisa hasil pembakaran batu bara [5]. Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 20 Wp.

2.2 Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller adalah suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengendalikan arus searah yang mengisi baterai dan mengatur aliran listrik dari baterai ke beban. Fungsi utama *solar charge controller* adalah mengelola masalah seperti pengisian berlebihan (*overcharging*) dan tegangan yang melebihi batas dari panel surya. *Overvoltage* dan pengisian yang berlebihan dapat mengurangi masa pakai dari baterai [6]. Panel surya yang menghasilkan listrik 12 volt biasanya memiliki tegangan keluaran 16 hingga 21 volt. Baterai, sebaliknya, biasanya diisi pada tegangan 14 hingga 14,7 volt. Tanpa alat khusus yang disebut *solar charge controller*, baterai bisa rusak karena terlalu banyak diisi dan tegangannya terus berubah [7].

2.3 Baterai

Baterai berperan dalam menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya ketika tersinari matahari. Selain berperan sebagai penyimpanan, baterai juga berfungsi untuk menyediakan daya saat panel surya tidak menghasilkan energi listrik seperti pada saat malam hari [8].

2.4 Arduino Uno

Arduino adalah sebuah pengendali mikro *single-board* berbasis ATmega328 (*datasheet*) yang bersifat *open-source* dibuat dengan tujuan untuk menyederhanakan penggunaan elektronik dalam berbagai aplikasi. Perangkat kerasnya dilengkapi dengan prosesor Atmel AVR, sementara perangkat lunaknya memiliki bahasa pemrograman khusus seperti *Integrated Development Environment* (Arduino IDE). Penelitian ini, menggunakan tipe arduino jenis Arduino Uno R3 dengan prosesor ATmega328P [9].

2.5 ESP32

ESP32 sebagai bagian dari solusi *Internet of Things* (IoT), maka ESP32 dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat atau sistem ke internet. ESP32 adalah modul mikrokontroler yang dilengkapi dengan dukungan *Wi-Fi* dan *Bluetooth* [10].

2.6 Sensor INA219

Sensor INA219 yang terhubung ke mikrokontroler digunakan untuk memantau konsumsi daya. Kemampuan sensor tersebut dalam mengukur arus dan tegangan hingga 3,2 A dan 26 VDC.. Kapasitas daya yang dapat diukur menggunakan sensor ini dapat mencapai hingga 75 watt dengan memanfaatkan hukum Ohm [11].

2.7 Sensor Arus

Penelitian ini menggunakan modul ACS712 untuk mengukur arus. Arus positif dan arus negatif yang dapat diukur sensor arus berada di kisaran 5A sampai -5A. Isolasi tegangan sensor ini mencapai 2.1kVRMS. Modul ACS712 digunakan untuk pembaca arus AC [12].

2.8 Sensor Tegangan

Sensor ZMPT101b digunakan pada penelitian ini sebagai pengukur teagangan output panel surya. Perangkat ini dilengkapi dengan sebuah *ultra micro voltage step down transformer* yang berfungsi sebagai penurun tegangan masukan sehingga tegangan yang masuk ke *op-amp* menjadi stabil dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi [13].

2.9 Motor Servo

Motor servo adalah suatu jenis motor yang menggerakkan atau memutar objek dengan tingkat kontrol yang sangat presisi. Rangkaian kontrolnya mengendalikan secara presisi seperti mengendalikan kecepatan dan sudut motor. Bagian – bagian motor servo terdiri dari motor DC, potensiometer, rangkaian kontrol dan gear [14].

2.10 RTC (Real Time Clock)

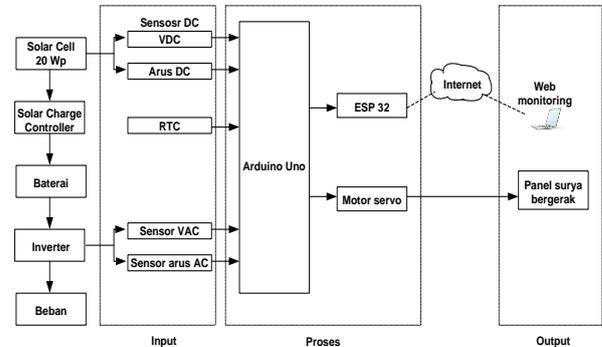
DS1307 adalah sebuah modul RTC yang berfungsi sebagai perekam waktu untuk mengatur sejumlah parameter waktu, termasuk detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun secara akurat dan *real time*. Akses data mengguankan *Two-wire* (jalur komunikasi paralel), yaitu jalur clock untuk mengirim jalur data dan mengirim informasi waktu, yang juga dikenal sebagai anatarmuka serial IC2 (*Inter-integrated Circuit*) [15].

2.11 Blok Diagram Sistem

Rangkaian keseluruhan alat panel surya yang menghasilkan energi listrik dari sinar matahari ditunjukkan pada Gambar 2.1. *Solar Charge Controller* akan mengontrol tegangan dan arus keluaran dari panel surya untuk kebutuhan *charging* baterai. Tegangan dan arus keluaran panel surya akan diukur menggunakan sensor INA219. Sedangkan tegangan dan arus keluaran inverter diukur dan dimonitor oleh sensor ZMPT101b dan sensor ACS712.

Modul mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai konektivitas dengan internet yang diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino Uno untuk pemogramannya. Data parameter tegangan dan arus

dalam bentuk digital akan diproses oleh ESP32 dan dikirim ke database MySQL menggunakan protokol http. Data ditampilkan oleh *website* dengan mengambil data dari database MySQL secara real time serta data di backup per menit. Motor servo sebagai penggerak panel surya dengan durasi waktu pergerakannya diatur oleh real time clock.



GAMBAR 2.1 BLOK DIAGRAM KESELURUHAN SISTEM

2.12 Perencanaan hardware

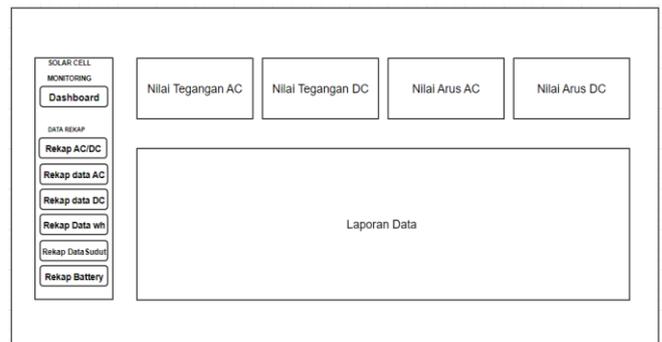
Perencanaan *hardware* merupakan tahap awal dari pembahasan perencanaan perangkat untuk memudahkan pembuatan pada tahap selanjutnya. Gambar 2.2 adalah desain dari mekanik panel surya.



GAMBAR 2.2 DESAIN MEKANIK PANEL SURYA

2.13 Perencanaan software

Database MySQL digunakan untuk menyimpan dan memonitoring keluaran panel surya (DC) maupun tegangan dan arus keluaran inverter (AC). Gambar 2.3 merupakan tampilan pertama program yang muncul sebelum masuk ke halaman monitoring. Pada tampilan ini bertujuan untuk memperlihatkan data secara *real time* pada *website*.



GAMBAR 2.3 PERENCANAAN DASHBOARD PADA WEBSITE

3. Pembahasan

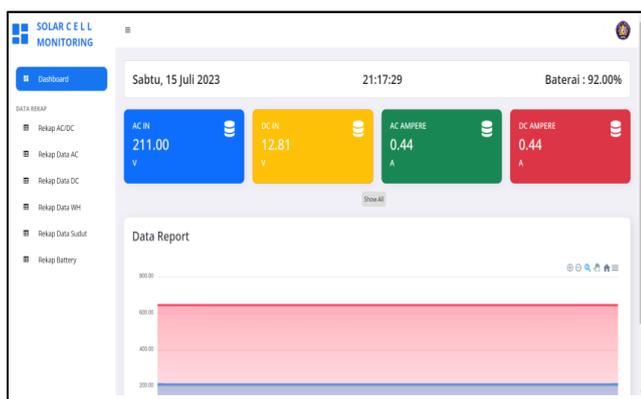
3.1 Implementasi *hardware* dan *software*

Gambar 3.1 merupakan hasil rangkaian komponen yang terdiri dari mikrokontroler arduino uno, ESP32, sensor INA219, RTC (*Real Time Clock*), sensor ACS712, sensor ZMPT101b, sensor tegangan, *Solar Charger Controller*, inverter, beban berupa lampu dan baterai. Komponen – komponen tersebut dimasukkan di dalam box yang terpasang di bawah panel surya. Motor servo dipasang di samping panel surya sebagai penggerak dari panel surya.



GAMBAR 3.1 IMPLEMENTASI MEKANIK ALAT

Perencanaan *software* menghasilkan *website* yang berfungsi untuk memonitoring sistem secara *real-time*. *Website* dibuat dengan menggunakan *software* *vscode* yang terdiri dari 2 halaman yaitu halaman awal yang berisi *dashboard* yang monitoring secara *real-time* dan halaman rekap data yang berisi histori dari rekapan data setiap menit. Gambar 3.2 merupakan tampilan *dashboard* pada *website*. Di halaman ini menampilkan monitoring arus dan tegangan secara *real-time*.

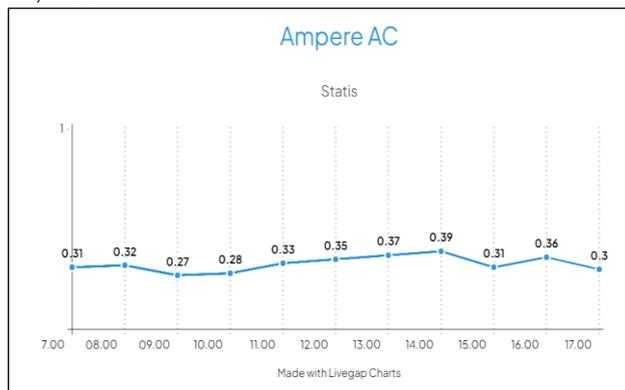


GAMBAR 3.2 TAMPILAN DASHBOARD WEBSITE SECARA REALTIME

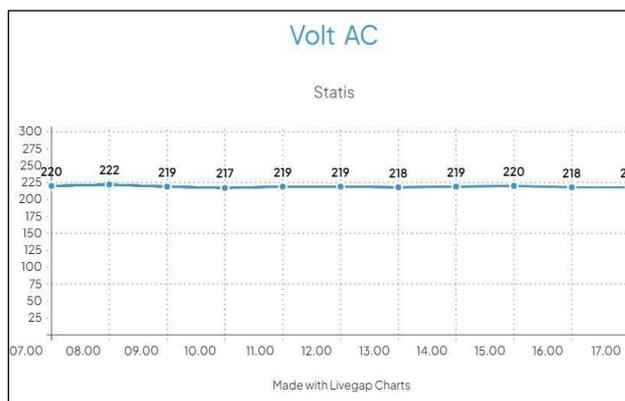
3.2 Pengujian panel surya statis

Waktu pengujian dilakukan selama 10 jam yaitu dimulai pukul 07.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB. Grafik arus dan tegangan keluaran dari inverter ditunjukkan pada Gambar 3.3 dan Gambar

3.4. Rata-rata arus dan tegangan panel surya yang dihasilkan sebesar 0,32 A dan 220 V sehingga energi yang dihasilkan sebesar 117,3 Wh.



GAMBAR 3.3 GRAFIK MONITORING ARUS AC (STATIS)



GAMBAR 3.4 GRAFIK MONITORING TEGANGAN AC (STATIS)

3.3 Pengujian panel surya *tracker*

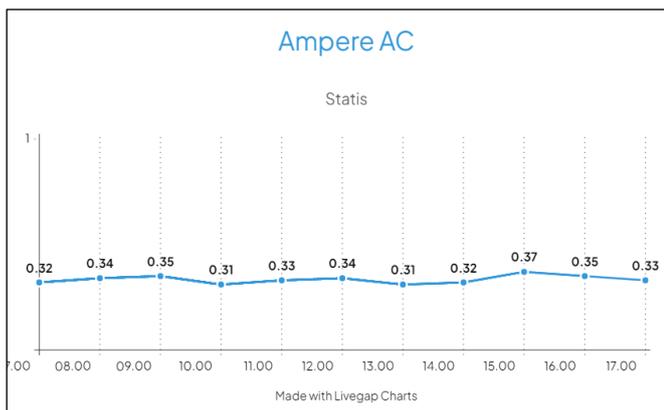
Pengujian panel surya *tracker* dilakukan selama 10 jam yaitu dimulai dari pukul 07.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB menggunakan motor servo untuk menggerakkan panel surya dengan pengatur waktu dengan *real time clock*. Posisi panel surya diletakkan stasioner berdasar arah terbit matahari (35°) pada pukul 07.00 WIB, posisi menuju keatas (90°) pada pukul 12.00 WIB, dan arah terbenam matahari (145°) pada pukul 17.00 WIB. Tabel 4.1 merupakan tabel arus dan tegangan output *solar tracker* dengan pengaturan waktu oleh *real time clock*.

TABEL 3.1 TABEL ARUS DAN TEGANGAN PANEL SURYA TRACER

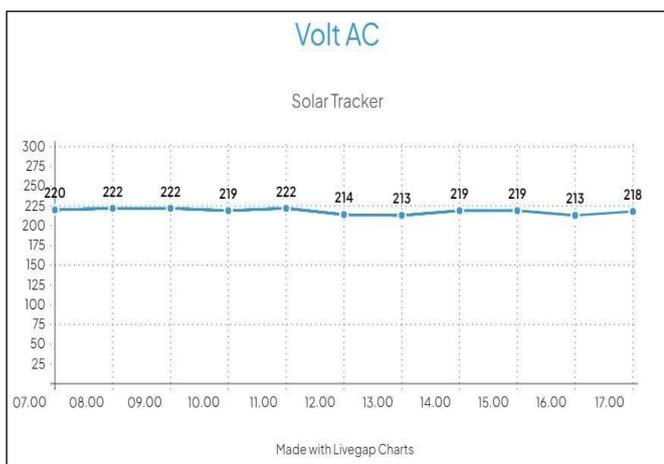
No	Jam	Sudut	Arus AC	Tegangan AC
1	07.00 WIB	35°	0.32 A	220 V
2	08.00 WIB	46°	0.34 A	222 V
3	09.00 WIB	57°	0.35 A	222 V

4	10.00 WIB	68°	0.31 A	219 V
5	11.00 WIB	79°	0.33 A	222 V
6	12.00 WIB	90°	0.34 A	214 V
7	13.00 WIB	101°	0.31 A	213 V
8	14.00 WIB	112°	0.32 A	219 V
9	15.00 WIB	123°	0.37 A	219 V
10	16.00 WIB	134°	0.35 A	213 V
11	17.00 WIB	145°	0.33 A	218 V

Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 merupakan grafik arus dan tegangan keluaran dari inverter. Rata-rata arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya tracker sebesar 0,33 A dan tegangan 220 V sehingga energi rata – rata solar tracker 121 Wh.



GAMBAR 3.5 GRAFIK MONITORING ARUS AC PANEL SURYA TRACKER



GAMBAR 3.6 GRAFIK MONITORING ARUS AC PANEL SURYA TRACKER

4.4 Prosentase peningkatan arus dan daya panel surya tracker

Prosentase peningkatan arus dan daya listrik panel surya dapat dihitung menggunakan menggunakan persamaan berikut :

$$Arus = \frac{Arus\ dinamis - Arus\ statis}{Arus\ dinamis} \times 100\% \dots (4 - 1)$$

$$Daya = \frac{Daya\ dinamis - Daya\ statis}{Daya\ dinamis} \times 100\% \dots (4 - 2)$$

Prosentase peningkatan arus dan daya solar tracker sebesar 7,22% dan 3,05%. Penggunaan solar tracker terbukti dapat menghasilkan daya yang lebih tinggi daripada panel surya yang tidak bergerak (statis). Ini terjadi karena dengan menggunakan solar tracker, posisi panel surya dapat disesuaikan secara otomatis sehingga selalu menghadap langsung ke arah sinar matahari. Dengan demikian, panel surya dapat menyerap lebih banyak energi.

Total energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya statis dengan durasi waktu pengujian selama 10 jam (07.00 WIB – 17.00 WIB) sebesar 16,04 Wh. Sedangkan total energi listrik yang dihasilkan oleh solar tracker dengan durasi waktu pengujian selama 10 jam (07.00 – 17.00 WIB) sebesar 17,43 Wh.

3.5 Kalibrasi sensor arus dan tegangan

Tujuan dilakukan kalibrasi sensor arus dan tegangan agar nilai arus dan tegangan sistem dapat di pertanggungjawabkan dan memperoleh nilai yang presisi. Tabel 3.2 menunjukkan hasil kalibrasi sensor arus ACS712. Proses kalibrasi sensor arus ACS712 melibatkan perbandingan hasil pengukuran pada sistem dengan menggunakan amperemeter dengan diberikan beban lampu 3 Watt.

TABEL 3.2 KALIBRASI SENSOR ARUS DENGAN AMPEREMETER

No	Beban (Watt)	Pembacaan Sensor ACS712 (A)	Pembacaan Amperemeter (A)	Galat (%)
1	3	0,31	0,30	3,22
2	3	0,33	0,33	0
3	3	0,34	0,33	3,22

Hasil kalibrasi antara sensor arus ACS712 dan amperemeter menunjukkan perbedaan dalam pembacaan nilai arus. Perbedaan ini disebabkan oleh sensitivitas yang berbeda antara sensor arus ACS712 dan amperemeter. Perbedaan pembacaan ini diukur sebagai galat dalam persentase. Berdasarkan buku instrumentasi dan pengukuran listrik yang tercantum dalam Standar PLN bahwa ketelitian alat-alat ukur dibagi menjadi tiga kategori: Alat Cermat atau presisi (<0,5%), Alat Kerja (± 1-2%), dan Alat Ukur Kasar (>3%) [16]. Rata-rata galat yang tercatat pada sensor arus ACS712 adalah sebesar 2,14%, sehingga alat ini termasuk dalam kategori alat ukur kerja.

Tabel 3.3 menunjukkan hasil kalibrasi sensor tegangan ZMPT101b. Cara kalibrasi sensor tegangan ZMPT101b dengan membandingkan hasil pengukuran pada sistem dengan voltmeter dengan diberikan beban lampu 3 Watt. Rata – rata % galat yang diperoleh pada sensor tegangan ZMPT101b sebesar 1,9 % sehingga termasuk golongan alat ukur kerja.

TABEL 3.3 KALIBRASI SENSOR TEGANGAN DENGAN VOLTMETER

No	Beban (Watt)	Pembacaan Sensor ZMPT101b (V)	Pembacaan Voltmeter (V)	Galat (%)
1	3	219	220	0,5
2	3	222	220	0,9
3	3	214	213	0,5

3.6 Pengujian motor servo

Motor servo diuji dengan mengkalibrasi menggunakan busur derajat. Proses kalibrasi ini diperlukan karena motor servo, meskipun memiliki tipe yang sama, memiliki karakteristik yang berbeda. Secara umum, motor servo dapat berputar dalam rentang sudut 0° - 180° . Hasil pengujian, sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.4, tingkat galat rata-rata sebesar 1,67% yang menunjukkan bahwa motor servo bekerja dengan baik. Motor servo mampu menggerakkan panel surya dalam rentang sudut 35° sampai 134° . Motor servo akan mengalami getaran yang dapat menyebabkan kerusakan pada motor bila menerima arus yang melebihi batas operasi motor tersebut.

TABEL 3.4 MOTOR SERVO DENGAN BUSUR DERAJAT

No	Motor Sevo	Busur derajat	Galat (%)
1	35°	34°	2,8
2	46°	47°	2,2
3	57°	57°	0
4	68°	$69,5^{\circ}$	2,6
5	79°	$78,5^{\circ}$	1,9
6	90°	91°	1,1
7	101°	103°	1,9
8	112°	110°	1,8
9	123°	120°	2,4
10	134°	134°	0

4. Kesimpulan

Setelah melalui proses pengujian, maka pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa merancang panel surya dengan monitoring daya secara *real-time* berbasis web, diperlukan suatu sistem yang terintegrasi antara panel surya, sensor arus dan tegangan, dan perangkat penghubung berbasis *Internet of Things* (IoT). Perancangan ini, memungkinkan pemantauan jarak jauh arus dan tegangan yang akurat dan *real-time* dari panel surya. Data – data dari sensor arus dan tegangan diproses dan dikirim ke suatu perangkat penghubung yaitu NodeMCU ESP32. Komunikasi antara NodeMCU ESP32 dengan web melalui internet dapat dilakukan dengan menggunakan protokol komunikasi HTTP. Perangkat tersebut akan mengirim data ke web server sehingga data tersebut dapat ditampilkan secara *real-time* melalui antarmuka web yang sesuai.

Presentase peningkatan arus dan daya *solar tracker* sebesar 7,22% dan 3,05%. Hasil ini mengindikasikan bahwa pemanfaatan *solar tracker* menghasilkan daya yang lebih besar jika dibandingkan dengan penggunaan panel surya yang tidak bergerak (statis). Selama periode pengujian selama 10 jam, panel surya statis menghasilkan total energi listrik sebesar 16,04 Wh, sedangkan *solar tracker* menghasilkan total energi listrik sebesar

17,43 Wh.

Daftar Pustaka

- [1] Hamdani, Tharo, Z., Anisah, S. 2019. Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir. Medan: Universitas Islam Sumatera Utara.
- [2] Dasatrio, Y. 2015. Dasar-dasar Teknik Elektronika. Cetakan Pertama. Jogjakarta: Javalitera.
- [3] Rarumangkay, B.B., Poekoel, V.C., Sompie, S.R.U.A. 2021. Sistem Monitoring Panel Surya. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- [4] Winarno, I., Natasari, L. 2017. Maximum Power Point Tracker (MPPT) Berdasarkan Metode Perturb and Observe Dengan Sistem Tracking Panel Surya Single Axis. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [5] Lestari, N. M. N., Kumara, I.N.S., Giriantari, I.A.D. 2021. Review Status Panel Surya di Indonesia Menuju Realisasi Kapasitas PLTS Nasional 6500 MW. Denpasar: Universitas Udayana.
- [6] Dilla, B., Widi, B., Wilyanti, S., Jaenul, A., Antono, Z. M., Pangestu, A. 2022. Implementasi Solar Charge Controller Untuk Pengisian Baterai Dengan Menggunakan Sumber Energi Hybrid Pada Sepeda motor Listrik. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- [7] Duanaputri, R., Heryanto/Eryk, I., Sajidan, M.F., Hakim, M.H., Wardani, A.L. 2023. Sistem Monitoring Online Dan Analisis Performansi Pits Panel Surya Monocrystalline 100 Wp Berbasis Web. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [8] Diantari, R.A., Erlina, Widyastusi, C. 2017. Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai PLTS. Jakarta: Institut Teknologi PLN.
- [9] Siregar, R.R.A., Wardana, N., Luqman. 2017. Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino UNO. Jakarta: Universitas Trisakti.
- [10] Sanaris, A., Suharjo, I. 2020. Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things (IOT).
- [11] Hanisadewa, T., Viananta, T. Y., Primawan, A.B. 2019. Unjuk Kerja Jaringan Sensor Nirkabel Dengan Menggunakan Topologi Star. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- [12] Izzulhaq, M.A., Syamsiana, M.A., Kusuma, W. 2023. Analisa Data Monitoring Sistem Solar Tracking pada Mobile Solar Generator Polycrystalline 2x50Wp Berbasis IoT. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [13] Cahyono, M. B., Afroni, M. J., Sugiono. 2019. Prototype Monitoring Energy dan Biaya Listrik Tiap Ruang Menggunakan Telegram Apk Berbasis Mikrokontroler Atmega2560 Pada Rumah Hunian Abstrak. Malang: Universitas Islam Malang.
- [14] Kadir, A. 2016. Panduan Mempelajari Aneka Proyek Berbasis Mikrokontroler. Yogyakarta: Andi Offset.
- [15] Weku, H.S., Poekoel, V.C., Robot, R.F. 2015. Rancangan Bangun Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatis Berbasis Mikrokontroler Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- [16] Suryawinata, H., Purwanti, D., Sunardiyo, S. 2017. Sistem Monitoring pada Panel Surya Menggunakan Data Logger Berbasis ATmega 328 dan Real Time Clock DS1307. Semarang: Universitas Negeri Semarang.