



SISTEM PELACAKAN POSISI MATAHARI DAN MONITORING PADA PANEL SURYA BERBASIS INTERNET OF THINGS

Muhammad Salman Farizi¹, Wahyuni Eka Sari², Ahmad Rofiq Hakim³

^{1, 2, 3} Teknologi Informasi, Teknologi Rekayasa Komputer, Politeknik Negeri Samarinda
Jl Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Lipan , Kec. Samarinda Seberang, Kota Samarinda
Email : msalmanfarizi9@gmail.com

Abstract

The suboptimal energy absorption caused by the fixed position of solar panels that do not follow the sun's movement is a common issue in the use of static solar panel systems. This condition reduces the efficiency of converting solar energy into electricity. This study aims to develop a solar tracking system based on the Internet of Things (IoT) to overcome this problem. The system is designed using LDR, RTC, INA226, and Gyro sensors to adjust the panel's angle so that it remains perpendicular to sunlight. MQTT and HTTP protocols are used to transmit the panel's performance data in real time and store it in a database. The testing was conducted over two days: one day using a dynamic tracking system and another day using a static system. The results show that the dynamic tracking system produced a net energy output of 16.25 Wh, whereas the static system only generated 12.89 Wh. The system achieved a 26.07% increase in efficiency, proving that dynamic solar tracking is more effective in improving energy output.

Keywords: Tracking, Solar Panel, Internet of Things (IoT), Energy Efficiency, Gyro Sensor.

Abstrak

Kurang optimalnya penyerapan energi akibat posisi panel yang tidak mengikuti pergerakan matahari merupakan masalah penggunaan panel surya statis. Hal ini mengurangi efisiensi konversi energi surya menjadi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pelacakan posisi matahari berbasis *Internet of Things (IoT)* guna mengatasi masalah tersebut. Sistem dirancang menggunakan sensor LDR, RTC, INA226, dan Gyro untuk mengatur sudut panel agar selalu tegak lurus terhadap sinar matahari. Protokol *MQTT* dan *HTTP* digunakan untuk mengirimkan data performa panel secara *real-time* dan menyimpannya ke *database*. Pengujian dilakukan selama dua hari: satu hari menggunakan sistem pelacakan dinamis dan satu hari sistem statis. Hasil menunjukkan bahwa sistem pelacakan menghasilkan energi bersih sebesar 16,25 Wh, sedangkan sistem statis hanya 12,89 Wh. Peningkatan efisiensi mencapai 26,07%, membuktikan bahwa sistem pelacakan posisi matahari secara dinamis lebih efektif dalam meningkatkan output energi.

Kata kunci: Pelacakan, Panel Surya, *Internet of Things (IoT)*, Efisiensi Energi, Sensor Gyro

Article History

Received: Juli 2025
Reviewed: Juli 2025
Published: Juli 2025

Plagiarism Checker No 691
Prefix DOI : Prefix DOI :
10.8734/Kohesi.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Kohesi



This work is licensed under
a [Creative Commons
Attribution-NonCommercial
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sangat potensial di Indonesia karena ketersediaannya yang melimpah sepanjang tahun, namun pemanfaatannya belum optimal akibat banyaknya panel surya yang masih bersifat statis sehingga tidak mampu mengikuti pergerakan matahari dan menurunkan efisiensi penyerapan energi [1].

Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa penggunaan *solar tracker*



dapat meningkatkan efisiensi daya listrik, seperti yang dilakukan oleh Alfis Mandala Putra Dan Aslimeri [2] yang membangun sistem pelacakan satu sumbu berbasis sensor LDR, serta oleh Yatmani [3] yang menambahkan fitur penyimpanan otomatis saat tidak ada sinar matahari untuk efisiensi energi.

Namun, sebagian besar penelitian tersebut hanya berfokus pada pelacakan posisi matahari dan belum menggabungkan sistem *monitoring real-time* berbasis *Internet of Things (IoT)*, yang padahal sangat penting untuk memantau performa panel dari jarak jauh, terutama pada daerah terpencil atau sulit dijangkau [4].

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pelacakan matahari berbasis IoT yang mampu mengatur posisi panel surya secara otomatis dengan bantuan sensor RTC, LDR, INA226, dan *Gyroscope* serta dilengkapi fitur monitoring energi melalui protokol *MQTT* dan *HTTP* secara *real-time*, untuk kemudian dibandingkan efisiensinya dengan sistem statis.

TINJAUAN PUSTAKA

Energi Surya

Energi surya merupakan sumber energi terbarukan yang dapat dikonversi menjadi berbagai bentuk energi lain untuk memenuhi kebutuhan manusia. Indonesia, dengan intensitas radiasi matahari rata-rata $\pm 4,8$ kWh/m² per hari, memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi ini [1]. Namun, pemanfaatannya masih belum optimal. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi solusi strategis untuk meningkatkan ketahanan energi nasional sekaligus mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Selain itu, pengembangan teknologi PLTS juga berkontribusi pada pengurangan emisi karbon dan mendukung keberlanjutan lingkungan [5].

Panel Surya

Panel surya atau sel fotovoltaik merupakan perangkat yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik. Setiap sel surya umumnya menghasilkan tegangan sekitar 0,6V tanpa beban dan sekitar 0,45V saat terhubung dengan beban, sehingga diperlukan penyusunan seri untuk mencapai tegangan yang dibutuhkan [6].

Internet Of Things

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet tanpa interaksi langsung dari manusia. Dalam perkembangannya, IoT mampu mengoptimalkan pengelolaan perangkat listrik dengan komunikasi otomatis antar perangkat [7].

ESP32

ESP32 adalah pengembangan dari ESP8266 yang memiliki fitur WiFi dan Bluetooth Low Energy (BLE), serta prosesor dual-core berbasis arsitektur Xtensa LX6. Dengan kemampuan multitasking dan efisiensi tinggi, ESP32 ideal digunakan dalam aplikasi IoT yang memerlukan pengolahan data secara paralel dan komunikasi nirkabel [8].

Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR merupakan sensor yang nilai hambatannya berubah tergantung intensitas cahaya. Dalam kondisi gelap hambatannya tinggi, dan akan turun drastis saat terkena cahaya terang. Sensor ini sangat sensitif terhadap perubahan pencahayaan dan sering digunakan dalam sistem otomatisasi dan pelacakan cahaya [9].



Real Time Clock (RTC)

RTC adalah komponen elektronik yang berfungsi mencatat waktu secara akurat menggunakan sumber daya baterai internal. Fungsinya penting dalam sistem yang membutuhkan penjadwalan waktu yang konsisten dan berkelanjutan, termasuk aplikasi IoT [10].

Sensor INA226

INA226 adalah sensor arus shunt dari Texas Instruments yang mampu mengukur arus, tegangan, dan daya secara akurat. Dilengkapi antarmuka I2C, sensor ini sangat cocok untuk integrasi dalam sistem monitoring daya berbasis mikrokontroler seperti ESP32 [11].

Sensor Gyroscope (MPU6050)

MPU6050 adalah sensor *gyroscope* yang digunakan untuk mengukur orientasi sudut dan percepatan. Sensor ini penting dalam sistem pelacakan dinamis untuk mendeteksi perubahan posisi panel surya secara *real-time* [12].

Linear Actuator

Linear actuator mengubah energi listrik menjadi gerakan linier dengan presisi tinggi. Komponen ini berperan penting dalam sistem pelacakan panel surya untuk mengatur posisi panel mengikuti arah matahari [13].

Protokol HTTP

HTTP POST digunakan untuk mengirim data dari perangkat IoT ke server secara aman melalui body request. Metode ini memungkinkan pengiriman data tanpa menampilkan informasi sensitif di URL, cocok untuk komunikasi data pada sistem monitoring panel surya [14].

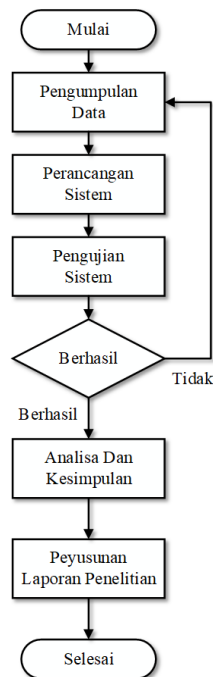
MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

MQTT adalah protokol komunikasi ringan berbasis *TCP/IP* yang dirancang untuk perangkat dengan bandwidth dan daya terbatas. Dengan konsumsi daya rendah dan latensi kecil, *MQTT* sangat cocok digunakan dalam sistem IoT untuk pengiriman data *real-time* [15].

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan perancangan sistem untuk mengembangkan teknologi monitoring efisiensi energi surya berbasis *Internet of Things (IoT)*. Tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur terkait panel surya, *solar tracker*, ESP32, dan berbagai sensor pendukung. Selanjutnya, dilakukan perancangan algoritma sistem pelacakan matahari menggunakan sensor LDR dan RTC, serta integrasi ESP32 dengan protokol *MQTT* dan *HTTP* untuk pengiriman data. Setelah perancangan selesai, sistem diuji secara menyeluruh untuk memastikan fungsionalitas komponen dan keakuratan komunikasi data. Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem, disusun dengan seluruh proses penelitian didokumentasikan dalam laporan akhir. Adapun diagram tahapan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.

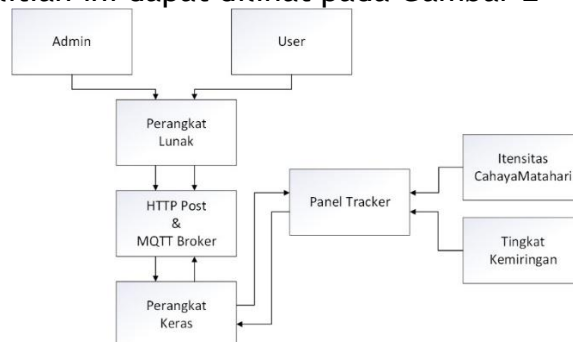


Gambar 1. Metode Penelitian

Perancangan hardware dan software untuk membangun Sistem Pelacakan Posisi Matahari Dan Monitoring Pada Panel Surya Berbasis *Internet Of Things* meliputi:

1. Diagram blok

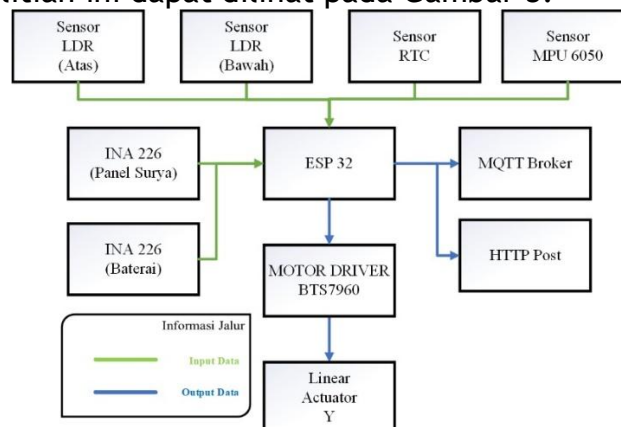
Diagram Blok dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Diagram Blok

2. Diagram Perangkat Keras

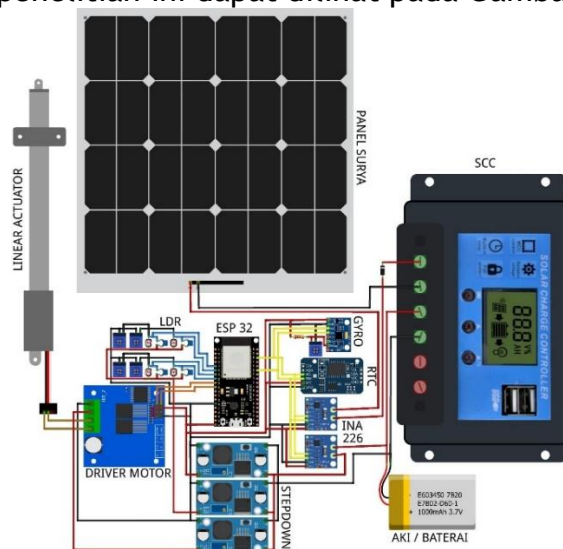
Diagram Blok dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Blok Perangkat Keras

3. Diagram Perangkat Keras

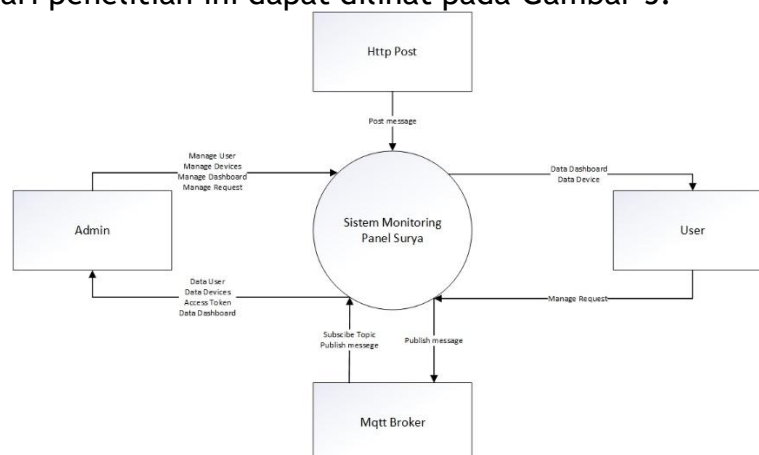
Skematik Rangkaian dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skematik Rangkaian

4. Diagram Konteks

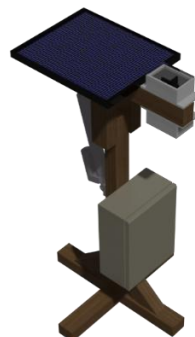
Diagram konteks dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Konteks Perancangan Perangkat Lunak

5. Desain 3d Perangkat Keras

Desain 3d Perangkat Keras dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6

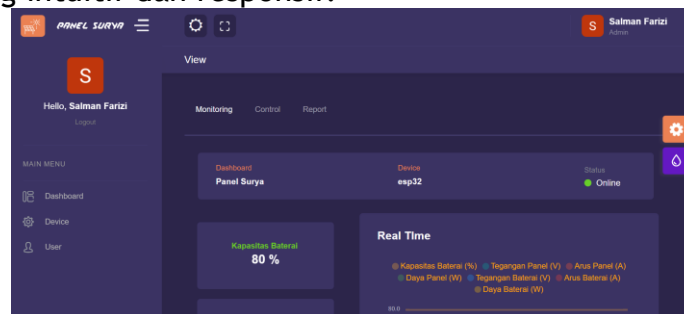


Gambar 6. Desain 3d Perangkat Keras

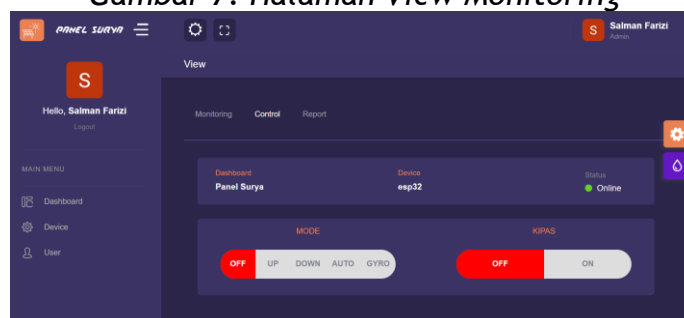
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembuatan software

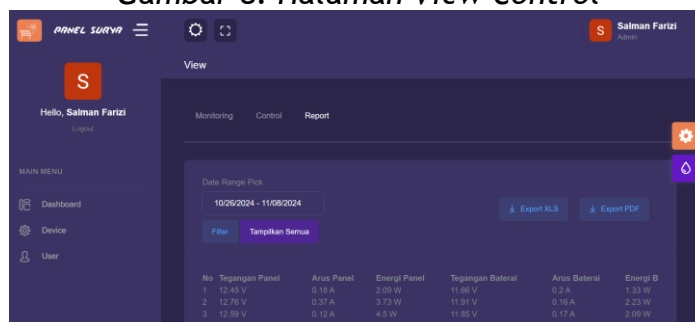
Perangkat lunak yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil mengintegrasikan fungsi monitoring, kontrol, dan pelaporan untuk sistem pelacakan posisi matahari berbasis IoT. Antarmuka pengguna dirancang berbasis web dan dapat diakses secara *real-time* melalui koneksi internet. Sistem menampilkan data penting seperti posisi panel surya, tegangan, arus, dan energi yang dihasilkan secara grafis. Fitur kontrol memungkinkan pengguna memilih mode operasional panel, seperti otomatis, manual (naik/turun), serta mengaktifkan atau menonaktifkan sistem. Selain itu, fitur laporan menyediakan opsi ekspor data ke format Excel dan PDF, mempermudah dokumentasi dan evaluasi performa sistem. Secara keseluruhan, perangkat lunak ini mendukung pengawasan dan pengelolaan sistem panel surya dari jarak jauh dengan antarmuka yang intuitif dan responsif.



Gambar 7. Halaman View Monitoring



Gambar 8. Halaman View Control



Gambar 9. Halaman View Report

Hasil pembuatan hardware

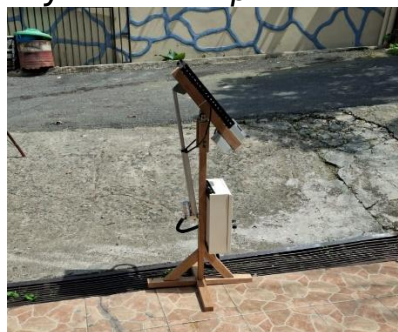
Hasil pembuatan hardware pada sistem pelacakan posisi matahari menunjukkan bahwa seluruh komponen berhasil dirakit dengan baik dan berfungsi sesuai rancangan. Modul utama yang terdiri dari sensor LDR, RTC, INA226, *gyroscope* MPU6050, serta mikrokontroler ESP32 telah terintegrasi dalam satu kesatuan sistem pada papan PCB yang telah disusun rapi dan presisi.

Seluruh komponen kemudian ditempatkan di dalam panel box dengan penataan yang mempertimbangkan kemudahan akses untuk perawatan dan efisiensi ruang. Sistem ini juga dilengkapi aktuator linier sebagai penggerak panel surya dan berhasil merespons sinyal dari

sensor secara *real-time*. Secara keseluruhan, hasil akhir menunjukkan bahwa perangkat keras yang dibangun mampu menjalankan fungsi pelacakan posisi matahari secara dinamis, stabil, dan siap untuk diterapkan pada lingkungan lapangan.



Gambar 10. Penyusunan Komponen Kedalam Panel Box



Gambar 11. Hasil Perancangan Produk

Hasil pengujian sistem pelacakan posisi matahari

Pengujian sistem dilakukan selama tiga hari berturut-turut untuk mengevaluasi efektivitas pelacakan posisi matahari dibandingkan metode statis, serta menganalisis kinerja sistem pada berbagai kondisi cuaca. Pengujian hari pertama menggunakan konfigurasi sistem pelacakan otomatis, di mana panel surya mengikuti pergerakan matahari sepanjang hari. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur seberapa besar peningkatan efisiensi energi ketika panel selalu berada pada posisi tegak lurus terhadap arah datangnya sinar matahari. Parameter yang diamati meliputi tegangan (Volt), arus (Ampere), serta total energi (Wh) yang dihasilkan dan disimpan ke dalam baterai.

Pada hari kedua, sistem diuji dengan metode statis, di mana panel surya diposisikan pada sudut tetap tanpa adanya pelacakan otomatis. Konfigurasi ini umum digunakan dalam instalasi panel surya konvensional dan berfungsi sebagai pembandingan terhadap sistem pelacak. Pengukuran dilakukan secara berkala setiap jam, dengan mencatat tegangan, arus, dan energi yang dihasilkan oleh panel, serta kondisi baterai.

Selanjutnya, pada hari ketiga, dilakukan pengujian sistem pelacakan dalam kondisi cuaca yang berubah-ubah. Pengamatan mencakup situasi cuaca cerah, berawan, mendung, hingga hujan, untuk mengevaluasi respons dan adaptivitas sistem terhadap intensitas cahaya yang



tidak stabil. Parameter yang diukur tetap sama, yaitu tegangan, arus, dan energi keluaran, baik dari panel surya maupun penyimpanan baterai. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana sistem pelacakan tetap mampu mengoptimalkan penyerapan energi di bawah kondisi lingkungan yang kurang ideal. Pengujian menunjukkan beberapa tabel hasil sebagai berikut:

1. Tabel 1 hasil pengujian pelacakan posisi matahari

Tabel 1. Pengujian Pelacakan Posisi Matahari

Waktu	Panel			Baterai		
	Tegangan	Arus	Energi	Tegangan	Arus	Energi
09.00	13	0,25	1,17	12,21	0,09	0,59
10.00	13,23	0,4	2,13	12,39	0,1	1,26
11.00	12,82	0,08	2,95	12,12	0,1	1,35
12.00	13,33	0,43	3,21	12,5	0,14	1,47
13.00	13,47	0,53	3,77	12,6	0,14	1,36
14.00	13,49	0,47	4,74	12,67	0,1	1,23
15.00	13,14	0,33	3,01	12,18	0,1	1,39
16.00	13,05	0,21	2,25	12,06	0,14	1,69

Total energi dari panel surya (*tracker*):

$$2,09 + 3,73 + 4,5 + 3,78 + 5,04 + 4,87 + 4,59 + 3,43 = 32,03Wh$$

Total energi dari baterai (*tracker*):

$$1,33 + 2,23 + 2,09 + 1,72 + 2,24 + 2,05 + 2,01 + 2,11 = 15,78Wh$$

Energi bersih (*tracker*):

$$32,03 - 15,8 = 16,25 Wh$$

2. Tabel 2 hasil pengujian secara statis

Tabel 2. Pengujian Secara Statis

Waktu	Panel			Baterai		
	Tegangan	Arus	Energi	Tegangan	Arus	Energi
09.00	13	0,25	1,17	12,21	0,09	0,59
10.00	13,23	0,4	2,13	12,39	0,1	1,26
11.00	12,82	0,08	2,95	12,12	0,1	1,35
12.00	13,33	0,43	3,21	12,5	0,14	1,47
13.00	13,47	0,53	3,77	12,6	0,14	1,36
14.00	13,49	0,47	4,74	12,67	0,1	1,23
15.00	13,14	0,33	3,01	12,18	0,1	1,39
16.00	13,05	0,21	2,25	12,06	0,14	1,69

Total energi dari panel surya (*tracker*):

$$1,17 + 2,13 + 2,95 + 3,21 + 3,77 + 4,74 + 3,01 + 2,25 = 23,23Wh$$

Total energi dari baterai (*tracker*):

$$0,59 + 1,26 + 1,35 + 1,47 + 1,36 + 1,23 + 1,39 + 1,69 = 10,34Wh$$

Energi bersih (*tracker*):

$$23,23 - 10,34 = 12,89 Wh$$

3. Tabel 3 hasil pengujian sistem pada kondisi cuaca yang berubah-ubah

Tabel 3. Pengujian Sistem pada Kondisi Cuaca yang Berubah-ubah

Cuaca	Waktu	Panel			Baterai		
		Tegangan	Arus	Energi	Tegangan	Arus	Energi
Berawan	09.00	12,63	0,2	2,23	11,82	0,1	0,96
Berawan	10.00	12,55	0,16	2,23	11,82	0,1	0,96
Berawan	11.00	12,73	0,15	2,45	11,98	0,15	1,42
Berawan	12.00	12,92	0,2	2,8	12,15	0,15	1,3
Mendung	13.00	12,77	0,15	1,6	12,02	0,1	1,21



Cuaca	Waktu	Panel			Baterai		
		Tegangan	Arus	Energi	Tegangan	Arus	Energi
Hujan	14.00	12,15	0,12	0,82	12,41	0,1	0,98
cerah	15.00	13,23	0,45	3,36	12,42	0,2	1,82
cerah	16.00	13,03	0,39	3,47	12,27	0,2	1,72

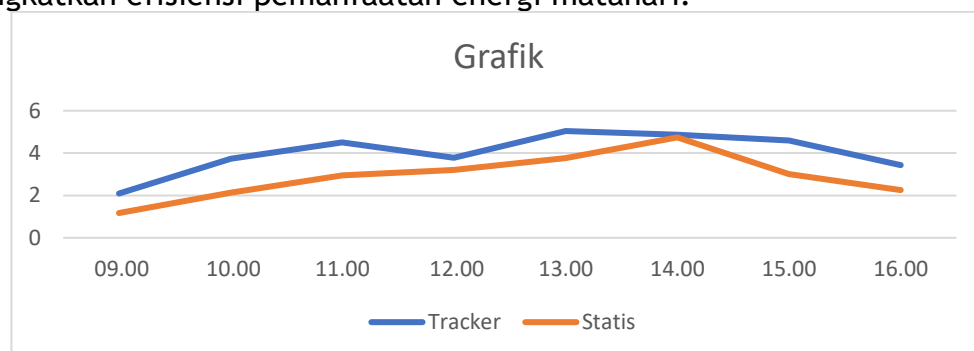
Analisa hasil

Analisis hasil dilakukan dengan membandingkan total energi bersih yang dihasilkan oleh sistem pelacakan posisi matahari dan sistem statis selama pengujian. Perbandingan ini dihitung menggunakan Persamaan (1), yang digunakan untuk menentukan persentase peningkatan efisiensi energi bersih antara kedua metode.

$$\begin{aligned}
 &\text{Persentase Peningkatan} \\
 &= \left(\frac{\text{Energi Bersih Tracker} - \text{Energi Bersih Statis}}{\text{Energi Bersih Statis}} \right) \times 100\% \quad (1) \\
 &\quad \left(\frac{16,25 - 12,89}{12,89} \right) \times 100\% = 26,07\%
 \end{aligned}$$

Sistem pelacakan menghasilkan energi bersih sebesar 16,25 Wh, sedangkan sistem statis hanya menghasilkan 12,89 Wh. Perbedaan ini menunjukkan adanya peningkatan efisiensi sebesar 26,07%, yang menandakan bahwa sistem pelacakan lebih optimal dalam memaksimalkan penyerapan energi surya.

Hasil ini memperkuat bahwa sistem pelacakan posisi matahari memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan produksi energi listrik, terutama pada jam-jam dengan intensitas cahaya tinggi. Visualisasi perbandingan energi antar metode ditampilkan pada Gambar 10, yang menunjukkan keunggulan sistem pelacak secara konsisten dibandingkan metode statis. Dengan demikian, penggunaan sistem pelacakan berbasis IoT terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi matahari.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Tracker Dan Statis

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pelacakan posisi matahari secara dinamis mampu meningkatkan efisiensi konversi energi surya secara signifikan dibandingkan dengan sistem statis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pelacakan menghasilkan energi bersih sebesar 16,25 Wh, sedangkan sistem statis hanya menghasilkan 12,89 Wh, dengan peningkatan efisiensi sebesar 26,07%. Selain itu, integrasi teknologi *Internet of Things (IoT)* memungkinkan pemantauan dan pengelolaan sistem secara *real-time*, yang memberikan nilai tambah dalam hal kemudahan operasional dan pengawasan jarak jauh terhadap performa panel surya.

Sebagai tindak lanjut, disarankan penggunaan Solar Charge Controller (SCC) tipe MPPT merek Epever dalam penelitian lanjutan untuk mengoptimalkan pemanfaatan daya sesuai kapasitas aktual panel surya. SCC ini juga mendukung komunikasi data melalui protokol RS485, yang



memungkinkan akuisisi dan analisis data lebih mendalam. Selain itu, penggunaan panel surya dengan kapasitas daya yang lebih besar direkomendasikan untuk menguji kinerja sistem pelacakan dalam skala aplikasi yang lebih luas, guna mendukung penerapan energi terbarukan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

REFERENSI

- [1] A. Hafid, Z. Abidin, S. Husain, and R. Umar, "Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pulau Balang Lompo," *J. List. Telekomun. Elektron.*, vol. 14, no. 1, p. 10, 2017.
- [2] A. M. Putra and A. Aslimeri, "Sistem Kendali Solar Tracker Satu Sumbu berbasis Arduino dengan sensor LDR," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, p. 322, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.107775.
- [3] S. S. Yatmani, "Sistem kendali Solar Tracker Untuk Meningkatkan efisiensi Daya," *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.31543/jtm.v4i1.354.
- [4] D. Setiadi and M. N. Abdul Muhaemin, "PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IoT) PADA SISTEM MONITORING IRIGASI (SMART IRIGASI)," *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 3, no. 2, p. 95, 2018, doi: 10.32897/infotronik.2018.3.2.108.
- [5] M. S. Alim, S. Thamrin, and R. L. W., "Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan," *J. Pengabd. Kpd. Masy. Nusantara.*, vol. 4, no. 3, pp. 2427-2435, 2023.
- [6] M. G. Pae, M. Badjowawo, and O. Tiran, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Penyiraman Lahan Pertanian," *J. Ilm. Flash*, vol. 6, no. 1, p. 37, 2020, doi: 10.32511/flash.v6i1.685.
- [7] F. Adani and S. Salsabil, "Internet of Things: Sejarah Teknologi Dan Penerapannya," *Isu Teknol. Stt Mandala*, vol. 14, no. 2, pp. 92-100, 2019.
- [8] A. Prafanto, E. Budiman, P. P. Widagdo, G. M. Putra, and R. Wardhana, "Pendeteksi Kehadiran menggunakan ESP32 untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 7, no. 1, p. 37, 2021, doi: 10.31884/jtt.v7i1.318.
- [9] M. Saleh and M. Haryanti, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay," *J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana*, vol. 8, no. 2, pp. 87-94, 2017, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/141935-ID-perancangan-simulasi-sistem-pemantauan-p.pdf>
- [10] A. M. Putra and A. B. Pulungan, "Alat Pemberian Pakan Ikan Otomatis," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 2, p. 113, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i2.108580.
- [11] Sri Paryanto Mursid, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Manajemen Energi Pada PLT Surya Dengan IoT," *J. Tek. Energi*, vol. 13, no. 1, pp. 1-5, 2024, doi: 10.35313/.v13i1.6272.
- [12] B. Firman, "Implementasi Sensor IMU MPU6050 Berbasis Serial I2C Pada Self-Balancing Robot Vol . 9 No . 1 Agustus 2016 ISSN : 1979-8415," *Juenal Teknol. Technoscintia*, vol. 9, no. 1, pp. 18-24, 2016.
- [13] D. E. Myori, R. Mukhaiyar, and E. Fitri, "Sistem Tracking Cahaya Matahari pada Photovoltaic," *INVOTEK J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 19, no. 1, pp. 9-16, 2019, doi: 10.24036/invotek.v19i1.548.
- [14] A. W. P. Putra, A. Bhawiyuga, and M. Data, "Implementasi Autentikasi JSON Web Token (JWT) Sebagai Mekanisme Autentikasi Protokol MQTT Pada Perangkat NodeMCU," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 584-593, 2018, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [15] B. M. Susanto, E. S. J. Atmadji, and W. L. Brenkman, "Implementasi Mqtt Protocol Pada Smart Home Security Berbasis Web," *J. Inform. Polinema*, vol. 4, no. 3, pp. 201-205, 2018, doi: 10.33795/jip.v4i3.207.