

Analisis Solar Tracking pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Lampu Jalan

Devanta Abraham Tarigan^{1*}, Alexander Sebayang², Efrata Tarigan³, Liwat Tarigan⁴

¹Department of Technology Rekayasa Perangkat Lunak, ²Department of Welding and Engineering Technology,

³Department of Conversion Energy Engineering, ⁴Department of Engineering, Polytechnic of Medan, Jl. Almamater No. 1 Kampus USU Medan – Sumatera Utara

E-mail: devanta.at@polmed.ac.id

* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.2079>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 02 April 2025

Revised: 14 April 2025

Accepted: 28 April 2025

Kata Kunci:

Solar Tracker, Panel Surya, ESP 32, Listrik

Keywords:

Solar Tracker, Solar Panel, ESP 32, Electricity

ABSTRACT

Pemanfaatan energi surya di Indonesia masih sangat rendah meskipun potensinya besar. Salah satu penyebab rendahnya efisiensi panel surya adalah pemasangan statis yang tidak mengikuti arah datangnya sinar matahari. Untuk mengatasi hal tersebut, dirancang dan dibangun sistem *solar tracker* otomatis pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 20WP sebagai sumber energi lampu jalan. Penelitian ini menggunakan metode rancangan dan eksperimen, yang melibatkan pengembangan sistem berbasis mikrokontroler ESP32, dilengkapi sensor kompas GY-271, sensor arus dan tegangan INA219, serta modul RTC DS3231. Motor servo digunakan untuk mengatur posisi panel mengikuti arah matahari secara otomatis. Sistem ini juga dilengkapi dengan regulator *Step-Down* LM2596 dan diprogram menggunakan Arduino IDE, serta dapat mengirimkan data pemantauan secara *real-time* melalui *Wi-Fi* ke *smartphone*. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem *solar tracker* mampu meningkatkan daya listrik hingga lebih dari panel statis pada waktu pengujian yang sama. Panel mengikuti pergerakan matahari dari timur ke barat, menghasilkan efisiensi daya yang lebih tinggi sepanjang hari. Perbandingan data antara sistem pelacak dan panel tetap memperlihatkan perbedaan daya yang signifikan pada setiap jam pengukuran. Pengujian mulai dilakukan dan mendapat rata rata peningkatan daya sebesar 20,41% dibanding panel surya statis.

The utilization of solar energy in Indonesia is still very low despite its huge potential. One of the causes of the low efficiency of solar panels is static installation that does not follow the direction of sunlight. To overcome this, an automatic solar tracker system was designed and built on a 20WP Solar Power Plant (PLTS) as a source of energy for street lights. This research uses a design and experiment method, which involves the development of an ESP32 microcontroller-based system, equipped with a GY-271 compass sensor, INA219 current and voltage sensors, and a DS3231 RTC module. A servo motor is used to automatically adjust the panel's position to follow the direction of the sun. This system is also equipped with an LM2596 Step-Down regulator and is programmed using the Arduino IDE, and can send real-time monitoring data via Wi-Fi to a smartphone. The experimental results show that the solar tracker system is able to increase electrical power up to more than a static panel at the same test time. The panel follows the movement of the sun from east to west, resulting in higher power efficiency throughout the day. Comparison of data between the tracker system and the panel still shows a significant difference in power at each hour of measurement. Testing has begun and has yielded an average power increase of 20.41% compared to static solar panels.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

How to Cite: Devanta Abraham Tarigan, et al (2025). Analisis Solar Tracking pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Lampu Jalan, 3(4) 6010-6017. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.2079>

PENDAHULUAN

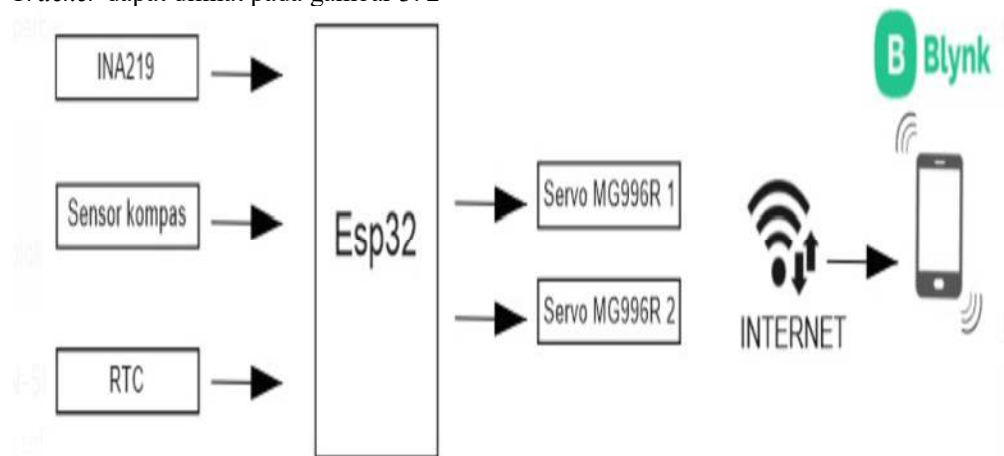
Indonesia, sebagai negara tropis yang dilintasi garis khatulistiwa, dianugerahi potensi energi surya yang melimpah ruah. Data terbaru dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2024 menunjukkan bahwa potensi energi surya di Indonesia mencapai sekitar 207 GWp, namun pemanfaatannya baru sekitar 0,002%. Ini menunjukkan kesenjangan yang sangat besar antara potensi dan realisasi. Energi Matahari merupakan sumber daya alam berkelanjutan yang efektif, karena factor keberadaan, ketersediaan, dan keberlangsungannya yang memadai serta bebas polusi. Energi matahari merupakan sumber daya terbarukan yang tidak akan pernah habis. Ini juga dapat digunakan sebagai sumber energi yang dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan sel surya.

Energi listrik yang dihasilkan oleh Panel Surya memiliki ketergantungan terhadap energi cahaya matahari. Semakin besar energi matahari yang mengenai Panel Surya maka semakin besar pula listrik yang dihasilkan oleh Panel Surya tersebut. Umumnya Panel Surya diletakan secara tetap dan tidak bergerak. Akibatnya energi listrik yang dapat dihasilkan oleh Panel Surya menjadi lebih sedikit daripada semestinya. Untuk mendapatkan listrik yang maksimal, posisi Panel Surya harus selalu tegak lurus terhadap arah datang cahaya matahari meskipun cahaya matahari berpindah posisi. Berdasarkan hal tersebut dibutuhkan alat mekanis yang dapat menggerakkan Panel Surya untuk mengikuti arah datang cahaya yang selalu berpindah dari mana pun. Untuk mencapai hal tersebut maka ditambahkan sebuah alat yang dinamakan *Solar Tracker* yang mampu bergerak mengubah posisi Panel Surya agar selalu tegak terhadap cahaya matahari secara otomatis.

METODE

Perancangan *software* pada rancang bangun *Solar Tracker* adalah proses pengembangan perangkat lunak yang mengontrol dan mengelola sistem *Solar Tracker*. *Software* ini bertanggung jawab untuk mengolah data dari sensor, mengendalikan motor penggerak, dan memastikan bahwa panel surya selalu menghadap ke arah matahari untuk memaksimalkan penangkapan energi matahari.

Sistem kerja *Solar Tracker* dimulai dari sensor kompas. Sensor kompas akan mengirimkan data arah mata angin ke ESP 32, kemudian ESP 32 akan mengontrol motor servo 1 (servo horizontal) sampai lintasan gerak panel surya tepat diposisi timur ke barat. Setelah itu *RTC* akan mengirimkan data waktu aktual secara *real time* ke ESP 32 dimana ini akan menjadi acuan ESP 32 untuk mengontrol kemiringan Panel surya dimulai dari pukul 10.00WIB di Timur sampai pukul 15.00WIB di Barat. Diagram blok *Solar Tracker* dapat dilihat pada gambar 3. 2

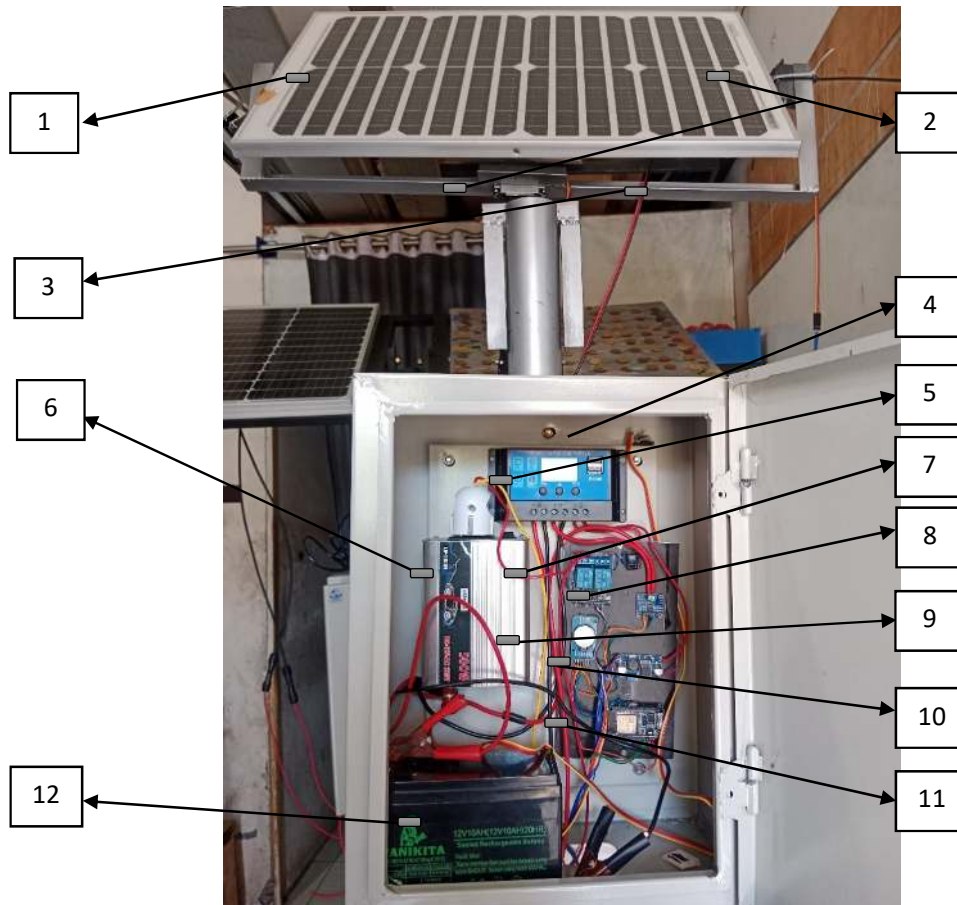


Gambar 1. Diagram Blok Solar Tracker

RTC (Real Time Clock) digunakan untuk acuan dalam mengontrol pergerakan sumbu Vertikal panel surya, sedangkan sensor Kompas sebagai acuan untuk pergerakan Horizontal dudukan panel surya agar selalu mengarah ke timur sesuai dengan lintasan matahari. *RTC* dapat memberikan data waktu secara *Real Time* meskipun peralatan *Solar Tracker* tidak dialiri listrik karena *RTC* memiliki baterai sebagai sumber listrik khusus untuk alat tersebut. Diagram alir kerja *Solar Tracker*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen PLTS Berbasis Solar Tracker



Gambar 2. Komponen PLTS Berbasis Solar Tracker

Keterangan :

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| 1. Panel Surya 20WP | 7. Relay 2 Channel 5V |
| 2. Motor Servo MG99R | 8. Sensor INA219 |
| 3. Dudukan Solar Tracker | 9. RTC DS3231 |
| 4. Sensor Kompas GY-271 | 10. Regulator Step-Down LM2596 |
| 5. Solar Charge Controller (SCC) | 11. ESP 32 |
| 6. Inverter 500W | 12. Baterai 12V |

Pada rancang bangun *Solar Tracker* ini, terdapat beberapa komponen yang saling terhubung untuk pengoptimalan *Solar Tracker* supaya mampu bergerak mengubah posisi Panel Surya agar selalu tegak terhadap cahaya matahari secara otomatis. Adapun komponen utama PLTS Berbasis *Solar Tracker* yaitu:

1. Panel Surya 20WP
Panel surya 20W adalah perangkat energi surya skala kecil yang dirancang untuk menghasilkan daya sebesar 20 Watt. Panel ini biasanya digunakan untuk mengisi daya perangkat elektronik kecil atau baterai.
2. Motor Servo
Motor servo sangat penting dalam desain *solar tracker* karena memungkinkan pergerakan yang tepat dari panel surya untuk mengikuti jalur matahari. Ini dapat memaksimalkan paparan cahaya matahari, meningkatkan efisiensi energi dengan menyesuaikan sudut panel surya secara *real-time* berdasarkan arah medan magnet bumi yang terdeteksi oleh sensor kompas GY-271.

3. *Dudukan Solar Tracker*
Dudukan *Solar Tracker* digunakan untuk tempat panel surya agar dapat diposisikan dengan mudah menggunakan motor Servo.
4. Sensor Kompas GY-271
Sensor GY-271 adalah sensor yang berfungsi untuk memberikan data arah medan magnet bumi ke ESP 32 dimana arah posisi magnet bumi ini menjadi acuan dari ESP 32 untuk menggerakkan motor servo supaya posisi panel surya tepat ke arah timur dan berada di lintasan matahari (Timur ke Barat).
5. *Solar Charge Controller (SCC)*
Solar Charge Controller (SCC) merupakan perangkat pada sistem PLTS yang berfungsi mengatur arus searah yang berasal dari modul surya untuk mengisi baterai, dan baterai menuju beban. *SCC* berfungsi memutus arus listrik yang masuk ke baterai ketika baterai sudah penuh untuk mencegah *overcharging*
6. Inverter
Inverter pada PLTS merupakan komponen penting yang digunakan untuk mengkonversikan arus dari *DC* menjadi *AC*
7. Relay 2 Channel 5V
Relay adalah saklar elektromagnetik yang digunakan untuk memutus atau mengalihkan kontak listrik. Di dalamnya terdapat kumparan elektromagnetik yang mengelilingi inti besi.
8. Sensor INA219
Sensor INA219 ini berfungsi membaca tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya. Data ini akan masuk ke ESP 32 dan dikirimkan langsung *Smartphone* melalui koneksi *internet*.
9. *RTC (Real Time Clock)*
Real Time Clock (RTC) merupakan modul untuk memberikan data waktu terkini kepada ESP 32, dimana waktu ini sebagai acuan dari ESP 32 untuk mengontrol pergerakan motor panel surya dengan sumbu Vertikal.
10. Regulator *Step-Down DC to DC* LM2596
ESP 32, sensor dan motor servo bekerja pada tegangan 5V. Agar perangkat tersebut dapat bekerja, maka Regulator bekerja menurunkan tegangan 12V dari baterai menjadi 5V yang akan digunakan oleh perangkat *Solar Tracker*
11. ESP 32
ESP 32 sebagai pusat pengontrolan *Solar Tracker* dimana data dari tiap sensor akan diproses di Mikrokontroler ini kemudian akan memberikan signal data untuk mengontrol aktuator *Solar Tracker* yaitu motor servo. ESP 32 ini juga terkoneksi langsung ke *internet* dengan media *Wifi* agar dapat mengirimkan data monitoring panel surya dengan jarak jauh yaitu berupa tegangan, arus dan tegangan baterai secara *real time* ke *Smartphone*.
12. Baterai
Baterai adalah perangkat yang mampu menghasilkan tegangan DC, yaitu dengan cara mengubah energi kimia yang terkandung didalamnya menjadi energi listrik melalui reaksi elektro kimia

Pengaplikasian Solar Tracker

Solar Tracker akan dirangkai sesuai dengan *wiring* diagram pada gambar 3.1. *Solar Tracker* diletakkan ditempat terbuka yang dapat terkena radiasi matahari. *Solar Tracker* di ON kan maka ESP 32 akan otomatis terkoneksi ke *Wifi* yang telah diprogram pada ESP 32 tersebut. Setelah terkoneksi ke *Wifi*, ESP 32 akan mulai bekerja membaca data sensor GY-371 dan *RTC* lalu memproses data tersebut. Setelah memproses data maka ESP 32 akan mengontrol motor sesuai pembacaan sensor. Pada tahap ini *Solar Tracker* sudah *standby* bekerja menyesuaikan panel surya sesuai posisi yang sudah ditentukan dan dapat dimulai pengujian. Pengujian ini dilakukan sebanyak 2 kali yang dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan daya yang dihasilkan panel surya dengan *Solar Tracker* dan panel surya statis. Dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya, maka penulis akan mengetahui manakah panel surya yang lebih efektif. Hasil pengujian panel surya dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian 1 Panel Surya Pada Kamis 10 Januari 2025

Waktu (Wib)	<i>Solar</i>	<i>Tracker</i>	<i>Panel</i>	<i>Statis</i>
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
10.00	14,2	0,82	13,9	0,78

11.00	14,2	1,10	13,7	1,03
12.00	13,5	1,01	13,3	0,98
13.00	13,1	0,72	12,9	0,65
14.00	13,4	0,80	13,1	0,70
15.00	13,3	0,98	13,2	0,72
Rata-rata	13,62	0,91	13,35	0,81

Tabel 1. Hasil Pengujian 2 Panel Surya Pada Jumat 11 Januari 2025

Waktu (Wib)	<i>Solar</i>	<i>Tracker</i>	<i>Panel</i>	<i>Statis</i>
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
10.00	21,2	1,25	20,9	1,19
11.00	21,4	1,24	21,2	1,23
12.00	21,2	1,26	21,1	1,22
13.00	20,6	1,23	20,2	1,17
14.00	20,2	1,20	19,6	1,09
15.00	19,4	1,18	18,9	0,72
Rata-rata	20,67	1,23	20,32	1,10

Pembahasan

Analisa Peningkatan Daya Pada Pengujian Pertama

Setelah mendapatkan data Hasil pengujian pertama, maka daya listrik dihasilkan *Solar Tracker* dan panel surya statis pada pengujian pertama dihitung dengan rumus:

$$P = V \times I$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Data pada 10 Januari 2025 Pukul 10.00WIB untuk *Solar Tracker* :

$$P = 14,2 \times 0,82$$

$$P = 11,64$$

Data pada 10 Januari 2025 Pukul 10.00WIB untuk Panel Statis :

$$P = 13,9 \times 0,78$$

$$P = 10,84$$

Besar daya yang dihasilkan *Solar Tracker* dan panel surya statis pada pengujian pertama masih menggunakan persamaan yang sebelumnya sehingga hasil perhitungannya bisa dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 2. Data Panel Surya Pada Pengujian Pertama

Waktu (WIB)	Daya <i>Solar Tracker</i> (Watt)	Daya Panel Statis (Watt)
10.00	11,64	10,84
11.00	15,62	14,11
12.00	13,63	13,03
13.00	9,43	8,34
14.00	10,72	9,17
15.00	13,03	9,50
Total	74,07	64,99

Dengan selisih daya dari hasil pengujian pertama, peningkatan daya yang dapat dihitung dapat dihitung seperti berikut.

$$\text{Peningkatan daya} = \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya panel statis}}{\text{Daya panel statis}} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan daya} = \frac{74,07 - 64,99}{64,99} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan daya} = \frac{9,08}{64,99} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan daya} = 13,98\%$$

Analisa Peningkatan Daya Pada Pengujian Kedua

Setelah mendapatkan data Hasil pengujian kedua, maka daya listrik dihasilkan *Solar Tracker* dan panel surya statis pada pengujian kedua dihitung dengan rumus:

$$P = V \times I$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Data pada 11 Juli 2025 Pukul 10.00WIB untuk *Solar Tracker* :

$$P = 21,2 \times 1,25$$

$$P = 26,5$$

Data pada 11 Juli 2025 Pukul 10.00WIB untuk Panel Statis :

$$P = 20,9 \times 1,19$$

$$P = 24,88$$

Besar daya yang dihasilkan *Solar Tracker* dan panel surya statis pada pengujian kedua masih menggunakan persamaan yang sebelumnya sehingga hasil perhitungannya bisa dilihat pada tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 3. Data Panel Surya Pada Pengujian Kedua

Waktu (WIB)	Daya <i>Solar Tracker</i> (Watt)	Daya Panel Statis (Watt)
10.00	26,5	24,88
11.00	26,53	26,1
12.00	26,27	25,74
13.00	25,33	23,63
14.00	24,24	21,37
15.00	23,87	13,60
Total	152,74	135,32

Dengan selisih daya dari hasil pengujian kedua, peningkatan daya yang dapat dihitung dapat dihitung seperti berikut.

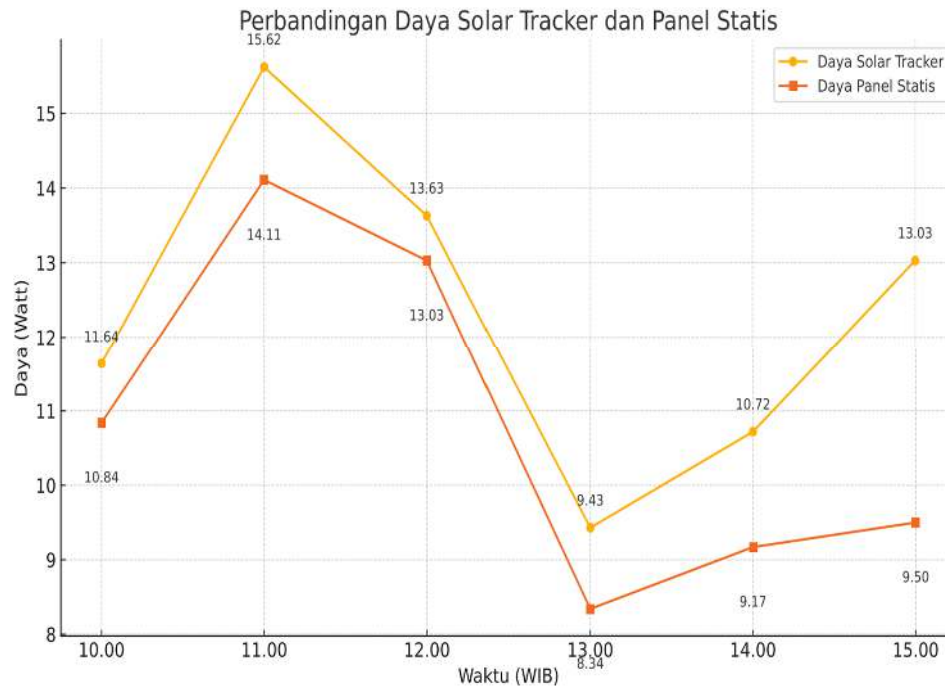
$$\text{Peningkatan daya} = \frac{\text{Daya *Solar Tracker*} - \text{Daya panel statis}}{\text{Daya panel statis}} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan daya} = \frac{152,74 - 135,32}{135,32} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan daya} = \frac{17,42}{135,32} \times 100\%$$

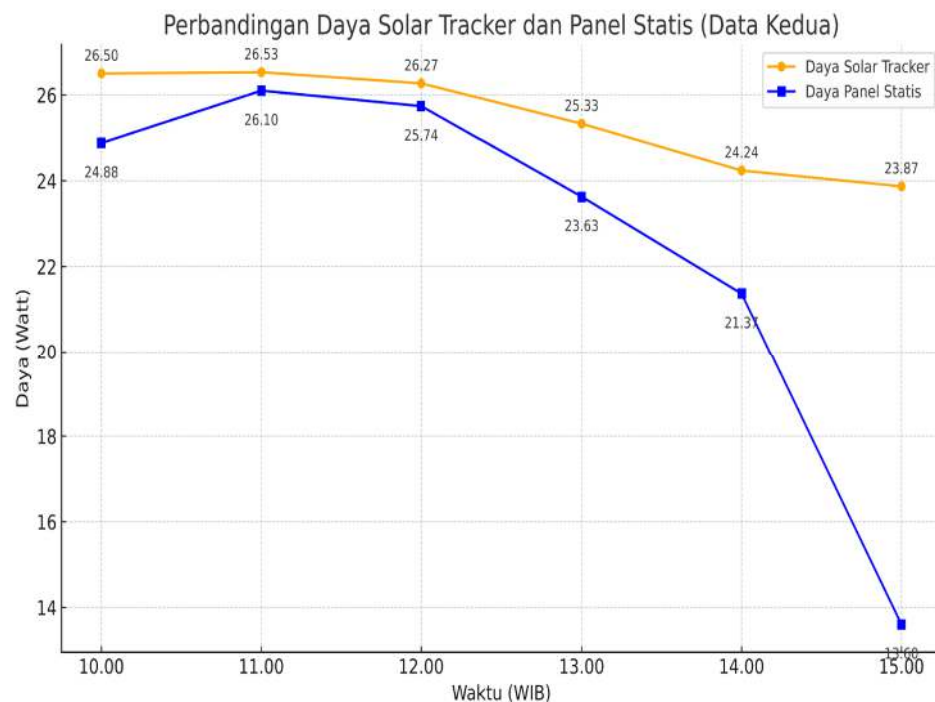
$$\text{Peningkatan daya} = 12,87\%$$

Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran alat selama 2 (Dua) hari didapatkan rata rata daya yang dapat dilihat pada Tabel 4.3, dan 4.4, maka grafik hasil perbandingan dari daya *Solar Tracker* dan panel statis dapat dilihat pada gambar 4.3 , 4.4.



Gambar 1. Grafik perbandingan daya *Solar Tracker* dan Panel Statis pada pengujian Pertama

Pada Gambar 3 peningkatan daya dapat dilihat mulai pukul 10.00 WIB Puncak daya tercapai pukul 11.00 dengan nilai 15.62 Watt, menandakan efektivitas pelacakan matahari saat intensitas cahaya maksimal. Setelah pukul 11.00, meskipun daya menurun, penurunannya lebih lambat dan lebih stabil dibanding panel statis. Pada pukul 13.00 terjadi penurunan daya dikarenakan kondisi mendung. Pada pukul 15.00, *Solar Tracker* kembali menunjukkan peningkatan daya, mencapai 13.03 Watt, yang menunjukkan kemampuan sistem untuk mempertahankan sudut optimal hingga sore hari. Dari grafik dapat dilihat bahwa *Solar Tracker* lebih unggul dari panel statis.



Gambar 2. Grafik perbandingan daya *Solar Tracker* dan Panel Statis pada pengujian kedua

Secara umum, panel surya dengan *Solar Tracker* menghasilkan daya lebih tinggi dibandingkan panel statis pada hampir semua waktu pengukuran. Puncak daya dari *Solar Tracker* terjadi pada pukul 11.00 WIB sebesar 26,53 Watt, sedangkan panel statis mencapai daya maksimal 26,10 Watt juga pada waktu yang sama. Selisih daya paling besar terjadi pada pukul 15.00 WIB, di mana *Solar Tracker* menghasilkan 23,87 Watt, sedangkan panel statis hanya 13,60 Watt. Dari grafik diatas terbukti bahwa *Solar Tracker* terbukti lebih efisien dari pada panel statis

SIMPULAN

Komponen yang digunakan pada *Solar Tracking* adalah ESP 32, *RTC*, Sensor GY-271, motor servo, Sensor INA219, Regulator *Step-Down DC to DC* LM2596, dudukan *Solar Tracker*, Relay 2 Channel 5V. Pengaplikasian *Solar Tracker* dapat dilakukan dengan mengaktifkan *Solar Tracker* di tempat terbuka dan akan langsung terkoneksi ke *Wifi*. *Solar Tracker* akan mulai bekerja bergerak sesuai perintah kontroller. Pengujian mulai dilakukan dan mendapat rata rata peningkatan daya sebesar 20,41% dibanding panel surya statis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak yang sudah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- Afriansyah (2020, 8 Januari). Pengertian Motor Servo diakses pada 4 Mei 2024, dari <https://sinaupedia.com/pengertian-motor-servo/>
- Fernandes, R., & Yuhendri, M. (2020). Implementasi Solar Tracker Tanpa Sensor pada Panel Surya. *JIEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*a, 6(2), 337-343.
- Junaidi, A. (2015). Internet of things, sejarah, teknologi dan penerapannya. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 1(3).
- Kementerian ESDM (2024, 4 Februari). Potensi Energi Terbarukan Indonesia diakses pada 15 Maret 2024, dari <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/miliki-potensi-ebt-3686-gw-sekjen-rida-modal-utama-jalankan-transisi-energi-indonesia>
- Kurniawan, S. A., & Taufik, M. (2021). Rancang Bangun Solar Tracker Sumbu Tunggal Berbasis Motor Stepper Dan Real Time Clock. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 26(1), 1-12.
- Pathak, P. K., & Gupta, A. R. (2018, February). Battery energy storage system. In 2018 4th International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology (CICT) (pp. 1-9). IEEE.
- Rudiyanto, B., Rachmanita, R. E., & Budiprasojo, A. (2023). Dasar-Dasar Pemasangan Panel Surya. *Dasar-Dasar Pemasangan Panel Surya*.
- Yasa, I. W. S., Asna, I. M., & Sumaridiono, C. (2022). Rancang Bangun Rangkaian Penggerak Motor Solar Tracker. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, 5(1), 65-71.
- Yasa, I. W. S., Asna, I. M., & Sumaridiono, C. (2022). Rancang Bangun Rangkaian Penggerak Motor Solar Tracker. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, 5(1), 65-71.