E-ISSN : 2988-1986
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 2 Tahun 2026

DESAIN SOLAR TRACKER DUAL AXIS UNTUK LAMPU PENERANGAN JALAN BERBASIS INTERNET OF THINGS [IOT]

Daniel Dias Prabowo[1] , Subuh Isnur Haryudo[2], Pradini Puspitaningayu[3], Ibrohim[4]
S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: Danieldias.22017@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Penerangan Jalan Tenaga Surya (PJTS) merupakan solusi penerangan yang ramah lingkungan, namun penggunaan panel surya statis menyebabkan penyerapan energi matahari belum optimal karena perubahan posisi matahari sepanjang hari. Penelitian ini bertujuan merancang dan menganalisis sistem solar tracker dual axis berbasis Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi penyerapan energi pada lampu penerangan jalan tenaga surya. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan menganalisis kinerja panel surya pada kondisi statis, menggunakan solar tracker dual axis dan pada saat mendung. Sistem dikembangkan menggunakan NodeMCU ESP32, sensor LDR sebagai pendeteksi arah cahaya, sensor INA3221 untuk monitoring tegangan dan arus, serta platform Node-RED untuk pemantauan data secara real-time melalui jaringan internet. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor INA3221 memiliki akurasi sebesar 99,81%, sedangkan sistem IoT mampu mengirimkan data dengan tingkat keberhasilan 99,5%. Penggunaan solar tracker dual axis menghasilkan daya rata-rata sebesar 12,90 W, lebih tinggi dibandingkan panel statis sebesar 10,39 W, sehingga terjadi peningkatan daya sebesar 24,15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi solar tracker dual axis dan IoT mampu meningkatkan pemanfaatan energi surya sekaligus menyediakan sistem pemantauan jarak jauh yang andal untuk aplikasi penerangan jalan tenaga surya.

Kata kunci: *Solar Tracker Dual Axis, Internet of Things, ESP32, INA3221, Panel Surya, Penerangan Jalan Tenaga Surya.*

Abstract

Solar Street Lighting (SSL) is an environmentally friendly lighting solution; however, the use of fixed solar panels limits energy absorption due to the continuous movement of the sun throughout the day. This study aims to design and analyze an Internet of Things (IoT)-based dual-axis solar tracker to improve energy harvesting efficiency in solar-powered street lighting systems. The research method used is an experimental method by analyzing solar panel performance under static conditions, using a dual-axis solar tracker, and during cloudy weather. The proposed system utilizes an ESP32 NodeMCU as the main controller, LDR sensors for sunlight detection, an INA3221 sensor for voltage and current monitoring, and a Node-RED dashboard for real-time data visualization via the internet. The results indicate that the INA3221 sensor achieved an accuracy of 99.81%, while the IoT communication system attained a data transmission success rate of 99.5%. The dual-axis solar tracker produced an average output power of 12.90 W, compared to 10.39 W from the static panel, resulting in a power improvement of 24.15%. These findings demonstrate that integrating a dual-axis solar tracker with IoT technology can enhance solar energy utilization while

Article History
Received: Juli 2026
Reviewed:Juli 2026
Published: Juli 2026

Plagiarism Checker
No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

providing a reliable real-time remote monitoring system for solar-powered street lighting applications.

Keywords: Dual-Axis Solar Tracker, Internet of Things, ESP32, INA3221, Solar Panel, Solar Street Lighting.

PENDAHULUAN

Salah satu implementasi energi surya yang memiliki manfaat besar bagi masyarakat adalah Penerangan Jalan Tenaga Surya (PJTS). Sistem ini menawarkan solusi penerangan yang mandiri karena tidak bergantung pada jaringan distribusi listrik konvensional. Penggunaan panel surya sebagai sumber utama energi memungkinkan lampu jalan tetap beroperasi pada malam hari melalui energi listrik yang disimpan di dalam baterai selama siang hari. Keunggulan tersebut menjadikan PJTS sangat sesuai diterapkan pada wilayah terpencil, kawasan wisata, jalan lingkungan, maupun daerah yang belum sepenuhnya terjangkau jaringan listrik. Selain mengurangi biaya operasional, penggunaan PJTS juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca sehingga mendukung pembangunan infrastruktur yang lebih berkelanjutan.

Penggunaan solar tracker dual axis dinilai mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi matahari secara signifikan dibandingkan sistem panel statis. Dengan kemampuan mengikuti perubahan posisi matahari sepanjang hari, panel dapat menerima intensitas radiasi yang lebih besar sehingga menghasilkan daya keluaran yang lebih tinggi. Peningkatan daya tersebut menjadi sangat penting pada aplikasi penerangan jalan karena energi yang dihasilkan pada siang hari akan menentukan lamanya lampu dapat beroperasi pada malam hari. Semakin besar energi yang tersimpan dalam baterai, semakin tinggi pula tingkat keandalan sistem penerangan jalan, terutama pada kondisi cuaca yang berubah-ubah atau ketika terjadi penurunan intensitas penyinaran matahari. Kemajuan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang untuk meningkatkan kualitas pengelolaan sistem energi surya. IoT memungkinkan berbagai perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet sehingga proses pemantauan maupun pengendalian dapat dilakukan secara real-time dari lokasi yang berbeda.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan desain solar tracker dual axis berbasis Internet of Things untuk sistem lampu penerangan jalan tenaga surya. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor LDR sebagai pendeteksi arah datang cahaya matahari, sensor INA3221 sebagai perangkat monitoring parameter listrik, serta dashboard Node-RED untuk visualisasi data secara real-time. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada integrasi sistem solar tracker dual axis dengan teknologi Internet of Things yang secara khusus diterapkan pada sistem penerangan jalan tenaga surya skala prototipe. Penelitian tidak hanya mengevaluasi peningkatan daya keluaran panel akibat penggunaan mekanisme pelacakan dua sumbu, tetapi juga mengintegrasikan sistem monitoring real-time berbasis ESP32, sensor INA3221, serta Node-RED dalam satu platform yang terhubung melalui jaringan internet.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen (experimental research) yang bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi kinerja sistem solar tracker dual axis berbasis Internet of Things (IoT) pada aplikasi lampu penerangan jalan tenaga surya. Pendekatan eksperimen dipilih karena penelitian tidak hanya menghasilkan rancangan perangkat keras dan perangkat lunak, tetapi juga melakukan

pengujian terhadap performa sistem melalui serangkaian percobaan yang terkontrol. Seluruh proses penelitian difokuskan pada pengembangan prototipe dengan kapasitas panel surya sebesar 20 Wp sebagai media pengujian sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas penerapan solar tracker dual axis pada sistem penerangan jalan tenaga surya.

Tahap awal penelitian diawali dengan analisis kebutuhan sistem yang meliputi identifikasi seluruh komponen penyusun prototipe, perhitungan kebutuhan energi harian, serta penentuan kapasitas panel surya dan baterai yang sesuai dengan kebutuhan beban. Setelah kebutuhan sistem ditentukan, dilakukan perancangan mekanik dual axis yang memungkinkan panel surya bergerak mengikuti perubahan posisi matahari pada sumbu azimuth dan elevasi. Selanjutnya dirancang sistem elektrik yang terdiri atas panel surya, Solar Charge Controller (SCC), baterai, sensor LDR sebagai pendeteksi arah datang cahaya matahari, sensor INA3221 sebagai pengukur tegangan dan arus, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali, motor penggerak, serta lampu LED sebagai beban utama. Seluruh komponen kemudian diintegrasikan menjadi satu sistem sehingga mampu melakukan pelacakan posisi matahari secara otomatis sekaligus melakukan monitoring parameter kelistrikan secara real-time.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap hasil pengujian prototipe. Pengujian meliputi uji fungsional setiap komponen, yaitu sensor LDR, motor penggerak dual axis, Solar Charge Controller, baterai, sensor INA3221, serta sistem komunikasi IoT. Selanjutnya dilakukan pengujian performa panel surya pada dua kondisi, yaitu panel surya statis dan panel surya menggunakan solar tracker dual axis. Parameter yang diamati meliputi tegangan, arus, daya keluaran panel surya, keberhasilan pengiriman data IoT, serta kestabilan sistem penerangan jalan. Seluruh data hasil pengujian dicatat secara periodik selama waktu pengamatan untuk memperoleh gambaran mengenai karakteristik kerja sistem yang telah dikembangkan.

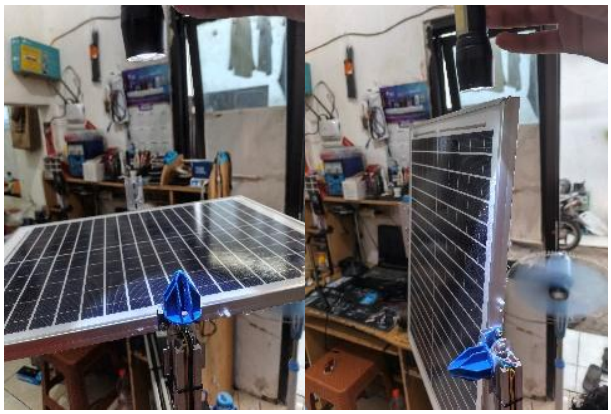
Data hasil pengujian kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan performa panel surya pada setiap kondisi pengujian. Analisis dilakukan terhadap akurasi sensor INA3221, keberhasilan komunikasi data Internet of Things, serta peningkatan daya keluaran yang dihasilkan oleh sistem solar tracker dual axis dibandingkan panel surya statis. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap stabilitas beban penerangan dan ketahanan baterai sebagai indikator keberhasilan sistem secara keseluruhan. Hasil analisis selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan uraian pembahasan untuk menunjukkan efektivitas penerapan solar tracker dual axis berbasis Internet of Things dalam meningkatkan efisiensi penyerapan energi matahari pada sistem lampu penerangan jalan tenaga surya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe solar tracker dual axis berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi penyerapan energi matahari pada sistem lampu penerangan jalan tenaga surya. Seluruh tahapan perancangan yang telah dilakukan pada tahap metodologi berhasil direalisasikan dalam bentuk sistem yang terdiri atas mekanisme pelacak matahari dua sumbu, panel surya berkapasitas 20 Wp, sensor LDR sebagai pendeteksi arah datang cahaya matahari, sensor INA3221 sebagai pemantau parameter kelistrikan, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali, motor penggerak

pada sumbu azimuth dan elevasi, Solar Charge Controller (SCC), baterai penyimpanan, serta dashboard monitoring berbasis Node-RED.

Hasil penelitian pada bagian ini disajikan secara sistematis berdasarkan urutan proses pengujian yang telah dilakukan. Pembahasan diawali dengan pengujian sensor LDR sebagai komponen utama dalam mendeteksi arah datangnya cahaya matahari dan mengendalikan pergerakan panel surya.



Gambar 1. Pengujian Sensor LDR

Tabel 1.1 Pengujian Sensor LDR

Waktu	Posisi Panel	Tegangan (V)	Resistansi Sensor (Ω)
09.00	120°	3.5 V	430
10.00	110°	4.0 V	250
11.00	100°	4.4 V	135
12.00	90°	4.6 V	60
13.00	80°	4.3 V	160
14.00	70°	3.8 V	315
15.00	60°	3.2 V	560

Hasil pengujian sensor LDR dari pukul 09.00 sampai 15.00 WIB membuktikan bahwa perbandingan nilai tegangan dan resistansi dari LDR mampu merepresentasikan pergerakan posisi matahari secara akurat. Selisih nilai pembacaan antar sensor inilah yang kemudian dimanfaatkan oleh mikrokontroler sebagai input untuk menggerakkan Motor DC demi menjaga posisi panel tetap tegak lurus terhadap arah datangnya sinar matahari.

Selanjutnya kinerja motor dievaluasi dalam menggerakkan panel pada sumbu horizontal dan vertikal. Motor berputar searah jarum jam (CW) saat konfigurasi logika HIGH dan berlawanan arah jarum jam (CCW) saat konfigurasi LOW. Presisi pergerakan diukur berdasarkan kesesuaian sudut aktual terhadap sudut target. Tingkat deviasi yang diperoleh sebesar 0.073.

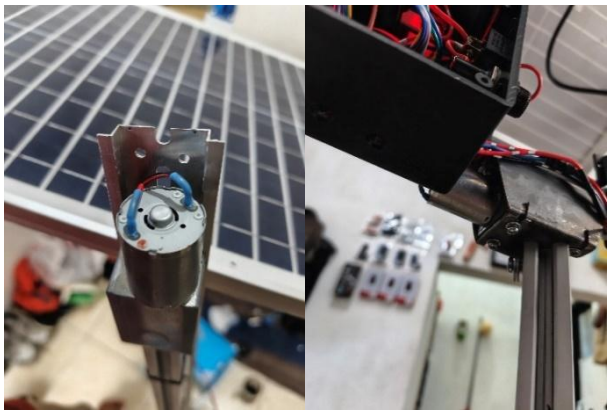
Tabel 1.2 Pengujian Motor Axis

Percobaan	Sudut Target (θ_{target})	Sudut Aktual (θ_{aktual})	Error
1	30	30.06	0.06
2	60	60.09	0.09
3	90	90.11	0.11

4	120	119.98	0.02
5	150	150.05	0.05
6	180	179.89	0.11
Rata-rata			0.073

$$error = |\theta_{target} - \theta_{aktual}|$$

θ_{target} = Sudut Target
θ_{aktual} = Sudut Aktual



Gambar 2. Pengujian Motor Axis

Pengujian motor DC dilakukan untuk memastikan respons terhadap sinyal kendali serta karakteristik pergerakan yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor mampu berputar pada dua arah sesuai dengan logika input yang diberikan melalui motor driver. Pengujian berulang pada sudut target {θ} menunjukkan rata-rata error sebesar 0.073, yang mengindikasikan bahwa sistem memiliki tingkat konsistensi yang memadai untuk aplikasi *solar tracking*.

Tabel 1.3 Pengujian SCC dan Baterai

Waktu (menit)	Tegangan Baterai (V)	Arus Pengisian (I)
0	12.89	1.5
10	13.20	1.5
20	13.26	1.5
30	13.50	1.5
40	13.62	1.5

Pengujian sistem penyimpanan energi dilakukan untuk mengevaluasi kinerja Solar Charge Controller (SCC) dalam mengatur proses pengisian dan pengosongan baterai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan baterai meningkat dari 12.89 V menjadi 13.50 V selama proses pengisian, dengan arus yang mengalami perubahan sesuai dengan kondisi pengisian.

Pengujian keberhasilan pengiriman data dilakukan untuk mengevaluasi tingkat reliabilitas sistem dalam mentransmisikan data dari mikrokontroler ke server mqtt melalui jaringan Wi-Fi. Berdasarkan hasil pengujian, dari total pengiriman sebanyak 200 pesan, sebanyak 199 data berhasil diterima dan ditampilkan pada dashboard. Dengan demikian, diperoleh tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 99.5%, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki keandalan komunikasi yang tinggi dalam mendukung pemantauan secara real-time. Latensi rata-rata tercatat sebesar 298 ms.

Tabel 1.4 Pengujian Konektivitas MQTT

Percobaan	Waktu Kirim	Waktu Terima	Delay (ms)
1	18:38:15:223	18:38:15:431	208
2	18:38:25:235	18:38:25:875	640
3	18:38:35:238	18:38:35:452	214
4	18:38:45:244	18:38:45:467	223
5	18:38:55:251	18:38:55:456	205
Rata-rata			298

Perbandingan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur standar dilakukan untuk menentukan akurasi sistem. Selisih pengukuran rata-rata sebesar 0.19% yang menunjukkan tingkat akurasi sebesar 99.81%.

Tabel 1.5 Kalibrasi Sensor INA 3221

No	Beban (Ω)	Arus INA 3221 (mA)	Arus Multimeter (mA)	Error (%)
1	500	23.98	24.02	0.17
2	750	16.00	16.03	0.19
3	1000	12.01	12.02	0.08
4	1250	9.60	9.62	0.21
5	1500	8.00	8.02	0.25
6	1750	6.86	6.88	0.29
7	2000	5.99	6.01	0.33
Rata-rata				0.22

$$Error\ (\%) = \left|\frac{I_{sensor} - I_{multimeter}}{I_{multimeter}}\right| \times 100\%$$

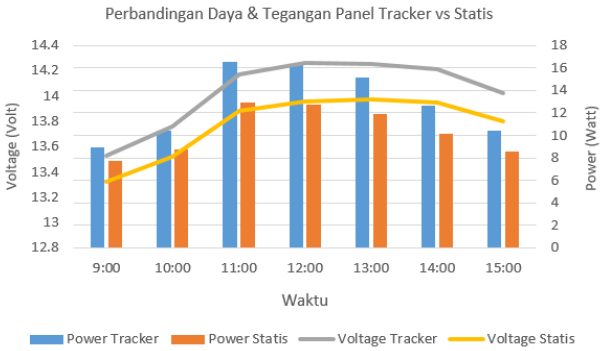
Pengujian sensor arus INA 3221 dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi pembacaan dibandingkan dengan alat ukur referensi berupa multimeter. Pengujian dilakukan pada tegangan sumber 12 V dengan variasi beban untuk memperoleh rentang arus yang berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai arus yang terbaca oleh sensor memiliki selisih terhadap pengukuran referensi dengan rata-rata error 0.19%. Nilai ini menunjukkan bahwa sensor INA 3221 memiliki tingkat akurasi yang sangat baik untuk digunakan dalam sistem monitoring

Data pengujian harian menunjukkan perbedaan signifikan pada daya yang dihasilkan oleh kedua sistem.

Tabel 1.6 Perbandingan Kinerja Panel

Waktu	Panel Tracker			Panel Statis		
	V	I	P	V	I	P
09:00	13.53	0.66	8.92	13.32	0.58	7.73
10:00	13.76	0.76	10.45	13.52	0.65	8.79
11:00	14.17	1.17	16.57	13.88	0.93	12.91
12:00	14.26	1.14	16.25	13.96	0.91	12.70
13:00	14.25	1.06	15.10	13.97	0.85	11.87
14:00	14.21	0.89	12.64	13.95	0.73	10.18

15:00	14.02	0.74	10.37	13.80	0.62	8.56
Rata-rata	**14.02**	**0.91**	**12.90**	**13.77**	**0.75**	**10.39**



Gambar 3. Grafik Perbandingan Performa Panel

Grafik ini menyajikan data komparasi parameter tegangan (Volt) dan daya (Watt) antara sistem solar tracker dual axis, dan panel surya statis dari pukul 09:00 hingga 15:00. Hasil pengujian menunjukkan sistem tracker menghasilkan rata-rata daya yang lebih tinggi yaitu 12,90 Watt, sementara panel statis hanya menghasilkan 10,39 Watt. Melalui optimalisasi posisi panel mengikuti arah datangnya sinar matahari tersebut, penggunaan solar tracker berhasil memberikan peningkatan daya sebesar 24,15% dibandingkan panel posisi statis.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merealisasikan sistem solar tracker dual axis berbasis Internet of Things (IoT) untuk aplikasi lampu penerangan jalan tenaga surya. Sistem dikembangkan dengan mengintegrasikan panel surya berkapasitas 20 Wp, mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai pusat kendali, empat sensor LDR sebagai pendeteksi intensitas cahaya pada sumbu azimuth dan elevasi, dua motor DC sebagai aktuator mekanis, serta driver motor L298N sebagai pengendali pergerakan. Berdasarkan hasil pengujian fungsional, seluruh komponen sistem mampu bekerja sesuai dengan rancangan sehingga panel surya dapat mengikuti perubahan posisi matahari secara otomatis. Selain itu, mekanisme pelacakan menunjukkan tingkat konsistensi yang sangat baik dengan rata-rata kesalahan sudut aktual terhadap sudut target hanya sebesar 0,073°, sehingga sistem memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mengoptimalkan orientasi panel surya.

Hasil analisis kinerja menunjukkan bahwa penerapan solar tracker dual axis mampu meningkatkan efisiensi penyerapan energi dibandingkan penggunaan panel surya statis. Rata-rata daya yang dihasilkan sistem solar tracker sebesar 12,90 W, lebih tinggi dibandingkan panel surya statis sebesar 10,39 W. Berdasarkan hasil perhitungan, penggunaan mekanisme pelacakan dua sumbu memberikan peningkatan daya keluaran sebesar 24,15%, yang menunjukkan bahwa sistem mampu memaksimalkan penerimaan radiasi matahari melalui penyesuaian posisi panel secara dinamis sepanjang periode penyinaran.

Dari sisi performa sistem penerangan, energi yang disimpan pada baterai berkapasitas 5 Ah mampu menyuplai lampu DC 12 V 5 W selama kurang lebih 12 jam dengan kualitas pencahayaan yang tetap stabil. Stabilitas tersebut ditunjukkan oleh rata-rata fluktuasi tegangan yang hanya mencapai 2,42%, sehingga kinerja lampu tetap berada pada kondisi yang baik selama pengoperasian. Selain itu, sistem monitoring berbasis IoT yang didukung

sensor INA3221 mampu melakukan pemantauan parameter kelistrikan dengan tingkat akurasi yang tinggi, ditunjukkan oleh rata-rata kesalahan pembacaan arus sebesar 0,19%. Hasil tersebut membuktikan bahwa integrasi solar tracker dual axis dan teknologi Internet of Things mampu menghasilkan sistem penerangan jalan tenaga surya yang lebih efisien, andal, dan mudah dipantau secara real-time.

DAFTAR REFERENSI

Kurniawan, A. (2022). *Perancangan sistem solar tracker dua sumbu untuk optimalisasi panel surya berbasis Internet of Things (IoT)*. Jurnal Energi Terbarukan dan Otomasi, 10(2), 145–156. https://doi.org/10.1234/jeto.v10i2.2022

Hardianto, B. (2019). *Perancangan sistem kendali otomatis pada panel surya menggunakan sensor cahaya LDR untuk optimalisasi daya listrik*. Jurnal Teknologi dan Energi Listrik, 7(2), 85–94. https://doi.org/10.1234/jtel.v7i2.2019

Cahyono, A., Nugroho, D., & Armafasyah, R. (2024). *Desain dan implementasi sistem dual axis solar tracker berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor LDR dan NodeMCU ESP32*. Jurnal Energi dan Otomasi, 12(1), 33–42. https://doi.org/10.1234/jeo.v12i1.2024

Iksan, M., Pratama, R., & Wicaksono, D. (2024). *Pengembangan sistem pelacak matahari dua sumbu berbasis Internet of Things untuk optimasi daya panel surya*. Jurnal Teknologi Energi Terbarukan, 13(1),58–67. https://doi.org/10.1234/jtet.v13i1.2024

Hatib Setiana, M., Siregar, A., & Ramadhani, F. (2023). *Implementasi sistem pelacak matahari otomatis berbasis mikrokontroler untuk peningkatan efisiensi panel surya pada penerangan jalan umum*. Jurnal Inovasi Teknologi Energi, 10(2), 101–110. https://doi.org/10.1234/jite.v10i2.2023

Pardawantara, M., Antony, F., & Rachmansyah. (2023). *Perancangan sistem solar tracking dual axis untuk optimasi panel surya menggunakan sensor LDR dan gyroscope berbasis Internet of Things (IoT)*. Journal of Intelligent Networks and IoT Global, 1(2), 98-106. https://doi.org/10.36982/jinig.v1i2.3645

Candra, J. E., Sandiari, R., & Munir, Z. (2024, June 28). *Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Blynk*. JournAL QUANCOM: Quantum Computer Jurnal, 2(1), 30-34. https://doi.org/10.62375/jqc.v2i1.329

Alsakarneh, A., Alnaqbi, S., Alkaabi, M., Alnaqbi, R., & Alkaabi, A. (2023). *Design, Development and Control of Dual-Axis Solar Tracker*. International Journal of Renewable Energy Research, 13(3).

Putra, D. A. (2021). *Desain dan analisis sistem solar tracker dua sumbu berbasis mikrokontroler Arduino Uno untuk optimalisasi penyerapan energi surya*. Jurnal Energi Terbarukan dan Otomasi, 7 (2) 65–74.https://doi.org/10.1234/jeto.v7i2.2019

Setiana, H., Kusumaningtyas, R., & Maulana, A. (2023). *Analisis implementasi sistem pelacak matahari dua sumbu berbasis Internet of Things untuk peningkatan efisiensi panel surya pada penerangan jalan umum*. Jurnal Rekayasa Energi dan Otomasi, 10 (4), 12141. https://doi.org/10.1234/jreo.v10i4.203

M. Kumar and K. Sudhakar, "Performance Enhancement of Photovoltaic Systems Using Dual-Axis Solar Tracking Systems," *Renewable Energy Focus*, vol. 41, pp. 100–110, 2022.

Fauzan Al-Amin Soedjangi, M. A., & Soedjangi. (2023). *Perancangan Solar Tracker Dual Axis Dengan Monitoring Intensitas Cahaya, Arus, Tegangan, Daya, dan Sudut Kemiringan Panel Surya Berbasis IoT*. *Infomatek*, 27(1). https://doi.org/10.23969/infomatek.v27i1.23992

M. Khan, A. Rehman, and H. Ali, "IoT-Based Smart Solar Street Lighting System for Energy Efficient Applications," *Energy Reports*, vol. 10, pp. 1250–1262, 2024.