

SKRIPSI
IMPLEMENTASI *SOLAR TRACKER* BERBASIS *IoT*
UNTUK PEMANTAUAN JARAK JAUH
MELALUI *WEB DASHBOARD*



Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik
di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
MUHAMAD ARIF KURNIAWAN
132021088

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2026

SKRIPSI

IMPLEMENTASI *SOLAR TRACKER* BERBASIS *IoT* UNTUK PEMANTAUAN JARAK JAUH MELALUI *WEB DASHBOARD*



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
29 Desember 2025

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
MUHAMAD ARIF KURNIAWAN
132021088

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1

Dr. Wiwin A Oktaviani, S.T., M.Sc
NIDN. 0002107302

Penguji 1

Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs
NIDN. 0207038101

Pembimbing 2

Yosi Apriani, S.T., M.T
NIDN. 0213048201

Penguji 2

Taufik Barlian, S.T., M.Eng
NIDN. 0218017202

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik



Junardi, M.T
NIDN. 0201026502

Menyetujui
Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs
NIDN. 0207038101

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Palembang, 29 Desember 2025

Yang membuat pernyataan



Muhamad Arif Kurniawan

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas Rahmat dan karunia-Nya jualah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“IMPLEMENTASI *SOLAR TRACKER* BERBASIS *IoT* UNTUK PEMANTAUAN JARAK JAUH MELALUI *WEB DASHBOARD* ”** yang disusun guna syarat mendapatkan gelar sarjana pada program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesmepatan ini penulis secara khusus mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada,

- Ibu Dr. Wiwin A Oktaviani, S.T., M.Sc Selaku Pembimbing I
- Ibu Yosi Apriani, S.T., M,T Selaku Pembimbing II

Dan tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs, Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak Muhammad Hurairah, S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Bapak dan Ibu Staf Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
6. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
7. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

8. Kepada kedua orang tua saya yang telah menunjang hidup saya dari kecil hingga sampai saat sekarang ini, dengan memberikan cinta dan kasih sayang.
9. Kepada Debby Yuliani seseorang yang spesial yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini hingga dapat terselesaikan dengan baik.

Yang telah banyak membantu penulis baik secara moril maupun material dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga amal dan ibadah yang diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan yang sesuai dari Allah SWT. Penulis menyadari penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca akan penulis terima sangat senang hati. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi rekan-rakan pembaca di program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Palembang, 25 April 2025

Penulis,



Muhamad Arif Kurniawan

ABSTRAK

Penelitian ini membahas perancangan dan pengujian sistem *solar tracker* berbasis IoT untuk mengoptimalkan penyerapan energi pada panel surya polikristalin 100 Wp. Sistem menggunakan sensor MPU6050 untuk mendeteksi sudut kemiringan panel, sensor LDR untuk pelacakan posisi matahari, serta motor servo DS3225 untuk mengatur orientasi panel sesuai elevasi matahari. Pengujian sistem dilakukan selama dua hari untuk *solar tracker*, yaitu pada tanggal 25–26 Juli 2025, serta satu hari pengujian panel statis pada tanggal 22 Juli 2025. Parameter yang diukur meliputi tegangan, arus, daya keluaran panel, sudut panel, intensitas radiasi matahari, dan suhu lingkungan, dengan interval pengambilan data setiap 30 menit dari pukul 09.00 hingga 16.00 WIB. Data hasil pengukuran dikirimkan secara real-time ke platform Blynk melalui koneksi Wi-Fi menggunakan protokol TCP/IP untuk pemantauan jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem *solar tracker* mampu mengikuti perubahan elevasi matahari dengan baik, ditunjukkan oleh kesesuaian antara sudut panel dan elevasi matahari sepanjang hari. Daya keluaran maksimum sistem *solar tracker* tercatat sebesar 86,04 Watt pada intensitas radiasi 1340,2 W/m². Efisiensi tertinggi sistem *solar tracker* mencapai 10,77%, sedangkan panel surya statis hanya mencapai efisiensi maksimum sebesar 7,14%. Secara keseluruhan, sistem *solar tracker* menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi dan lebih stabil dibandingkan panel statis, dengan selisih efisiensi berkisar antara 2% hingga 4%. Hasil ini membuktikan bahwa penggunaan sistem pelacak matahari mampu meningkatkan pemanfaatan energi surya secara signifikan.

Kata Kunci: *Solar Tracker*, Panel Surya, *Internet of Things* (IoT), ESP32, Blynk

ABSTRACT

This research discusses the design and testing of an IoT-based solar tracking system to optimize energy absorption in a 100 Wp polycrystalline solar panel. The system utilizes an MPU6050 sensor to detect the panel tilt angle, Light Dependent Resistor (LDR) sensors for solar position tracking, and DS3225 servo motors to adjust the panel orientation according to the sun's elevation. System testing was conducted over two days for the solar tracker, on July 25–26, 2025, and one day for the static solar panel on July 22, 2025. The measured parameters included voltage, current, output power, panel tilt angle, solar irradiance, and ambient temperature, with data acquisition performed at 30-minute intervals from 09:00 to 16:00 WIB. Measurement data were transmitted in real time to the Blynk platform via a Wi-Fi connection using the TCP/IP protocol for remote monitoring. The experimental results indicate that the solar tracking system is able to follow changes in solar elevation effectively, as demonstrated by the close agreement between the panel tilt angle and the sun's elevation throughout the day. The maximum output power of the solar tracker system reached 86.04 W at a solar irradiance of 1340.2 W/m². The highest efficiency achieved by the solar tracker was 10.77%, whereas the static solar panel reached a maximum efficiency of only 7.14%. Overall, the solar tracker system exhibited higher and more stable efficiency compared to the static panel, with an efficiency improvement ranging from 2% to 4%. These results confirm that the implementation of a solar tracking system significantly enhances solar energy utilization.

Keywords: Solar Tracker, Solar Panel, Internet of Things (IoT), ESP32, Blynk

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>Solar Tracker</i>	5
2.2. Modul Surya.....	5
2.2.1. <i>Monocrystalline Silicon (Mono-Si)</i>	6
2.2.2. <i>Polycrystalline Silicon (Poly-Si)</i>	6
2.2.3. <i>Thin-Film Solar Cells</i>	7
2.2.4. <i>Perovskite Solar Cells</i>	8
2.2.5. <i>Bifacial Solar Panels</i>	8
2.3. Baterai	9
2.3.1. Baterai Primer	10
2.3.2. Baterai Sekunder	10
2.4. Baterai VRLA (<i>Valve Regulated Lead Acid</i>).....	11
2.5. <i>Solar Charge Controller</i>	11
2.5.1. <i>PWM Charge Control</i>	12
2.5.2. <i>MPPT Charge Controller</i>	12

2.6.	Motor Servo	13
2.7.	IoT (<i>Internet of Things</i>).....	14
2.8.	<i>Step-down</i> LM2596.....	14
2.9.	ESP32 (<i>Mikrokontroler</i>).....	15
2.10.	Sensor Pendukung.....	16
2.10.1.	Sensor LDR (<i>Light Dependet Resistor</i>)	16
2.10.2.	Sensor Lux (BH1750)	17
2.10.3.	Sensor Arus dan Tegangan (INA219)	18
2.10.4.	Sensor Sudut MPU6050.....	19
2.11.	Platform Blynk.....	19
2.12.	Dasar Perhitungan	20
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		22
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
3.2.	Mekanisme Penelitian	22
3.3.	Diagram <i>Flowchart</i> Penelitian	23
3.4.	Diagram <i>Flowchart</i> Skema Alat	24
3.5.	Alat dan Bahan.....	25
3.6.	Diagram Skema.....	27
3.7.	Cara Kerja Rangkaian	28
3.9.	Proses Perancangan.....	29
3.10.	Proses Pengujian dan Pengukuran Alat.....	29
BAB 4 PEMBAHASAN		31
4.1.	Spesifikasi Alat	31
4.1.1.	Spesifikasi Panel Surya.....	32
4.1.2.	Spesifikasi SCC.....	32
4.1.3.	Spesifikasi Baterai.....	33
4.1.4.	Spesifikasi ESP32	33
4.1.5.	Spesifikasi Servo	34
4.1.6.	Spesifikasi Sensor Pendukung	34
4.1.7.	Platform Blynk dan Protokol Komunikasi Sistem Pemantauan Jarak Jauh	36

4.2.	Mekanisme Kerja <i>Solar Tracker</i>	37
4.2.1	Skema <i>Hardware</i> Sistem.....	37
4.2.2.	Deteksi Sensor.....	39
4.2.3.	Komparasi Nilai LDR oleh Mikrokontroler.....	39
4.2.4.	Logika <i>Tracking</i>	40
4.3.	Pemantauan Jarak Jauh	41
4.3.1.	Akuisis Data	42
4.3.2.	Protokol Komunikasi Data.....	42
4.3.3.	Visualisasi Data pada Web <i>Dashboard</i>	43
4.3.4.	Akses Pengguna ke Platform Blynk.....	45
4.4.	Data Pengujian	45
4.3.1.	Data Hari Pertama <i>Solar Tracker</i>	45
4.4.2.	Data Hari Kedua <i>Solar Tracker</i>	46
4.4.4.	Data Solar Konvensional.....	47
4.5.	Perbandingan Elevasi Matahari dan <i>Solar Tracker</i>	49
4.6.	Perbandingan Efisiensi <i>Solar Tracker</i> dan Panel Statis	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		58
5.1.	Kesimpulan	58
5.2.	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN.....		62

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 7 Cara Kerja <i>Solar Tracker</i>	5
Gambar 2. 2 Modul Surya <i>Monocrystalin</i>	6
Gambar 2. 4 Modul Surya <i>Thin Film</i>	8
Gambar 2. 5 Modul Surya <i>Perovskite</i>	8
Gambar 2. 6 Modul Surya <i>Bifacial</i>	9
Gambar 2. 10 Konstruksi Baterai VRLA	11
Gambar 2. 8 Flowchart PWM <i>Charge Controller</i>	12
Gambar 2. 9 Motor Servo.....	13
Gambar 2. 12 LM2596 <i>Step-Down</i>	15
Gambar 2. 11 ESP32	16
Gambar 2. 13 Sensor LDR.....	17
Gambar 2. 14 BH1750	18
Gambar 2. 15 INA219.....	18
Gambar 2. 16 MPU6050	19
Gambar 3. 1 Kampus B Universitas Muhammdiyah Palembang.....	22
Gambar 3. 2 Diagram <i>Flowchart</i>	24
Gambar 3. 3 Flowchart Skema Alat	25
Gambar 3. 4 Rancang 3 Dimensi Alat <i>Solar Tracker</i>	27
Gambar 4. 1 Skema <i>Hardware</i>	38
Gambar 4. 2 Pengiriman Data.....	43
Gambar 4. 3 Tampilan Antar Muka Blynk.....	45
Gambar 4. 4 Perbandingan elevasi dan sudut	51
Gambar 4. 5 Efisiensi Hari pertama dan kedua.....	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Alat	26
Tabel 3. 2 Bahan.....	26
Tabel 4. 1 Spesifikasi Panel Surya.....	32
Tabel 4. 2 Spesifikasi SCC.....	32
Tabel 4. 3 Spesifikasi baterai	33
Tabel 4. 4 Spesifikasi ESP32	33
Tabel 4. 5 Spesifikasi Servo	34
Tabel 4. 6 Spesifikasi Sensor Arus dan Tegangan.....	34
Tabel 4. 7 Spesifikasi Sensor Cahaya	35
Tabel 4. 8 Spesifikasi Sensor Lux Matahari.....	35
Tabel 4. 9 Sensor Sudut.....	36
<i>Tabel 4. 10 Spesifikasi Stepdown</i>	<i>36</i>
Tabel 4. 11 Data hari pertama	46
Tabel 4. 12 Data Hari kedua.....	47
Tabel 4. 13 Data Solar Konvensional.....	48
Tabel 4. 14 Data Elevasi.....	50
Tabel 4. 15 Efisiensi solar tracker	53
Tabel 4. 16 Efisiensi solar statis	54

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Krisis energi dan perubahan iklim global telah menjadi pendorong utama transformasi sistem energi dari yang berbasis fosil menjadi energi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Peningkatan emisi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida dari sektor energi, berdampak besar terhadap pemanasan global dan perubahan pola iklim. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, banyak negara mulai mengalihkan perhatian pada sumber energi terbarukan, salah satunya adalah energi surya yang dinilai bersih, melimpah, dan dapat diperbaharui tanpa batas waktu. Energi surya menunjukkan pertumbuhan yang sangat signifikan secara global satu dekade terakhir (*Energi_Dan_Dampaknya_Terhadap_Lingkungan {1}*, n.d.) Berdasarkan laporan International Energy, kapasitas terpasang pembangkit listrik tenaga surya di dunia mengalami lonjakan, dengan lebih dari 268 GW kapasitas baru ditambahkan pada tahun 2022 saja. Teknologi panel surya tidak hanya berkembang di negara maju, tetapi juga mulai diterapkan secara luas di negara berkembang sebagai alternatif energi yang ramah lingkungan dan hemat biaya operasional (Renewable Energy Agency, 2022). Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar, namun realisasi pemanfaatannya masih jauh dari optimal. Potensi energi surya nasional diperkirakan mencapai 207,8 GWp, tetapi hingga tahun 2022 pemanfaatannya baru menyentuh angka sekitar 300 MWp. Ketimpangan antara potensi dan realisasi ini disebabkan oleh berbagai tantangan, seperti biaya investasi awal, minimnya teknologi pelacakan matahari, dan belum meratanya infrastruktur pendukung, khususnya di wilayah-wilayah terpencil (Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, n.d.)

Efisiensi sistem PLTS sangat dipengaruhi oleh posisi panel terhadap arah datangnya sinar matahari sepanjang hari. Panel yang dipasang secara statis hanya optimal menyerap cahaya pada waktu tertentu, dan mengalami penurunan efisiensi di luar jam puncak sinar matahari. Teknologi *solar tracker* menjadi solusi untuk

mengatasi masalah ini, karena dapat menggerakkan panel mengikuti pergerakan matahari secara otomatis, baik secara satu sumbu (*single axis*) maupun dua sumbu (*dual axis*). Teknologi ini menunjukkan bahwa penggunaan *solar tracker* dua sumbu dapat meningkatkan efisiensi daya tangkap panel surya hingga 32% dibanding sistem panel statis. Hal ini menunjukkan bahwa dengan teknologi pelacakan yang tepat, performa sistem PLTS dapat ditingkatkan secara signifikan, sehingga investasi awal dapat lebih cepat kembali dan hasil energi lebih optimal. Namun, untuk meningkatkan efisiensi secara menyeluruh, diperlukan integrasi dengan teknologi lain yang lebih cerdas dan adaptif (Hijau Berkelanjutan et al., n.d.)

Salah satu teknologi yang kini berkembang pesat dan potensial untuk diintegrasikan ke dalam sistem energi terbarukan adalah *Internet of Things* (IoT). IoT memungkinkan perangkat fisik seperti sensor, aktuator, dan mikrokontroler untuk saling terhubung melalui jaringan internet. Dengan teknologi ini, pengguna dapat memantau dan mengendalikan sistem energi secara *real-time* dari lokasi mana pun, tanpa harus hadir di tempat. Integrasi IoT dalam sistem *solar tracker* memberikan peluang besar untuk menciptakan sistem energi pintar yang efisien dan responsif. Dengan memanfaatkan sensor cahaya (LDR), mikrokontroler seperti ESP32, serta *dashboard* pemantauan berbasis web, sistem ini dapat melacak posisi matahari dan menyesuaikan arah panel surya secara otomatis sambil mengirim data performa secara *real-time* ke *cloud*. Pemilik sistem juga dapat melakukan pemeliharaan berbasis data historis untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Beberapa penelitian telah menunjukkan efektivitas integrasi sistem seperti ini, namun cakupan implementasinya masih terbatas.

Kesenjangan penelitian (*research gap*) yang ditemukan adalah belum adanya sistem *solar tracker* berbasis IoT yang menyatukan fitur pengendalian dua sumbu secara otomatis dan pemantauan daya secara *real-time* melalui *dashboard* web interaktif dan ringan. Sistem ideal harus dapat mengontrol pergerakan panel berdasarkan intensitas cahaya matahari, sambil mengirimkan data performa ke antarmuka berbasis web yang dapat diakses oleh pengguna dari mana saja. Penggabungan ini belum banyak diteliti secara komprehensif di lingkungan tropis

seperti Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *solar tracker* berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan sensor LDR dan motor servo, serta terkoneksi dengan platform web untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh. Sistem ini dirancang agar hemat biaya dan mudah direplikasi oleh masyarakat umum. Metode kuantitatif digunakan untuk menguji efektivitas sistem dari sisi efisiensi daya keluaran panel surya dan akurasi pelacakan terhadap pergerakan matahari. Penelitian ini juga membandingkan performa panel statis dan dinamis secara statistik untuk mengukur peningkatan yang dihasilkan. Secara teoretis, penelitian ini memperluas literatur tentang integrasi IoT dan sistem energi terbarukan, sedangkan secara praktis, penelitian ini memberikan solusi teknologi tepat guna untuk peningkatan efisiensi sistem PLTS di sektor pendidikan, pertanian, dan rumah tangga terpencil. Dengan solusi ini, *solar tracker* menjadi lebih cerdas, adaptif, dan mendukung pengelolaan energi surya yang lebih efisien di era digital.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengembangkan sistem *solar tracker* otomatis yang dapat mengikuti posisi matahari.
2. Membangun sistem monitoring dan kontrol *solar tracker* berbasis IoT yang dapat diakses melalui web dashboard.
3. Menganalisis efektivitas sistem dalam hal efisiensi panel surya

1.3. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas dalam penelitian ini, maka perlu ditentukan batasan masalah yang akan dibahas. Tujuannya adalah untuk menyempurnakan penelitian ini dan mencapai hasil yang diinginkan. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Baterai yang digunakan adalah VRLA 12V 45AH
2. Berfokus pada pembacaan parameter blynk yang di hasilkan PLTS

1.4. Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan penelitian menggunakan format sebagai berikut guna memudahkan para pembaca:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistem penulisan yang berkaitan dengan tugas akhir.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini meliputi tinjauan pustaka yang terdiri dari bahasan tentang landasan teoritis yang sesuai dengan penelitian tugas akhir.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas diagram alir penelitian, lokasi dan waktu pelaksanaan, metode penelitian, skema pengambilan data, alat dan bahan, prosedur penelitian, dan desain alat.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini terdapat bahasan tentang temuan penelitian yang mencakup data yang telah diambil, pengolahan data, hasil pengukuran, analisis hasil, dan pembahasannya.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini terdapat rangkuman yang didapat selama penelitian, serta saran untuk penelitian selanjutnya berdasarkan pada hasil evaluasi selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- Ady Pratama, D., & Herlamba Siregar, I. (n.d.). *Uji kinerja panel surya tipe polycrystalline 100wp*.
- Amalila Choir, R., Kalimantan Tegalboto no, J., & Timur, J. (n.d.). Analisis pemahaman mahasiswa pendidikan fisika tentang mekanisme pembangkit listrik tenaga surya. *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 9(2), 1–5.
- Andari, R., Amalia, S., & Tinambunan, D. (2022). *Sistem monitoring pengisian baterai PLTS 100 Wp menggunakan sensor PZEM 004t dan sensor tegangan DC* (Vol. 22). https://ojs.sttind.ac.id/sttind_ojs/index.php/Sain
- Baterai Sebagai, K., Nasution, M., & Kunci, K. (2021). Muslih Nasution Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik. In *Cetak) Journal of Electrical Technology* (Vol. 6, Issue 1).
- Dalimunthe, A. F., Rahmانيar, S. T., & Anisah, S. (n.d.). *Perancangan solar charge controller (scc) pada pembangkit listrik tenaga surya 600 wp untuk rumah tinggal*.
- Dany Mufty, W., Anggriawan, O., & Efendi, M. Z. (n.d.). *Baterai charger vrla dengan metode constant current constant voltage berbasis kontrol pi*.
- Dhiyah Ayu, H., Asri, R., Yunesti, P., Sumatera, T., Terusan Ryacudu, J., Huwi Kec Jati Agung, W., & Lampung Selatan, K. (2024). *Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Bifacial: Pendekatan Sudut Inklinasi*. 15(02). <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v15i2.2352>
- Energi_Dan_Dampaknya_Terhadap_Lingkungan {1}*. (n.d.).
- Hijau Berkelanjutan, T., Setiana, H., Bening Kusumaningtyas, A., & Maulana, R. (n.d.). *Rancang Bangun PLTS Solar Tracker Dual Axis Berbasis IoT Menggunakan ESP32*.
- Jamroen, C., Komkum, P., Kohsri, S., Himananto, W., Panupintu, S., & Unkat, S. (2020). A low-cost dual-axis solar tracking system based on digital logic design: Design and implementation. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.100618>
- Lie Alviero, A. (n.d.). *Alat penghitung kertas otomatis berbasis iot proyek akhir Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Disusun oleh*.

- Majaw, T., Deka, R., Roy, S., & Goswami, B. (2018). Solar Charge Controllers using MPPT and PWM: A Review. *ADB U Journal of Electrical and Electronics Engineering (AJEEE)*, 2. www.tinyurl.com/ajeee-adbu
- Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (n.d.).
- Novita Valentina, D., Ketut Lisa Maheni, N., Eka Wahyuningtias, B., Risha, N., & Putu Budi Yasmini, L. (n.d.). *Peninjauan Karakteristik Panel Surya Monocrystalline 50 WP di Kota Singaraja* (Vol. 18). <https://www.sanspower.com/harga-panel-surya-polycrystalline-dan-monocrystalline.html>
- Nurdiansyah, M., Chomper Sinurat, E., Bakri, M., Ahmad, I., & Bagus Prasetyo, A. (2020). Sistem kendali rotasi matahari pada panel surya berbasis arduino uno. In *JTIKOM* (Vol. 1, Issue 2).
- T., Burhanudin, A., Mukhtar, A., Ma'mun, H., & Hermana, R. (n.d.). *Arduino untuk pemula: memahami dasar-dasar pemrograman dan menguasai robotika*. www.freepik.com
- Potensi energi surya fotovoltaik sebagai sumber energi alternatif*. (n.d.).
- Purnama, A., & Sitohang, S. (2022). Rancangan bangun sistem keamanan rumah berbasis iot. *Jurnal comasie*.
- Renewable Energy Agency, I. (2022). *World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway*. www.irena.org
- Resosudarmo, B. P., Rezki, J. F., & Effendi, Y. (2023). Prospects of Energy Transition in Indonesia. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, 59(2), 149–177. <https://doi.org/10.1080/00074918.2023.2238336>
- Rizky Firmansyah, M., Tsani Ashrof Azami, Mohammad, Mubarak, Ahmad, & Mubaroqan, Rizqon. (2022). *Sensor Lampu Otomatis Berbasis Light Dependent Resistor (LDR)* (Vol. 1, Issue 1).
- Shang, H., & Shen, W. (2023). Design and Implementation of a Dual-Axis Solar Tracking System. *Energies*, 16(17). <https://doi.org/10.3390/en16176330>
- Sivasankar, S. M., Amorim, C. de O., & Cunha, A. F. da. (2025). Progress in Thin-Film Photovoltaics: A Review of Key Strategies to Enhance the Efficiency of CIGS, CdTe, and CZTS_{Se} Solar Cells. In *Journal of Composites Science* (Vol. 9, Issue 3). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/jcs9030143>
- Stephie, A. (2023). A Comprehensive Guide to Primary and Secondary Batteries Commentary. *RRJPAP*, 11, 45. <https://doi.org/10.4172/2320>