

# Rancang Bangun Prototipe Smart Solar Tracker Dual Axis Dengan Inspirasi Bunga Matahari

Akhmad Rizqi Kamal\*, Widi Aribowo, Aditya Chandra, Ayusta Lukita Wardani

Universitas Negeri Surabaya

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji prototipe *smart solar tracker dual axis* yang terinspirasi dari gerakan bunga matahari dalam mengikuti arah matahari, dengan tujuan memaksimalkan penyerapan energi pada panel surya. Sistem smart solar tracker ini didesain agar panel dapat bergerak secara otomatis pada dua sumbu (*horizontal* dan *vertical*) sehingga orientasi panel selalu optimal terhadap posisi matahari sepanjang hari. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mini panel surya pada rentang waktu pukul 10:00 hingga 15:00 WIB di kota Surabaya selama tujuh hari, dengan pengamatan perubahan *voltase* dan *output charger* pada kondisi cuaca yang beragam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem *smart solar tracker dual axis* mampu meningkatkan efisiensi penyerapan energi, ditunjukkan dengan rata-rata *voltase* sebesar 11,05 V dan *output charger* sebesar 5,10 V pada kondisi cuaca cerah. Meskipun terjadi penurunan kinerja pada kondisi cuaca berawan, sistem ini secara keseluruhan terbukti lebih efektif dibandingkan panel statis dalam mempertahankan daya keluaran yang konsisten. Rancangan yang terinspirasi dari mekanisme pergerakan bunga matahari berhasil diterapkan pada sistem *tracking*, sehingga panel dapat terus menyesuaikan posisinya sesuai perubahan posisi matahari. Sebagai tindak lanjut, disarankan pengembangan algoritma pelacakan yang lebih adaptif terhadap perubahan intensitas cahaya pada cuaca berawan, penggunaan sensor cahaya berpresisi tinggi, dan implementasi prototipe pada panel dengan kapasitas lebih besar untuk hasil yang lebih akurat. Melalui hasil penelitian ini, prototipe *smart solar tracker dual axis* berbasis gerakan bunga matahari diharapkan dapat menjadi solusi dalam optimalisasi penggunaan energi surya secara lebih efisien dan berkelanjutan.

**Kata Kunci:** *Smart Solar Tracker, Dual Axis, Bunga Matahari, Panel Surya, Efisiensi Energi.*

DOI:

<https://doi.org/10.47134/jte.v2i2.4429>

\*Correspondence: Akhmad Rizqi Kamal

Email: [akhmad.19024@mhs.unesa.ac.id](mailto:akhmad.19024@mhs.unesa.ac.id)

Received: 14-05-2025

Accepted: 21-06-2025

Published: 07-07-2025



**Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** *This study attempts to design and test prototype smart solar tracker dual axis inspired by the movement of sunflowers in following toward the sun, with the aim of maximize the energy on solar panels. The smart tracker is actually designed so that solar panels can move automatically on two axes so (horizontal and vertical orientation panel always optimal against the position of the sun all day. Testing done using mini solar panels at a time at 10 to 15: 00: 00 gmt in the city of surabaya for seven days, with the observation changes voltages and output charger in different weather conditions. The results of the tests show that the system smart solar tracker dual axis able to increase the absorption of energy efficiency, indicated by rata-rata voltages of 11,05 v charger and output of 5,10 v in sunny conditions. Despite a decline in performance on cloudy weather conditions, this system as a whole is more effective than the static in maintaining a consistent output. Mechanism design inspired by the sunflower successfully applied in tracking system, so that the position can continue to adapt to change the position of the sun. As a continuation of, suggested the development of tracking algorithm more adaptive on changes in the intensity of light in the cloudy, the use of light sensors berpresisi high, and the implementation of the prototype on the panel of the larger to it to be accurate. Through all this research, prototype smart solar tracker dual axis based movement sunflower is expected to be a solution in the optimization of the use of solar energy in a more efficient and sustainable*

**Keywords:** *Smart Solar Tracker, Dual Axis, Sunflower, Solar Panels, Energy Efficiency*

## Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa dan memiliki iklim tropis dengan intensitas penyinaran matahari yang tinggi sepanjang tahun. Kondisi ini memberikan potensi besar dalam pengembangan energi terbarukan, khususnya energi surya. Namun, tantangan utama yang masih dihadapi adalah efisiensi penyerapan energi oleh panel surya, terutama ketika panel tidak sejajar dengan arah datangnya sinar matahari. Panel surya statis sering kali tidak mampu mengikuti pergerakan matahari secara optimal, sehingga efisiensi konversi energi menurun. Inilah yang menjadi celah (gap) dalam pemanfaatan teknologi energi surya, yaitu kebutuhan akan sistem pelacak matahari (solar tracker) yang lebih efektif dan efisien (Lili, 2024). Widjanarko et al. (2024) mencatat bahwa penggunaan solar tracker dual axis off-grid 100 Wp dapat meningkatkan efisiensi hingga 13,75% dibanding sistem statis.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe smart solar tracker dual axis yang terinspirasi dari mekanisme pergerakan bunga matahari (sunflower) dalam mengikuti arah sinar matahari secara alami. Sistem ini dirancang agar panel surya dapat bergerak secara otomatis pada dua sumbu, horizontal dan vertikal, sehingga orientasi panel dapat terus sejajar dengan posisi matahari sepanjang hari. Dengan mengintegrasikan teknologi mikrokontroler seperti Arduino Nano dan sensor LDR, sistem ini diharapkan mampu melacak cahaya matahari secara real time (Kho, t.t.). Hasyim dan Aji (2023) menunjukkan bahwa sistem solar tracker dua sumbu berbasis Arduino mampu meningkatkan daya listrik hingga 1,3 kali lipat dibandingkan sistem tetap.

Signifikansi dari penelitian ini terletak pada potensi peningkatan efisiensi energi surya hingga 40% bila dibandingkan dengan sistem panel statis. Selain itu, prototipe ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis untuk kebutuhan energi di daerah terpencil atau sebagai sistem energi cadangan yang ramah lingkungan. Penelitian ini juga dapat menjadi dasar pengembangan teknologi energi terbarukan yang berkelanjutan dan berbiaya rendah, khususnya dalam konteks smart energy dan otomatisasi berbasis mikrokontroler. Sistem pelacakan ini juga telah terbukti meningkatkan daya tangkap cahaya pada berbagai kondisi cuaca (Myori, 2019). Santoso et al. (2024) dalam penelitiannya menemukan bahwa sistem dual axis berbasis Arduino dan LDR mampu meningkatkan output energi panel surya antara 14,82% hingga 35,3%.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem solar tracker berbasis satu sumbu maupun dual axis. Misalnya, Tanaya (2016) mengembangkan sistem dual axis untuk optimasi pencahayaan pada kapal, menunjukkan efektivitas pergerakan dua arah dalam menyerap energi lebih maksimal dibanding sistem statis. Selain itu, Aprilyo (2009) juga menyoroti pentingnya pemantauan intensitas cahaya secara terus menerus dalam sistem solar tracker berbasis Internet of Things (IoT), sebagai upaya meningkatkan responsif sistem terhadap perubahan cuaca yang cepat. Pardosi et al. (2024) pun menunjukkan bahwa penggunaan sistem tracking berbasis Arduino dan sensor LDR dapat meningkatkan rata-rata daya panel surya hingga 35% dibanding sistem statis.

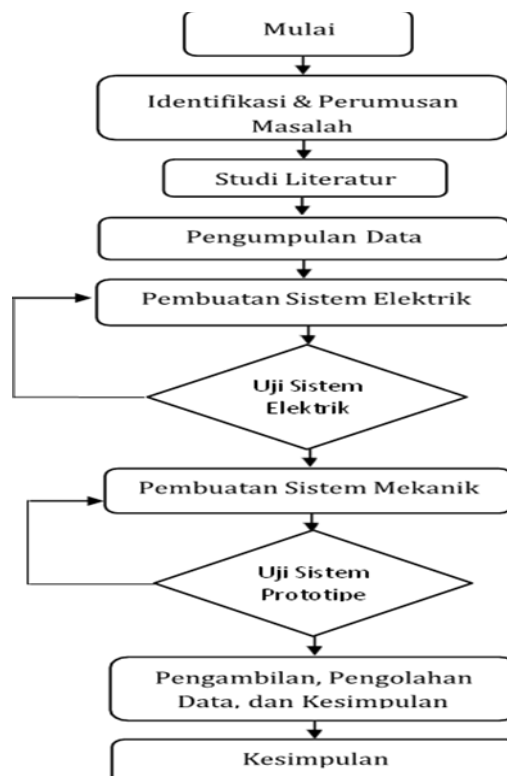
Dengan demikian, kebaruan (novelty) dari penelitian ini terletak pada penerapan prinsip biomimikri melalui inspirasi desain bunga matahari dalam pengembangan sistem

solar tracker dual axis otomatis. Integrasi ini tidak hanya menawarkan pendekatan yang inovatif dalam desain dan efisiensi sistem, tetapi juga berpotensi memberikan solusi yang lebih alami, hemat energi, dan berorientasi pada keberlanjutan dalam pemanfaatan energi surya. Selain itu, dengan mengadopsi pola heliotropisme yang dilakukan bunga matahari secara biologis, sistem ini mencoba meniru proses alami untuk kebutuhan teknologi modern.

## Metodologi

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah dengan membuat suatu kerangka dasar penyelesaian terhadap permasalahan yang diangkat dalam skripsi ini. Metodologi ini berisi tentang langkah – langkah yang akan dilakukan untuk menyelesaikan penelitian. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah menggunakan penelitian berjenis eksperimen dengan teknik pengambilan data melalui pengamatan atau observasi, yaitu data yang diambil dikumpulkan dengan cara mencatat hasil pengamatan yang dilakukan pada objek penelitian kemudian akan dianalisa. Tujuan dari teknik pengambilan data adalah untuk memastikan kevalidan data sehingga dapat menjelaskan permasalahan yang timbul dari penelitian secara objektif.

Penelitian ini menggunakan metode analisis data dengan teknik deskriptif kuantitatif. Data yang diperoleh dari eksperimen diolah dan dijelaskan dalam bentuk tabel berupa data kuantitatif. Kemudian, data tersebut diinterpretasikan dalam bentuk kalimat yang mudah dipahami dan dibaca, sehingga memberikan jawaban yang jelas terhadap permasalahan yang diteliti pada pembuatan rancang bangun prototipe smart solar tracker dual axis dengan inspirasi desain bunga matahari dengan mikrontroler Arduino Nano.



Gambar 1. Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir

Secara garis besar penyelesaian penelitian tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Prototipe *Smart Solar Tracker Dual Axis* Dengan Inspirasi Desain Bunga Matahari” terbagi menjadi beberapa tahap, terdapat pada Gambar 1.

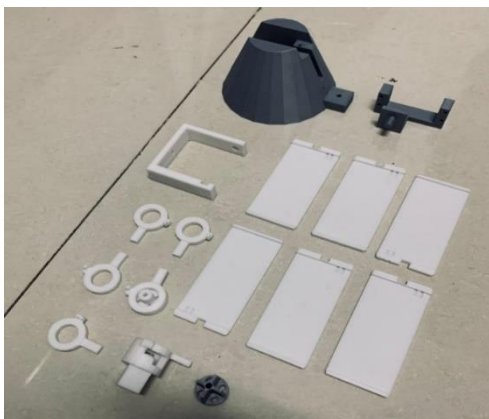
### Hasil dan Pembahasan

Dalam pembuatan suatu prototipe diperlukan pengujian dan pengujian desain kerangka terhadap kinerja dari alat *Smart solar tracker dual-axis* dengan inspirasi desain bunga matahari, yang sudah dibuat apakah sudah sesuai dengan yang direncanakan. Pengujian ini meliputi 3 pengujian, yakni pengujian kinerja *motor*, pengujian pada sistem *Tracking* dan pengujian *output* untuk *charger handphone*. Dengan dilakukan pengujian dapat diketahui kesesuaian alat dengan yang direncanakan dan kelemahan – kelemahan yang terjadi pada alat sehingga dapat dicari cara untuk memperbaiki atau mengembangkan ke arah yang lebih baik.

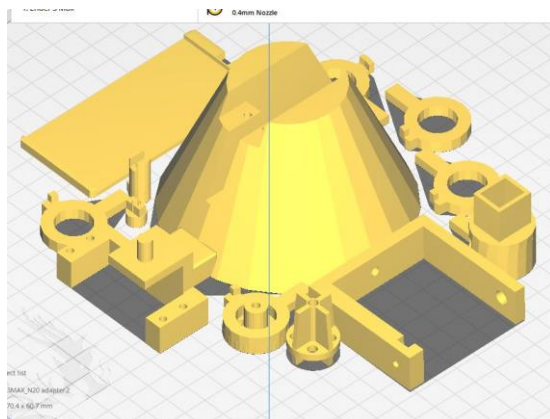
Prototipe solar tracker ini secara umum terdiri dari dua sistem, yaitu sistem elektronik dan sistem mekanik. Sistem elektronik sendiri terdapat empat sistem pendukung, yaitu *Driver Motor DC*, *Sensor LDR*, *Module Step Down* dan *Arduino Nano V3*. Sebelum dilakukan penyambungan keseluruhan sistem pendukung sistem elektronik, masing - masing sistem pendukung tersebut dilakukan pengujian, Selain keempat sistem pendukung tersebut.

### Pembuatan Desain Kerangka *Prototype*

Dalam proses pembuatan kerangka *prototype* yang pertama yaitu menentukan desain terlebih dahulu agar bentuk dan kinerja sesuai dengan apa yang kita inginkan yang sebelumnya saya mendesain terlebih dahulu di aplikasi sketchup. Bahan yang digunakan untuk membuat kerangka dimana bahan yang akan digunakan yaitu saya memilih menggunakan 3D Printing berbahan PLA (Polylactic acid) dengan infill 100% agar kuat menopang dan kokoh.



Gambar 2. Hasil Cetak 3D Print



Gambar 3. Desain 3D Print

## Pengujian Sistem PLTS

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja masing-masing komponen dari system PLTS. bahwa motor yang diuji memiliki kinerja yang baik dalam kondisi tertentu, namun efisiensinya sangat dipengaruhi oleh tegangan input dan beban yang diterapkan. Dalam pengaplikasian *gear motor* terhadap Alat Tugas akhir saya didapatkan kinerja yang kurang maksimal saat pertama kali menghidupkan *gear motor* sehingga dibutuhkan 2 kali penghidupan alat untuk menggerakkan dan membuka 6 panel.

## Pengujian Solar Tracker

```
Solar_tracking_ino_code.ino
1  #include <Servo.h>
2
3  Servo horizontal; // horizontal servo
4  int servoh = 180;
5  int servohLimitHigh = 175;
6  int servohLimitLow = 5;
7  // 65 degrees MAX
8
9  Servo vertical; // vertical servo
10 int servov = 0;
11 int servovLimitHigh = 60;
12 int servovLimitLow = 0;
13
14 // LDR pin connections
15 // name = analogpin;
16 int ldrLt = A1; //LDR top left - BOTTOM LEFT <--- BDG
17 int ldrRt = A2; //LDR top right - BOTTOM RIGHT
18 int ldrLd = A3; //LDR down left - TOP LEFT
19 int ldrRd = A4; //ldr down right - TOP RIGHT
20 int ldrMt = A5;
```

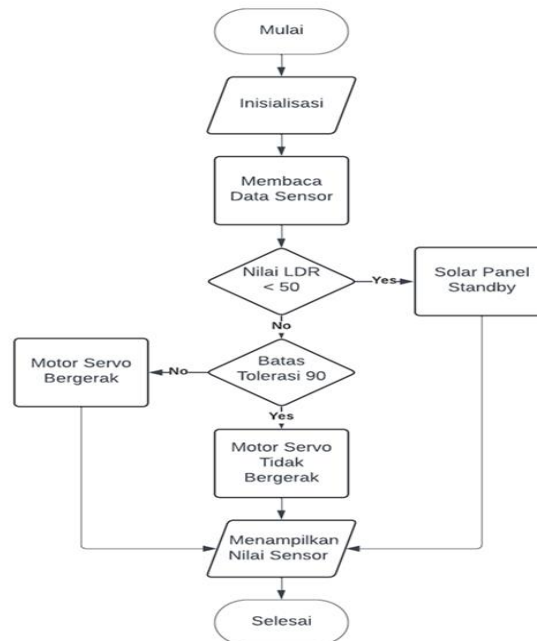
Gambar 4. Tracking Arduino

Pengujian ini dilakukan setelah semua sistem, baik sistem elektronik dan sistem mekanik selesai dan digabungkan menjadi satu sistem *solar tracker*. Pengujian pertama adalah menguji pergerakan dari motor terhadap kepekaan sensor akibat pengaruh intensitas cahaya yang diterima. Pengujian kedua yang dilakukan adalah mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan solar panel yang sudah menggunakan *tracking system*. Dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan solar panel, maka daya yang dihasilkan juga dapat dihitung. Pengujian pertama yaitu dengan memberikan cahaya terhadap rangkaian sensor LDR dan pengondisi sinyal yang kemudian hasilnya dapat dilihat di serial monitor pada layar IDE Arduino.

Untuk menggerakkan motor vertikal ke atas maka sumber cahaya diberikan pada sensor LDR bagian *top right* dan *top left*. Agar motor vertikal bergerak ke bawah maka sensor LDR bagian *down right* dan *down left*.

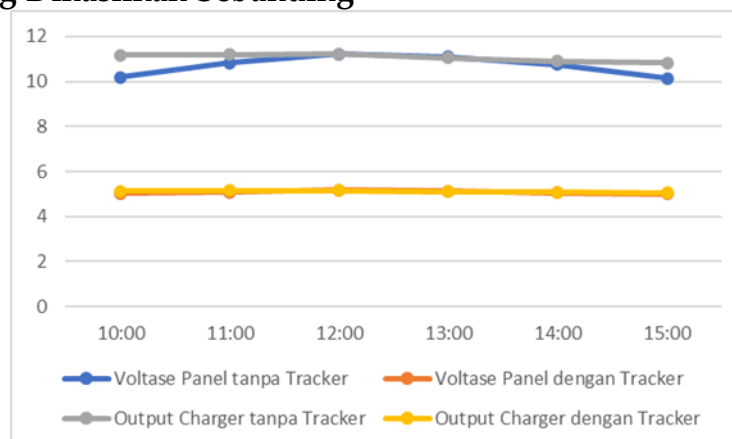
Pengujian berikutnya adalah untuk mengetahui tegangan dan arus sehingga dapat dihitung daya yang dihasilkan oleh *solar tracker*. Pengujian solar tracker dilakukan sebanyak tujuh kali yang dilakukan disamping food court Vokasi UNESA.

Flowchart ini menggambarkan proses kerja sistem otomatisasi panel surya yang menggunakan sensor LDR (Light Dependent Resistor) untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari dan mengatur posisi panel surya melalui motor servo. Tujuan dari sistem ini adalah agar panel surya selalu menghadap ke arah sumber cahaya maksimal, sehingga efisiensi penyerapan energi meningkat



Gambar 5. Flowchart Code Program Alat Tracking

### Energi Listrik yang Dihasilkan Sebanding



Gambar 6. Perbandingan Energi Listrik yang Dihasilkan

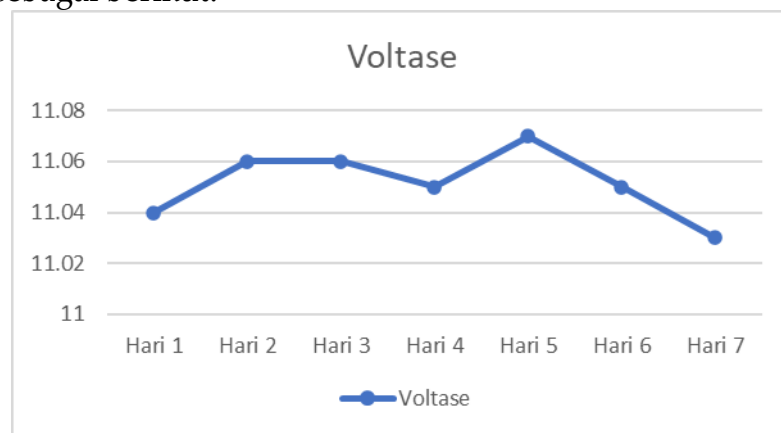
Berdasarkan grafik perbandingan pengujian solar cell di atas, dapat dilihat bahwa panel surya yang menggunakan tracker menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar dibandingkan panel surya statis atau tanpa menggunakan tracker. Perbedaan nilai pengujian tersebut terjadi karena solar cell berada dalam kondisi yang berbeda, di mana jika menggunakan tracker maka solar cell dapat menyesuaikan posisi mengikuti arah datangnya cahaya matahari. Sebaliknya, solar cell tanpa tracker berada dalam posisi tetap yang tegak lurus ke atas, sehingga menyebabkan penerimaan sinar matahari tidak optimal dan berdampak pada rendahnya tegangan keluaran yang dihasilkan.

Selain itu, penggunaan sistem PLTS auto tracker terbukti memberikan efisiensi yang lebih tinggi dalam pemanfaatan energi matahari. Dengan kemampuan mengikuti pergerakan matahari sepanjang hari, auto tracker memastikan sudut datang sinar matahari

selalu optimal terhadap permukaan panel surya, sehingga mampu memaksimalkan daya serap dan output energi. Hal ini berbeda dengan PLTS statis yang hanya mengandalkan posisi tetap, sehingga tidak dapat mengoptimalkan pencahayaan seiring perubahan posisi matahari. Oleh karena itu, PLTS dengan sistem auto tracker lebih unggul dalam meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem pembangkit listrik tenaga surya secara keseluruhan.

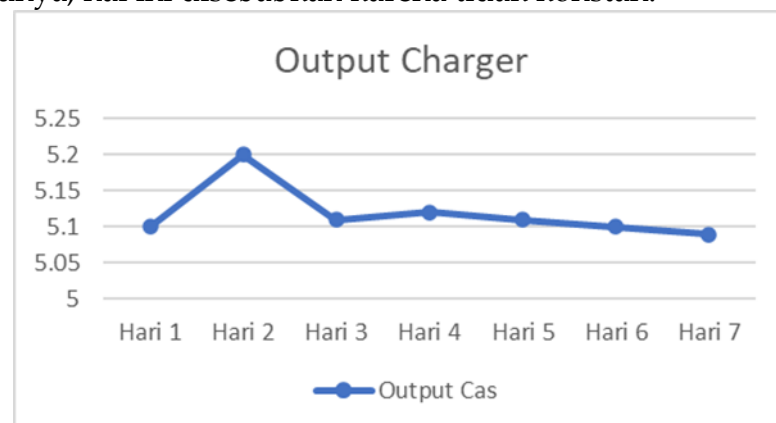
### Pengujian Panel Surya Selama Tujuh Hari

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan 7 (tujuh) hari didapatkan data kinerja prototipe dalam menghasilkan voltase dan output charger yang ditampilkan pada gambar Tabel 2 dan Tabel 3 sebagai berikut:



**Gambar 7.** Grafik Tegangan Pengujian Selama Tujuh Hari

Berdasarkan Tabel 2. hasil nilai tegangan yang dihasilkan memiliki nilai yang berbeda setiap waktunya, hal ini disebabkan karena tidak konstan.



**Gambar 8.** Grafik Output Charger Pengujian selama 7 hari

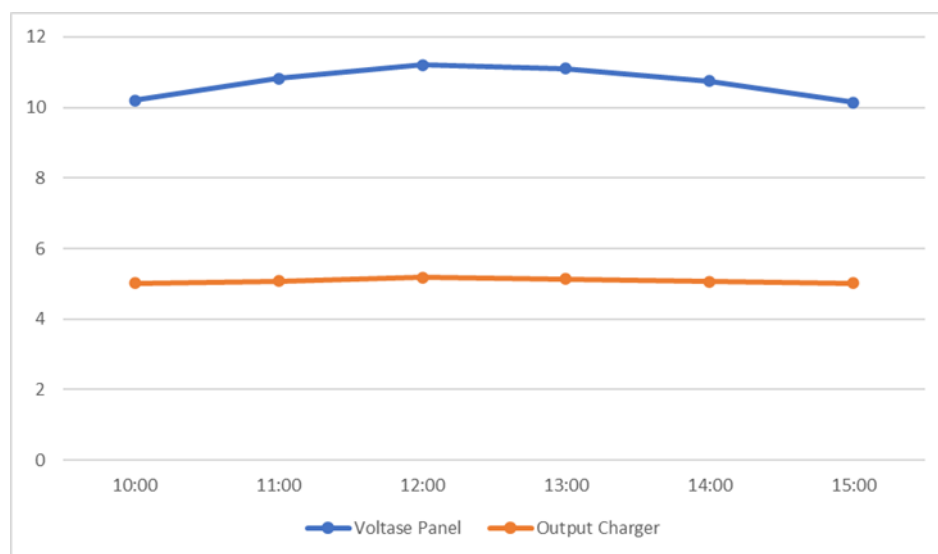
Berdasarkan gambar Tabel 3. hasil nilai output charger yang dihasilkan memiliki kemiripan nilai yang hampir sama, namun pada hari kedua memiliki nilai yang cukup tinggi dibandingkan dengan hari lainnya hal ini disebabkan karna cuaca yang cerah dan cukup panas.

### Data yang Menunjukkan Alat Dapat Mengikuti Sinar Matahari

Data yang diambil dari hasil pengujian dan pembahasan secara keseluruhan sesuai dengan rancangan, dilakukan pengujian data pertama dengan kondisi *solar cell* tanpa tracker, dimana *solar cell* akan di sejajarkan mengarah keatas tanpa tracker. Pengujian data kedua adalah dengan kondisi *solar cell* dengan tracker, dimana tracker akan mengikuti pergerakan cahaya matahari.

Tabel 1. Tabel Dara Pengujian Solar Cell Tanpa Tracker

Pengujian kondisi <i>Solar Cell</i> tanpa Tracker			
Waktu	Kondisi Cuaca	Voltase Panel	Output Charger
10:00	Cerah	10.20 V	5.02 V
11:00	Cerah	10.83 V	5.07 V
12:00	Cerah	11.21 V	5.18 V
13:00	Cerah	11.10 V	5.13 V
14:00	Cerah	10.75 V	5.06 V
15:00	Cerah	10.15 V	5.01 V
Rata – rata		10.70 V	5.07 V

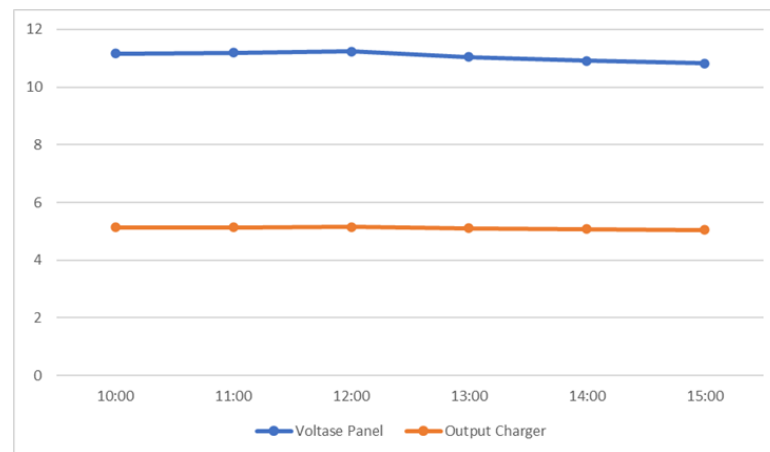


Gambar 9. Grafik Pengujian Solar Cell Tanpa Tracker

Grafik diatas adalah voltase panel dan *output charger* pada kondisi *solar cell* tanpa tracker, setiap jam yang terukur mengalami perubahan yang tidak signifikan. Tegangan tertinggi yang didapat adalah terjadi pada pukul 12:00 sebesar 11.21 V dan tegangan terendah adalah pada pukul 15:00 sebesar 10.15 V. Rata-rata tegangan pengujian *solar cell* tanpa tracker untuk voltase panel adalah 10.70 V dan *output charger* adalah 5,07 V.

Tabel 2. Data Pengujian Solar Cell dengan Tracker

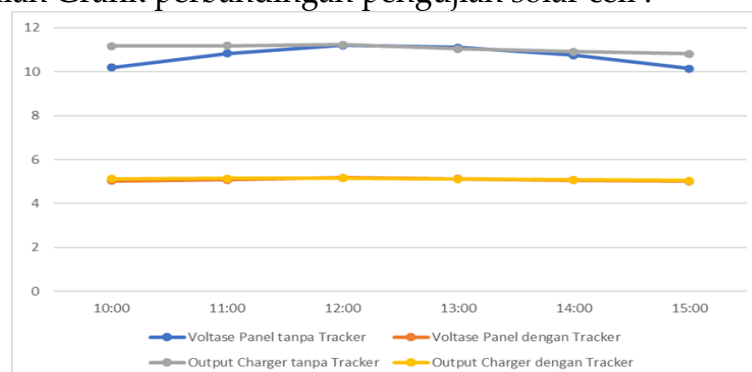
Pengujian kondisi <i>Solar Cell</i> dengan <i>Tracker</i>			
Waktu	Kondisi Cuaca	Voltase Panel	Output Charger
10:00	Cerah	11.17 V	5.13 V
11:00	Cerah	11.19 V	5.14 V
12:00	Cerah	11.23 V	5.15 V
13:00	Cerah	11.05 V	5.11 V
14:00	Cerah	10.91 V	5.07 V
15:00	Cerah	10.82 V	5.04 V
Rata – rata		11.06 V	5.11 V



Gambar 10. Grafik Pengujian Solar Cell dengan Tracker

Grafik diatas adalah voltase panel dan output charger pada kondisi solar cell dengan tracker, setiap jam yang terukur mengalami perubahan yang tidak signifikan. Tegangan tertinggi yang didapat adalah terjadi pada pukul 12:00 sebesar 11.23 V dan tegangan terendah adalah pada pukul 15:00 sebesar 10.82 V. Rata-rata tegangan pengujian solar cell dengan tracker untuk voltase panel adalah 11.06 V dan output charger adalah 5.11

Berikut ini adalah Grafik perbandingan pengujian solar cell :



Gambar 11. Grafik Perbandingan Pengujian Solar Cell

Berdasarkan Grafik perbandingan pengujian *solar cell* diatas, dapat dilihat bahwa panel surya yang menggunakan *tracker* menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar dibandingkan panel surya statis atau tanpa menggunakan *tracker*. Perbedaan nilai pengujian tersebut terjadi dikarenakan *solar cell* berada dalam kondisi yang berbeda, dimana jika menggunakan *tracker* maka *solar cell* dalam posisi statis atau mengikuti arah cahaya matahari. *Solar cell* tanpa *tracker* berada dalam posisi yang selalu tegak lurus ke atas menyebabkan tegangan panel yang didapatkan tidak optimal.

## Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan sesuai dengan permasalahan yang dirumuskan serta menganalisis hasil dari pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Untuk membangun Prototipe Smart Solar Tracker Dual Axis, langkah yang pertama adalah menentukan ukuran alat yang akan dirancang. Langkah selanjutnya adalah mendesain rangka untuk prototipe *Smart solar tracker dual axis* menggunakan software *SketchUp*. Langkah berikutnya adalah merakit prototipe *solar tracker*, dimana baterai akan menjadi sumber tenaga awal untuk membangkitkan kinerja alat *solar tracker* yang dimana alat tersebut kemudian akan mencari letak matahari sehingga berhadapan langsung mengarah ke matahari yang dari energi matahari tersebut akan diserap dan dikonversikan menjadi tenaga listrik yang digunakan untuk men *charger handphone* atau ponsel.

Pada penelitian Prototipe Smart Solar Tracker Dual Axis yang dilakukan pada mini panel surya didapatkan rata-ratanya 11,05 V, *Output Charger* 5,10 V. Hasil pengujian pada pengisian baterai *handphone* dari 0% ke 15% dibutuhkan waktu sekitar 36 menit. Dari hasil pengujian Prototipe Smart Solar Tracker Dual Axis dalam mengikuti gerakan matahari sepanjang hari didapat dalam pengujian alat yang dilakukan selama 7 hari alat solar tracking sunflower dapat mengikuti gerak sinar matahari mulai dari jam 10.00-15.00 WIB.

## Referensi

- Andriyas Ardiansyah, S. I. (2023). Analisis Perbandingan Efisiensi Panel Surya 20wp Dengan Tracking dan Tanpa Tracking. E Journal Universitas Negeri Surabaya.
- Aprilyo, J. (2009). Pembangunan Sistem Pemantauan Dan Pelacakan Cahaya Matahari Pada Panel Surya Berbasis Iot. E Library UNIKOM.
- Ayusta Lukita Wardani, A. H. (2019). Perbandingan Antara Solar Cell Tipe Monocrystalline Dan Monocrystalline Pada Keadaan Terhalang Untuk Pertimbangan Pemilihan Pembangkit Tenaga Surya . Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya .
- Fauzi, K. W. (2018). Perancangan dan Realisasi Solar Tracking System untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya Menggunakan Arduino Uno. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung.

- Hendro, M. &. (2015). Perancangan dan Pembuatan Prototype Sistem Tracer Sel Surya untuk Mengikuti Gerak Arah Matahari. Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains.
- Hidayanti, F. (2021). Aplikasi Sel Surya: Sistem Sel Surya Wearable. LP\_UNAS.
- Kho, D. (n.d.). Pengertian LDR (Light Dependent Resistor) dan Cara Mengukurnya. Retrieved from Teknik Elektronika: <https://teknikelektronika.com/pengertian-ldr-light-dependent-resistor-cara-mengukur-ldr/>
- Lia Hamanda, I. S. (2017). Pengoptimalan Penyerapan Energi Matahari Dengan Sistem Penjejak Matahari Dua Derajat Kebebasan. Jurnal Inovasi Fisika Indonesia.
- Lili. (2024). Potensi Terang Mini Solar Cell 5V. Retrieved from Iconergy Solar Icon PLN: <https://iconergy.iconpln.co.id/potensi-terang-mini-solar-cell-5v/>
- Myori, D. E. (2019). Sistem Tracking Cahaya Matahari pada Photovoltaic. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- N, K. (n.d.). Pengertian dan Jenis Kode Warna Resistor. Retrieved from Gramedia Blog: <https://www.gramedia.com/literasi/pengertian-dan-jenis-kode-warna-resistor/>
- Purwanto, B. H. (n.d.). Jenis Panel Surya. Retrieved from Bumi Energi Surya: <https://bumienergisurya.com/jenis-panel-surya/>
- Putra, A. M. (2022). Sistem Kendali Solar Tracker Satu Sumbu berbasis Arduino dengan sensor LDR. JTEV (JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN VOKASIONAL Volume 06 .
- Putra, B. H. (2021). Perancangan Maximum Power Point Solar Tracker Dual Axis Berbasis Mikrokontroler. Inovasi Fisika Indonesia.
- Rif'an, d. (2012). Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Journal of EECCIS.
- Santo, M. Y. (2022). Perancangan Mesin Pendeteksi Telur Berdasarkan Berat Berbasis Internet Of Things. E Journal Universitas Negeri Surabaya.
- Suwarti. (2018). Analisa Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya. 78-85.
- Tanaya, N. M. (2016). Rancang Bangun Solar Tracker Dual Axis Guna Optimalisasi Panel Surya Untuk Penerangan Kapal. Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Kelautan Insitut Teknik Sepuluh Nopember Surabaya.
- Usman, M. K. (2020). Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya. Jurnal Power Elektronik.

Yuliarto, B. (2011, Januari 1). Solar Cell, Sumber Energi Terbarukan Masa Depan. Retrieved from KEMENTRIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/solar-cell-sumber-energi-terbarukan-masa-depan>