AgriTechno
Jurnal Teknologi Pertanian

Jurnal Agritechno, Vol. 19, No. 2, Oktober 2026
http://agritech.unhas.ac.id/ojs/index.php/at
ISSN Online : 2656-2413
ISSN Print : 1979-7362

PERANCANGAN *SOLAR TRACKER SINGLE AXIS* GUNA OPTIMALISASI DAYA UNTUK MINI *GREENHOUSE* DENGAN PEMANTAUAN DATA MENGGUNAKAN *DATA LOGGER*

(*Design of a Single-Axis Solar Tracker for Power Optimization in a Mini Greenhouse with Data Monitoring Using a Data Logger*)

Azis Al Farizi Lubis [1*)], Mislaini Rahman [1)], Ashadi Hasan [1)] dan Khandra Fahmy [1*)]
[1)] Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Andalas, Padang
[*)] email korespondensi: khandrafahmy@ae.unand.ac.id

ABSTRACT

The utilization of solar energy as a renewable energy source can be achieved through the use of solar panels that convert solar radiation into electrical energy via the photovoltaic process. The amount of electrical energy generated is strongly influenced by the intensity of solar radiation received by the panel. In this study, solar panels are employed as the energy source for several devices in a mini greenhouse system. The solar panels are designed to operate dynamically by incorporating a single-axis solar tracker as a driving mechanism to enhance the panel's output power. The solar tracking system is configured based on predefined time schedules and movement angles, which are programmed using an ESP8266 microcontroller. Furthermore, the system is integrated with a web-based data logger for real-time monitoring of electrical parameters. The data logger utilizes a PZEM-017 DC sensor to measure voltage and current, as well as to automatically calculate the solar panel's output power. Measurement data are periodically recorded and stored on a micro SD card to facilitate monitoring and analysis. The results showed that the designed solar tracker was able to follow the sun's movement according to the programmed schedule. Under the observed weather conditions, the maximum output power of the panel with the solar tracker reached 244.75 W, whereas that of the static panel ranged from 81.69 to 95.23 W. In addition, the data logger successfully displayed, recorded, and stored the electrical parameters of the solar panel continuously.

Keywords: Solar Panel, Solar Tracker, Data Logger, Real-Time

ABSTRAK

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi terbarukan dapat dilakukan melalui penggunaan panel surya yang mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima panel. Pada penelitian ini, panel surya digunakan sebagai sumber energi untuk beberapa perangkat pada sistem *mini greenhouse*. Panel surya dirancang secara dinamis dengan penambahan *solar tracker* satu sumbu (*single axis*) sebagai sistem penggerak untuk meningkatkan daya keluaran panel. Sistem *solar tracking* diatur berdasarkan waktu dan sudut pergerakan tertentu yang diprogram menggunakan mikrokontroler ESP8266. Selain itu, sistem ini diintegrasikan dengan *data logger* berbasis web untuk pemantauan parameter kelistrikan secara *real-time*. *Data logger* menggunakan sensor PZEM-017 DC untuk mengukur tegangan dan arus, serta menghitung daya keluaran panel surya secara otomatis. Data hasil pengukuran direkam dan disimpan ke dalam *micro SD card* secara periodik guna memudahkan proses pemantauan dan analisis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *solar tracker* yang dirancang mampu mengikuti pergerakan matahari sesuai jadwal yang diprogram. Pada kondisi cuaca selama pengamatan, daya keluar maksimum panel dengan *solar tracker* mencapai

AgriTechno
Jurnal Teknologi Pertanian
Jurnal Agritechno, Vol. 19, No. 2, Oktober 2026
http://agritech.unhas.ac.id/ojs/index.php/at
ISSN Online : 2656-2413
ISSN Print : 1979-7362

244,75 W, sedangkan panel statis berkisar antara 81,69–95,23 W. Selain itu, sistem *data logger* berhasil menampilkan, merekam, dan menyimpan data parameter kelistrikan panel surya secara kontinu.

Kata kunci: Panel Surya, *Solar Tracker*, *Data Logger*, *Real-Time*

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi serta kekhawatiran terhadap perubahan iklim mendorong pemanfaatan energi terbarukan sebagai solusi berkelanjutan, salah satunya energi surya yang memiliki potensi besar, bersifat tidak terbatas, dan ramah lingkungan (Dewi *et al*., 2024). Energi surya merupakan energi radiasi matahari yang dapat dimanfaatkan melalui dua teknologi utama, yaitu sistem surya termal dan sistem surya fotovoltaik yang mengonversi radiasi matahari menjadi energi listrik (Marsela, 2020). Energi listrik merupakan kebutuhan fundamental dalam berbagai aktivitas manusia, sehingga pengembangan sumber energi alternatif terbarukan menjadi sangat penting (Saputra *et al*., 2024).

Energi surya dikonversi menjadi energi listrik menggunakan panel surya berbahan semikonduktor yang mampu menghasilkan listrik secara langsung tanpa memerlukan jalur transmisi serta tidak menimbulkan polusi lingkungan (Rezkyanzah *et al*., 2016). Daya keluaran panel surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi, suhu permukaan, dan sudut datang cahaya matahari terhadap panel (Suwarti *et al*., 2018; Putri *et al*., 2022). Di Indonesia, panel surya telah banyak diaplikasikan untuk berbagai kebutuhan, seperti irigasi, penerangan jalan, dan penyediaan listrik rumah tangga. Namun, pemasangan panel surya secara statis dengan sudut tetap sering menyebabkan penyerapan radiasi matahari kurang optimal, sehingga daya yang dihasilkan tidak maksimal (Tamimi *et al*., 2016; Wahyu *et al*., 2023).

Untuk meningkatkan efisiensi penyerapan radiasi matahari, sistem *solar tracker* dikembangkan sebagai mekanisme penggerak panel surya yang dapat mengikuti pergerakan matahari secara otomatis (Marsela, 2020). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *solar tracker* mampu meningkatkan daya keluaran panel surya secara signifikan, bahkan lebih dari 50% dibandingkan dengan pemasangan statis (Fajaryanto & Prayitno, 2017; Ramadhan, 2025). Selain orientasi dan sudut kemiringan panel, kestabilan daya listrik juga menjadi tantangan akibat fluktuasi intensitas radiasi matahari yang berdampak pada nilai tegangan dan arus pengisian baterai (Pramana, 2023).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang sistem *solar tracker* satu sumbu (*single axis*) sebagai pengendali posisi panel surya dengan empat sudut pergerakan. Penentuan sudut dilakukan untuk mengoptimalkan sudut datang cahaya matahari dan diatur berdasarkan waktu menggunakan sistem timer. Pemantauan parameter kelistrikan secara kontinu juga diperlukan untuk mengevaluasi kinerja PLTS, dan sistem *data logger* berbasis sensor PZEM telah digunakan untuk keperluan tersebut (Putra *et al*., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini juga menerapkan *data logger* sebagai sarana pemantauan parameter kelistrikan, meliputi tegangan, arus, dan daya keluaran panel surya, yang terintegrasi dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem PLTS *off-grid* yang dilengkapi *solar tracker single axis* berbasis ESP8266 guna mengoptimalkan daya keluaran panel surya sebagai sumber energi listrik *mini greenhouse*. Penelitian ini juga membangun *data logger* berbasis ESP32 dan sensor PZEM-017 DC

untuk memantau dan merekam parameter kelistrikan panel surya secara *real-time*, serta membandingkan kinerja panel surya dengan pemasangan statis dan dinamis berdasarkan intensitas cahaya matahari, daya keluaran, efisiensi panel, dan kinerja pengisian baterai. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan dalam penerapan PLTS skala kecil untuk mendukung operasional *greenhouse*.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *toolkit*, *breadboard*, *powerbank*, kabel Type-B, laptop dengan perangkat lunak Arduino IDE, *lux meter*, dan *inclinometer*.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian sesuai sistem yang dirancang:

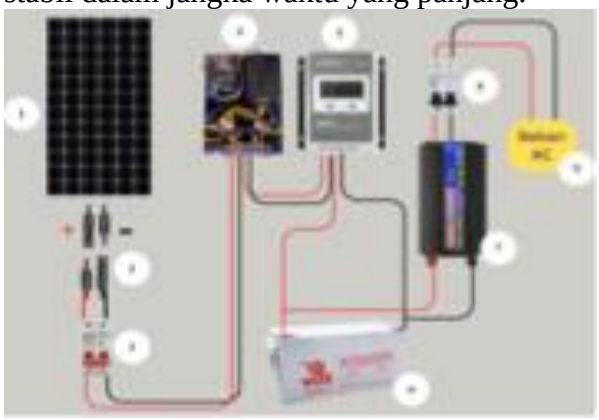
1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS): panel surya *monocrystalline*, *Solar Charge Controller* (SCC) tipe MPPT, inverter, aki VRLA, kabel NYMHY 2×2,5 mm², besi tabung, dan besi hollow.
2. *Solar tracker*: aktuator linear DC, *relay* 12 V, *relay* 5 V, *timer switch* digital CN101A DC 12 V, mikrokontroler ESP8266, baut batang ukuran 19, mur, kabel *jumper*, dan kabel adaptor.
3. Rangkaian *data logger*: mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-017 DC, resistor *shunt*, modul RS-485, modul RTC DS3231, modul *micro SD card*, *micro SD card*, terminal kabel, dan kabel *jumper*.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan, 1) Membuat instalasi panel surya, 2) Membuat rancangan *solar tracker single axis*, 3) Pembuatan rangkaian sensor untuk pemantauan *data logger*, 4) Melakukan pengujian *data logger*, dan 5) Melakukan pengukuran intensitas cahaya matahari, daya masuk dan daya keluar panel, efisiensi panel, serta kinerja baterai pada pemasangan statis dan dinamis.

a. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada penelitian ini dirancang untuk memanfaatkan energi surya sebagai sumber listrik bagi sistem *greenhouse* yang diinstalasi secara *off-grid* (Gambar 1). Kinerja optimal dan keberlanjutan operasional PLTS sangat dipengaruhi oleh pemilihan serta integrasi komponen-komponen utama dalam sistem, sehingga mampu beroperasi secara efektif dan stabil dalam jangka waktu yang panjang.



Gambar 1. *Wiring Diagram* PLTS.

b. Menentukan Kebutuhan Daya Listrik Harian

Perancangan kapasitas komponen PLTS mengacu pada kebutuhan energi harian beban (Haryanto *et al*., 2021; Karjadi, 2025). Kebutuhan energi listrik harian dihitung menggunakan persamaan (1) berikut.

$$E = P \times t \qquad (1)$$

Keterangan :
E : Kebutuhan energi harian (Wh)
P : Daya beban (W)
t : Lama pemakaian (jam)
Perangkat elektronik yang beroperasi sebagai beban harian terdiri dari lampu, *exhaust fan*, dan pompa air. Total kebutuhan energi harian dari ketiga perangkat tersebut sebesar 760 Wh.

c. Menentukan Kapasitas Panel

Cara untuk menentukan kapasitas panel surya dihitung menggunakan persamaan (2) berikut.

$$P_{cap}=(E +(E \times \text{Safety Factor}))/t \qquad (2)$$

Keterangan :
P_{cap} : Kapasitas Panel Surya (Wp)
E : Kebutuhan energi harian (Wh)
Safety Factor : Faktor Keamanan (25%)
t : Lama penyinaran efektif matahari (5 jam)

Berdasarkan persamaan di atas, kapasitas panel surya yang dibutuhkan minimal 190 Wp, sedangkan panel yang digunakan pada penelitian ini berjumlah satu unit dengan kapasitas 250 Wp.

d. Menentukan Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai yang sesuai untuk digunakan dapat dihitung menggunakan persamaan (3) berikut.

$$B_{cap} = (N \times E)/(Vs \times DOD) \quad (3)$$

Keterangan :
B_{cap} : Kapasitas Baterai (Ah)
N : *Days of Autonomy (1 hari)*
E : Kebutuhan energi harian (Wh)
Vs : Tegangan Baterai (V)
DOD : *Depth of Discharge* (80%)

Berdasarkan hasil perhitungan dengan Persamaan (3), kapasitas baterai yang dibutuhkan minimal 79 Ah. Namun, pada penelitian ini digunakan satu unit baterai bertegangan 12 V dengan kapasitas 100 Ah.

e. Menentukan Kapasitas SCC

Kapasitas *solar charge controller* yang akan digunakan ditentukan menggunakan persamaan (4) berikut.

$$I_{SCC} = I_{sc,PV} \times N_{PV} \quad (4)$$

Keterangan :
I_{SCC} : Kapasitas arus SCC (A)
$I_{sc,PV}$: Arus hubung singkat panel surya (A)
N_{PV} : Jumlah panel surya

Berdasarkan perhitungan di atas, SCC yang digunakan pada instalasi minimal berkapasitas 15 A, sedangkan SCC yang digunakan pada penelitian ini berkapasitas 20 A.

f. Menentukan Kapasitas Inverter

Penentuan kapasitas inverter yang aman digunakan dapat ditentukan dengan persamaan (5) berikut.

$$I_{cap} = E+(SF \times E) \quad (5)$$

Keterangan :
I_{cap} : Kapasitas inverter (W)
E : Kebutuhan energi harian (Wh)
SF : Safety Factor (25%)

Berdasarkan persamaan di atas, kapasitas inverter yang dibutuhkan dalam penelitian ini minimal sebesar 950 W, sehingga penggunaan inverter berkapasitas 1.000 W sudah mencukupi.

g. Perancangan Solar Tracking System

Mekanisme *solar tracker* dirancang menggunakan sistem satu sumbu (*single axis*) yang memungkinkan panel surya berotasi pada satu poros putar untuk mengikuti lintasan matahari dari timur ke barat. Sistem ini bertujuan untuk mengoptimalkan posisi panel surya sepanjang hari sehingga penerimaan radiasi matahari dapat dimaksimalkan, yang berdampak pada peningkatan kinerja dan efisiensi penyerapan energi surya. Perancangan sistem meliputi integrasi komponen elektronik berupa rangkaian timer yang terhubung dengan mikrokontroler sebagai pengendali utama, serta penggunaan aktuator linear DC sebagai penggerak mekanik yang terintegrasi dengan sumber daya sistem. Desain *bracket* panel surya ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain *Bracket Solar Tracker*.

h. Perancangan Data Logger

Data logger merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk memudahkan pemantauan data keluaran dari objek yang

diamati, yaitu panel surya. Sesuai dengan fungsi perancangannya, *data logger* menampilkan data melalui media web sekaligus menyimpan hasil perekaman dalam bentuk berkas CSV. Pembacaan data dilakukan dengan bantuan sensor PZEM-017 DC yang mampu mengukur tegangan dan arus, serta menghitung daya keluaran panel surya. Data keluaran panel ditampilkan secara *real-time* setiap satu menit. Sistem *data logger* diprogram untuk menampilkan dan menyimpan data pengukuran pada rentang waktu operasional pukul 06.00 hingga 18.00 WIB.

i. Intensitas Cahaya Matahari

Pengamatan intensitas cahaya matahari pada penelitian ini menggunakan alat *lux meter* yang berfungsi untuk mengukur tingkat pencahayaan suatu area dalam satuan lux. Pengambilan data intensitas cahaya matahari dilakukan setiap satu jam sekali dalam satu hari. Pengamatan dilakukan pada instalasi panel surya statis dan dinamis, masing-masing selama tiga hari, mulai pukul 06.00 WIB hingga 18.00 WIB. Data intensitas cahaya matahari yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan daya masuk panel surya dengan konversi sebesar 1 lux setara dengan 0,0079 W/m².

j. Daya Masuk dan Daya Keluar Panel dengan Pemasangan Statis dan Dinamis

Daya masuk panel surya diperoleh dari hasil perkalian antara intensitas cahaya matahari (W/m²) dan luas permukaan panel surya (m²). Besaran ini menunjukkan jumlah energi matahari yang diterima oleh panel. Sementara itu, daya keluaran panel surya ditentukan berdasarkan nilai arus dan tegangan listrik yang dihasilkan setelah proses konversi energi matahari menjadi energi listrik. Nilai daya masuk (Pin) dan daya keluaran (Pout) panel surya selanjutnya dihitung menggunakan Persamaan (6) dan (7).

$$P_{in} = I_{rad} \times A \quad (6)$$

Keterangan :
P_{in} : Daya Masuk (W)
I_{rad} : Intensitas Cahaya Matahari (W/m²)
A : Luas Penampang Panel (m²)

$$P_{out} = V_{panel} \times I_{panel} \quad (7)$$

Keterangan :
P_{out} : Daya Keluar (W)
V_{panel} : Tegangan Panel Surya (V)
I_{panel} : Arus Panel Surya (A)

k. Pengamatan Nilai Efisiensi Panel dengan Pemasangan Statis dan Dinamis

Nilai efisiensi panel perlu diketahui untuk meng identifikasi faktor-faktor yang memengaruhi daya keluaran yang dihasilkan. Efisiensi panel merupakan salah satu indikator utama dalam menilai performa panel surya dan keseluruhan sistem instalasi dalam menghasilkan energi listrik. Data efisiensi panel disesuaikan dengan pengambilan data daya yang dilakukan setiap satu jam sekali. Selanjutnya, nilai efisiensi panel dianalisis melalui perbandingan grafik antara pemasangan panel secara statis dan dinamis. Perhitungan efisiensi panel surya dilakukan menggunakan Persamaan (8).

$$\eta = P_{out}t/P_{in} \quad (8)$$

Keterangan:
η : Efisiensi panel (%)
P_{out} : Daya Keluar (W)
P_{in} : Daya Masuk (W)

l. Pengukuran Tegangan dan Arus Listrik Baterai

Pengukuran tegangan dan arus listrik baterai dilakukan pada panel surya dengan pemasangan statis dan dinamis. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai tegangan dan arus yang ditampilkan pada layar *solar charge controller*. Pengambilan data tegangan dan arus baterai dilakukan setiap satu jam sekali, mulai pukul 06.00 WIB hingga 18.00 WIB selama periode penelitian. Perbedaan nilai tegangan dan arus dipengaruhi oleh besarnya energi listrik yang dikonsumsi oleh beban instalasi serta daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Instalasi Panel Surya

Pembangkit listrik tenaga surya pada penelitian ini menggunakan panel surya *monocrystalline* berkapasitas 250 Wp dengan

luas permukaan 1,16 m² yang dipasang pada rangka besi berporos agar dapat bergerak mengikuti arah matahari. Panel surya dihubungkan ke *solar charge controller* (SCC) tipe MPPT melalui konektor MC-4 untuk mengoptimalkan konversi daya serta mengatur pengisian aki agar terhindar dari *overcharge* dan *overdischarge*. Energi listrik arus searah (DC) kemudian disimpan dalam aki dan dikonversi menjadi arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter untuk mengoperasikan beban penelitian, seperti *exhaust fan*, pompa, dan lampu.

Rancangan Solar Tracker

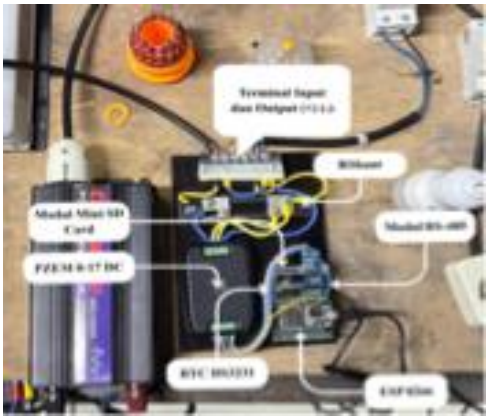
Pengembangan sistem pada penelitian ini difokuskan pada optimalisasi energi listrik panel surya melalui penerapan *solar tracker* satu sumbu (*single axis*) yang mengikuti pergerakan matahari. Sistem dirancang dengan empat sudut pergerakan, yaitu 30°, 60°, 120°, dan 150°, yang disesuaikan dengan waktu operasi harian. Struktur mekanik terdiri atas rangka panel berbahan besi siku berukuran 108 cm × 77 cm dan tiang penyangga besi tabung setinggi 122 cm. Pergerakan panel dikendalikan oleh aktuator linear DC yang terintegrasi dengan sistem kontrol berbasis ESP8266, timer digital DC 12 V, dan *relay*. Sistem diprogram menggunakan Arduino IDE dengan pengaturan sudut melalui *inclinometer* pada pukul 09.00, 12.00, 15.00, dan 18.00 WIB untuk menjaga posisi panel tetap optimal dalam menyerap radiasi matahari. Rancangan *solar tracker* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan *Solar Tracker*

Implementasi Data Logger

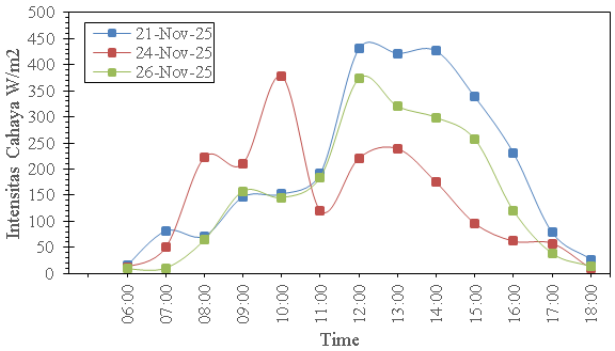
Pengembangan lanjutan pada penelitian ini dilakukan dengan menerapkan *data logger* untuk pemantauan panel surya secara *real-time* berbasis web menggunakan sensor PZEM-017 DC. Sistem *data logger* dirancang untuk merekam dan menyimpan data kelistrikan secara kontinu pada *micro SD card*. Kalibrasi sensor mengacu pada nilai yang ditampilkan oleh *Solar Charge Controller* (SCC). Data yang ditampilkan meliputi tegangan, arus, daya, serta akumulasi energi (Wh) yang dihitung secara internal oleh sensor. Pembacaan data dilakukan setiap menit dan disimpan otomatis pada pukul 06.00–18.00 WIB. Rangkaian sensor ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian *Data Logger*.

Intensitas Cahaya Matahari

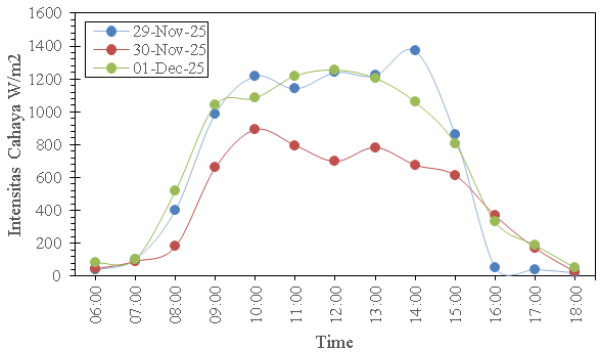
Intensitas cahaya matahari diukur menggunakan *lux meter* setiap satu jam sekali dari pukul 06.00 hingga 18.00 WIB dengan tiga kali pengulangan selama tiga hari. Pengukuran dilakukan pada kondisi panel statis dan dinamis dengan posisi alat ukur sejajar arah panel surya. Nilai lux yang diperoleh kemudian dikonversi menjadi iradiasi (W/m²).



Gambar 5. Data Intensitas Matahari (Statis)

Gambar 5 menunjukkan data intensitas cahaya matahari pada pengukuran statis. Intensitas rendah terjadi pada pagi dan sore hari karena sudut datang matahari belum optimal. Tanggal 21 November 2025 mencatat

intensitas tertinggi sebesar 431,02 W/m² pada pukul 12.00 WIB. Fluktuasi intensitas pada pukul 08.00–11.00 WIB dipengaruhi kondisi mendung dan hujan, sedangkan penurunan pada sore hari disebabkan curah hujan berkelanjutan. Pada tanggal 24 dan 26 November 2025, intensitas relatif lebih rendah akibat dominasi cuaca hujan, sehingga kinerja panel surya tidak optimal.

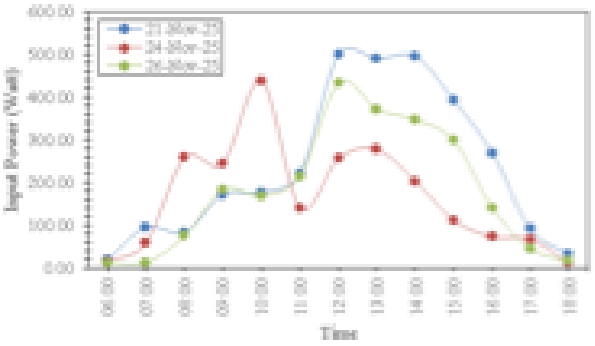


Gambar 6. Data Intensitas Matahari (Dinamis)

Gambar 6 menampilkan hasil pengukuran intensitas pada kondisi dinamis. Perbedaan pola dibandingkan pengukuran statis dipengaruhi penerapan *solar tracking system* yang meningkatkan sudut tangkap panel terhadap matahari. Pada tanggal 29 November 2025, intensitas tertinggi mencapai 1.369,86 W/m² pada pukul 14.00 WIB. Tanggal 30 November 2025 menunjukkan intensitas lebih rendah karena tutupan awan, sedangkan tanggal 1 Desember 2025 memperlihatkan intensitas lebih stabil akibat kondisi cuaca cerah. Penerapan *solar tracker* memungkinkan panel menerima radiasi matahari secara lebih maksimal.

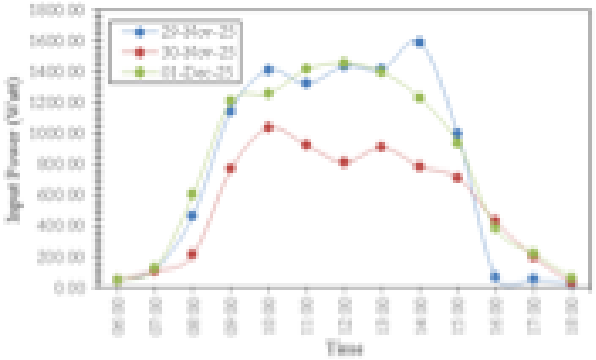
Daya Masuk dan Daya Keluar Panel Surya

Daya masuk panel surya dihitung dari hasil konversi intensitas cahaya matahari dengan mempertimbangkan luas permukaan panel. Perhitungan dilakukan setiap jam dari pukul 06.00 hingga 18.00 WIB selama tiga hari. Gambar 7 menunjukkan daya masuk panel dengan pemasangan statis. Daya masuk tertinggi tercatat pada 21 November 2025 sebesar 499,98 W pada saat fase puncak. Daya masuk cenderung rendah dan berfluktuasi akibat kondisi hujan dan tutupan awan. Pada tanggal 24 dan 26 November 2025, daya masuk lebih rendah karena cuaca mendung dan hujan berkepanjangan.



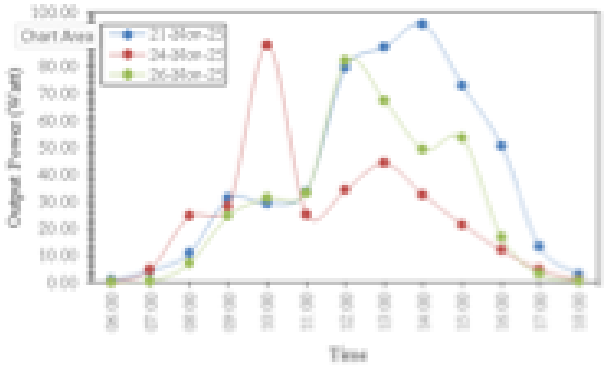
Gambar 7. Grafik Daya Masuk Panel (Statis)

Gambar 8 menunjukkan daya masuk panel pada pemasangan dinamis. Dengan penerapan *solar tracking system*, daya masuk meningkat signifikan. Daya tertinggi tercatat pada 29 November 2025 sebesar 1.589,04 W. Pada hari dengan tutupan awan, daya masuk mengalami fluktuasi, sedangkan pada kondisi cuaca cerah daya masuk relatif stabil. Daya keluar panel diperoleh dari *data logger* berupa tegangan dan arus yang direkam setiap menit, kemudian dirata-rata per jam.

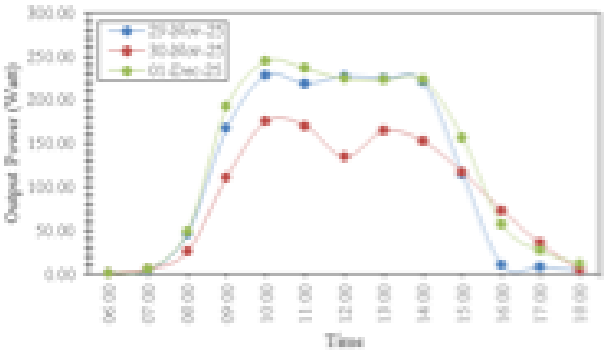


Gambar 8. Grafik Daya Masuk Panel (Dinamis)

Gambar 9 menunjukkan daya keluar panel statis yang relatif rendah dan berfluktuasi akibat cuaca hujan. Daya keluar tertinggi berkisar antara 81,69–95,23 W. Sebaliknya, Gambar 10 menunjukkan daya keluar panel dinamis yang lebih tinggi. Daya maksimum mencapai 244,75 W pada kondisi cuaca cerah. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan *solar tracker* berpotensi meningkatkan energi listrik yang dihasilkan panel. Namun, pengukuran statis dan dinamis dilakukan pada hari yang berbeda sehingga perbedaan kondisi cuaca turut memengaruhi hasil perbandingan.



Gambar 9. Grafik Daya Keluar Panel (Statis)

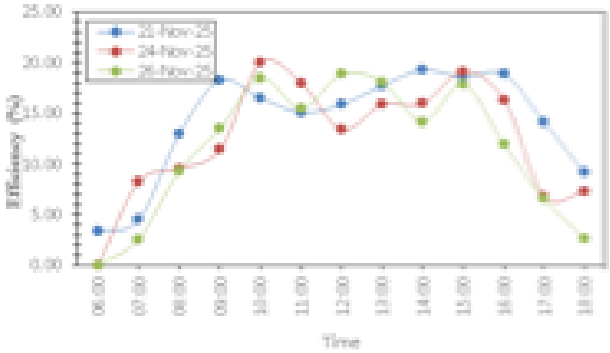


Gambar 10. Grafik Daya Keluar Panel (Dinamis)

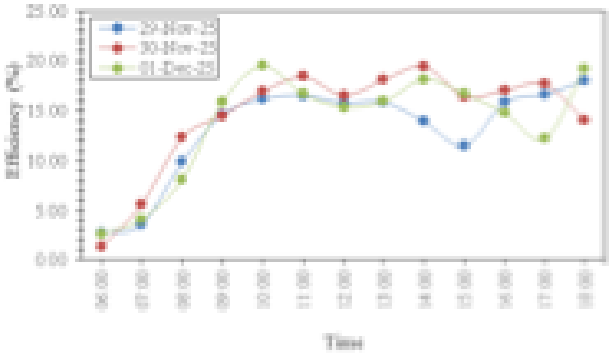
Efisiensi Panel Surya dengan Pemasangan Statis dan Dinamis

Efisiensi panel dihitung dari perbandingan daya keluar terhadap daya masuk. Panel yang digunakan bertipe *monocrystalline* dengan efisiensi nominal 20–21%. Gambar 11 menunjukkan efisiensi panel pada pemasangan statis dengan efisiensi maksimum berkisar antara 18,84–19,99%. Gambar 12 menunjukkan efisiensi panel dinamis dengan efisiensi maksimum mencapai 19,48%.

Nilai efisiensi sangat dipengaruhi intensitas radiasi dan suhu panel. Cuaca cerah dengan suhu tinggi tidak selalu menghasilkan efisiensi tinggi karena kenaikan temperatur panel dapat menurunkan tegangan dan efisiensi panel (Suwarti *et al*., 2018; Utami & Daud, 2020). Sebaliknya, kondisi hujan dengan suhu lingkungan rendah dapat menghasilkan efisiensi yang lebih baik. Oleh karena itu, perawatan dan pengendalian suhu panel penting untuk menjaga kinerja sistem.



Gambar 11. Data Efisiensi Panel (Statis)

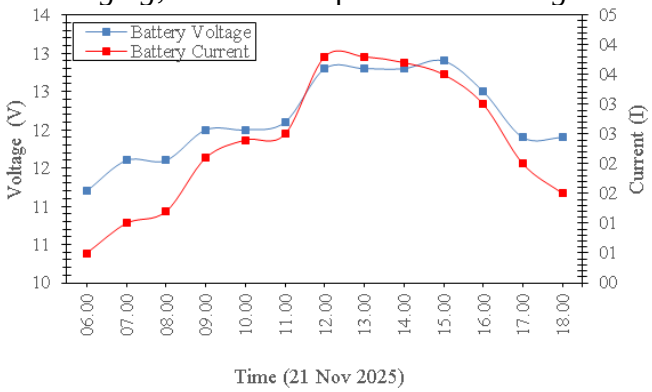


Gambar 12. Data Efisiensi Panel (Dinamis)

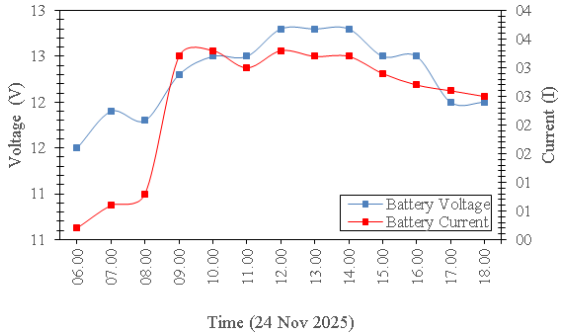
Kinerja Baterai dengan Instalasi Statis dan Dinamis

Pengukuran kinerja baterai dilakukan dengan memantau tegangan dan arus setiap jam dari pukul 06.00 hingga 18.00 WIB. Beban sistem sebesar 760 Wh terdiri atas *exhaust fan*, pompa, dan lampu.

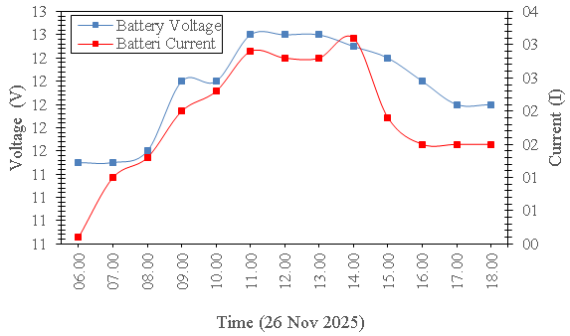
Pada pemasangan statis (Gambar 13–15), kinerja baterai menunjukkan fluktuasi akibat cuaca hujan. Tegangan baterai berkisar antara 11,2–12,8 V dan arus antara 0,1–3,8 A. SCC bekerja optimal dalam mengatur pengisian, mencegah *overcharge* dan *deep discharging*, serta menerapkan *load sharing*.



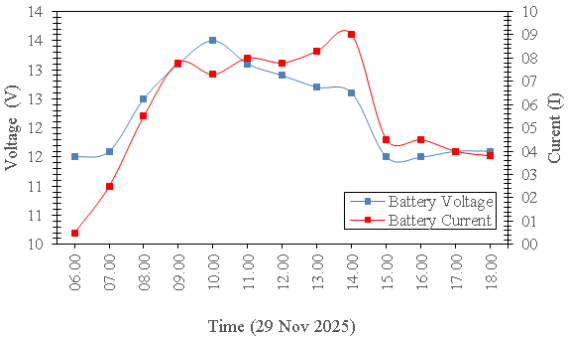
Gambar 13. Kinerja Baterai Statis 1



Gambar 14. Kinerja Baterai Statis 2

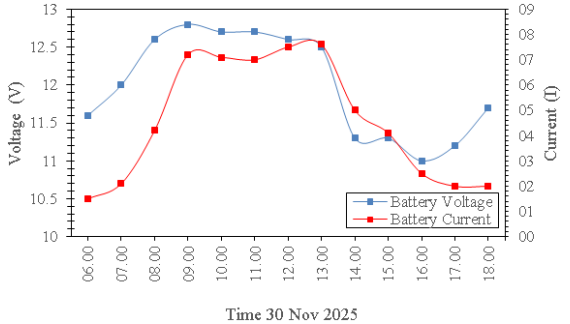


Gambar 15. Kinerja Baterai Statis 3.

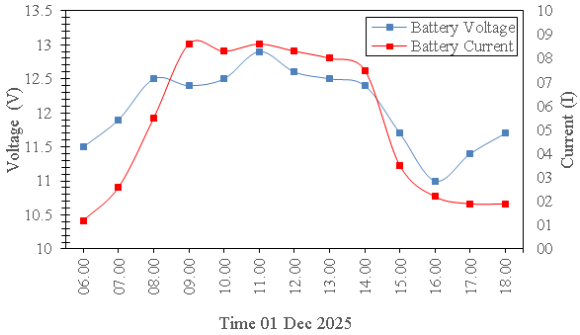


Gambar 16. Kinerja Baterai Dinamis 1.

Pada pemasangan dinamis (Gambar 16–18), pengisian baterai berlangsung lebih optimal. Tegangan berkisar antara 11–13,5 V dengan arus hingga 9 A pada kondisi cuaca cerah. Fase *bulk charging*, *load sharing*, dan *discharging* dapat teridentifikasi dengan jelas. Penerapan *solar tracking system* meningkatkan suplai energi sehingga sistem baterai bekerja lebih stabil dan efisien.



Gambar 17. Kinerja Baterai Dinamis 2.



Gambar 18. Kinerja Baterai Dinamis 3.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perancangan *solar tracker* satu sumbu (*single axis*) berbasis ESP8266 berhasil direalisasikan dan mampu menggerakkan panel surya mengikuti pergerakan matahari berdasarkan pengaturan waktu dan sudut yang telah ditentukan. Sistem pembangkit listrik tenaga surya dengan pemasangan statis maupun dinamis terbukti mampu menyediakan energi listrik untuk menyuplai beban instalasi *greenhouse* yang terdiri atas *exhaust fan*, pompa, dan lampu sesuai dengan waktu operasionalnya. Pada periode pengamatan, daya keluar maksimum panel dengan *solar tracker* mencapai 244,75 W, sedangkan daya keluar maksimum panel statis berkisar antara 81,69–95,23 W. Selain itu, sistem *data logger* yang dirancang berhasil melakukan pemantauan parameter kelistrikan panel surya secara *real-time*, meliputi tegangan, arus, dan daya keluaran, serta menyimpan data hasil pengukuran secara otomatis ke dalam *micro SD card*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, atas dukungan fasilitas laboratorium yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Dewi, R. K., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2024). Analisis pemanfaatan radiasi matahari pada panel surya sebagai sumber energi terbarukan. *Phydagogic: Jurnal Fisika dan Pembelajarannya*,

6(2), 105–108. https://doi.org/10.31605/phy.v6i2.3266

Fajaryanto, W., & Prayitno, A. (2017). Pengujian panel surya dinamik dan statik dengan melakukan perbandingan daya output. *Jom FTEKNIK*, *4*(2), 1–5.

Haryanto, T., Charles, H., & Pranoto, H. (2021). Perancangan energi terbarukan solar panel untuk essential load dengan sistem switch. *Jurnal Teknik Mesin*, *10*(1), 43–52. https://doi.org/10.22441/jtm.v10i1.4779

Karjadi, M. (2025). Optimalisasi efisiensi panel surya dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) skala rumah tangga. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, *7*(4), 3002–3010.

Marsela, A. (2020). Rancang bangun penggerak otomatis panel surya menggunakan sensor LDR berbasis Arduino Uno. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, *2*(2), 222–229.

Pramana, F. A. (2023). *Rancang bangun mini greenhouse dengan sumber listrik dari panel surya pada sistem hidroponik rakit apung* [Tugas Akhir Skripsi, Universitas Andalas]. http://scholar.unand.ac.id/207542/

Putra, G. F., Fajar, M., Nauwir, H., & Pangkung, A. (2025). Sistem data logger pembangkit listrik tenaga surya berbasis IoT menggunakan sensor PZEM-004T. *Sinergi*, *23*(1), 93–99. https://doi.org/10.31963/sinergi.v23i1.5515

Putri, S. W., Marausna, G., & Prasetiyo, E. E. (2022). Analisis pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap daya keluaran pada panel surya. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, *8*(1), 29–37. https://doi.org/10.56521/teknika.v8i1.442

Ramadhan, A. W. (2025). *Sistem PLTS dengan single axis solar tracker untuk suplai daya pada penerangan jalan umum (PJU) dilengkapi IoT* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta].

Rezkyanzah, J., Purba, L. P., & Putra, C. A. (2016). Perancangan solar tracker berbasis Arduino sebagai penunjang sistem kerja solar cell dalam penyerapan energi matahari. *SCAN: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, *11*(2), 55–60.

Saputra, E., Widyastuti, A., Riantiarna, R., & Kurniawati, W. (2024). Efektivitas panel surya sebagai cadangan pengganti energi listrik skala rumahan. *Jurnal Ilmu Teknik*, *1*(2), 256–260.

Suwarti, Wahyono, & Prasetiyo, B. (2018). Analisis pengaruh intensitas matahari, suhu permukaan dan sudut pengarah terhadap kinerja panel surya. *Eksergi*, *14*(3), 78–85. https://doi.org/10.32497/eksergi.v14i3.1373

Tamimi, S., Indrasari, W., & Iswanto, B. H. (2016). Optimasi sudut kemiringan panel surya pada prototipe sistem penjejak matahari aktif. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*, *5*, SNF2016-CIP-53–SNF2016-CIP-56.

Utami, S., & Daud, A. (2020). Pengaruh temperatur panel surya terhadap efisiensi panel surya. *Jurnal Teknik Konversi Energi*, *10*(1), 7–10.

Wahyu, D., Rosa, Y., Hanif, H., Andriyanto, A., & Hendra, H. (2023). Pengaruh sudut kemiringan dan orientasi solar cell terhadap luaran energi listrik sebagai kajian power charge station untuk kendaraan alat berat. *Rotasi*, *25*(1), 9–16.