Jurnal Teliska
Volume 19 No.3 November 2026
Doi: 10.36257/teliska.v19i3.12597

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA PANEL SURYA FIXED DAN SOLAR TRACKER BERBASIS WEB SEBAGAI DASAR PERANCANGAN SISTEM ENERGI GREENHOUSE PERSEMAIAN PADI

Jauharotul Maknunah[1]*, Rahajeng Kurnianingtyas[2], Faisal Yusuf Fadhillah[3], Juan Paris Silaen[4], Azis Al Fahrezi[5]
[1-5]Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu, Indonesia
*Email korespondensi: jauharotul@polindra.ac.id

Submitted: 4 September 2026 | **Accepted**: 1 November 2026 | **Published**: 11 November 2026

ABSTRAK
Pemanfaatan energi surya pada sistem greenhouse menjadi salah satu alternatif untuk menyediakan sumber energi listrik yang mandiri dan berkelanjutan. Kinerja panel fotovoltaik (PV) dipengaruhi oleh orientasi panel terhadap posisi matahari, sehingga penerapan solar tracker berpotensi meningkatkan energi yang dihasilkan dibandingkan panel dengan konfigurasi fixed. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja panel surya konfigurasi fixed dan solar tracker serta mengevaluasi daya yang dapat disalurkan kepada beban setelah melalui rangkaian buck converter. Penelitian menggunakan metode eksperimental komparatif dengan panel surya berkapasitas 150 Wp, pengukuran tegangan dan arus pada sisi panel dan beban, serta interval pengukuran 15 menit pada pukul 08.45–18.00 WIB. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata daya panel tracker sebesar 44,40 W, lebih tinggi dibandingkan panel fixed sebesar 32,98 W, dengan peningkatan sebesar 34,61%. Estimasi energi yang dihasilkan panel tracker mencapai 421,76 Wh, sedangkan panel fixed sebesar 313,32 Wh. Pada sisi beban, rata-rata daya yang diterima sistem tracker sebesar 37,06 W, sedangkan fixed sebesar 28,02 W, atau meningkat sebesar 32,29%. Penelitian juga menghasilkan SolarTracker App berbasis web yang digunakan untuk pencatatan, penyimpanan, dan visualisasi data hasil pengukuran. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konfigurasi solar tracker memiliki potensi lebih baik dalam meningkatkan pemanfaatan energi surya untuk mendukung kebutuhan energi pada greenhouse persemaian padi.
Kata kunci: Panel Fotovoltaik; Solar Tracker; Panel Fixed; Energi Surya; Monitoring Berbasis Web.

ABSTRACT
The utilization of solar energy in greenhouse systems is an alternative approach to providing an independent and sustainable electricity source. The performance of photovoltaic (PV) panels is influenced by their orientation relative to the sun's position; therefore, a solar tracker has the potential to increase energy generation compared with a fixed-panel configuration. This study aims to compare the performance of fixed and solar tracker PV configurations and evaluate the power delivered to the load after passing through a buck converter. A comparative experimental method was employed using a 150 Wp solar panel, with voltage and current measurements conducted on both the panel and load sides at 15-minute intervals from 08:45 to 18:00 WIB. The results show that the average power generated by the tracker was 44.40 W, higher than the 32.98 W generated by the fixed configuration, representing an increase of 34.61%. The estimated energy generated by the tracker reached 421.76 Wh, while the fixed configuration produced 313.32 Wh. On the load side, the average power delivered by the tracker was 37.06 W, compared with 28.02 W for the fixed configuration, representing an increase of 32.29%. This study also developed a web-based SolarTracker App for recording, storing, and visualizing measurement data. The results indicate that the solar tracker configuration has greater potential for improving solar energy utilization to support the energy requirements of a rice seedling greenhouse.
Keywords: *Photovoltaic Panel; Solar Tracker; Fixed Panel; Solar Energy; Web-Based Monitoring.*

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi terbarukan menjadi salah satu alternatif untuk mendukung kebutuhan energi pada sistem pertanian modern, termasuk penerapan teknologi greenhouse untuk kegiatan persemaian tanaman. Sistem greenhouse membutuhkan energi listrik untuk

mengoperasikan berbagai perangkat pendukung, seperti pompa, sistem pencahayaan, sensor, aktuator, dan perangkat kendali [1], [2]. Ketersediaan sumber energi yang mandiri dan efisien menjadi salah satu aspek penting dalam pengembangan greenhouse, terutama pada sistem yang dirancang untuk beroperasi secara berkelanjutan [3].

Panel fotovoltaik (PV) merupakan salah satu teknologi yang berpotensi digunakan sebagai sumber energi listrik pada greenhouse karena mampu mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Besarnya daya yang dihasilkan panel PV dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain intensitas radiasi matahari, temperatur, karakteristik panel, serta orientasi dan sudut datang radiasi terhadap permukaan panel. Pada konfigurasi fixed, orientasi panel ditentukan pada sudut tertentu dan tidak berubah selama pengoperasian [4]. Kondisi tersebut menyebabkan sudut antara permukaan panel dan arah datang radiasi matahari berubah sepanjang hari. Sebaliknya, sistem solar tracker memungkinkan orientasi panel berubah mengikuti pergerakan matahari sehingga penerimaan radiasi pada permukaan panel dapat dipertahankan lebih optimal [5].

Penerapan solar tracker berpotensi meningkatkan energi listrik yang diperoleh dibandingkan panel dengan konfigurasi fixed. Namun, peningkatan tersebut perlu dibuktikan melalui pengujian pada kondisi operasi yang sama agar pengaruh konfigurasi orientasi panel dapat dievaluasi secara objektif [6]. Selain itu, peningkatan daya pada sisi panel belum tentu seluruhnya dapat diterima oleh beban karena adanya proses konversi tegangan dan rugi-rugi pada rangkaian kelistrikan. Oleh karena itu, evaluasi kinerja perlu dilakukan tidak hanya pada keluaran panel, tetapi juga pada daya yang dapat disalurkan ke beban setelah melalui rangkaian konversi.

Dalam konteks perancangan sistem energi untuk greenhouse persemaian padi, penggunaan beban listrik representatif diperlukan untuk mengetahui kemampuan masing-masing konfigurasi PV dalam menyediakan energi bagi perangkat greenhouse. Pada penelitian ini digunakan lampu DC 12 V dengan daya sekitar 50 W sebagai beban representatif [7]. Keluaran panel dihubungkan dengan buck converter untuk menurunkan dan menstabilkan tegangan sehingga sesuai dengan tegangan kerja beban. Pengukuran dilakukan pada sisi panel dan sisi beban untuk memperoleh gambaran mengenai potensi daya yang dihasilkan serta energi yang berhasil disalurkan kepada beban [8].

Selain aspek pembangkitan energi, pengelolaan data hasil pengukuran menjadi bagian penting dalam evaluasi sistem PV. Pengukuran daya yang dilakukan secara berkala menghasilkan sejumlah besar data yang perlu disimpan, ditampilkan, dan dianalisis untuk memperoleh profil kinerja sistem sepanjang periode pengujian [9]. Pemanfaatan teknologi berbasis web dapat memberikan media untuk menyimpan data historis serta menyajikan informasi dalam bentuk tabel dan grafik sehingga perubahan daya antara sistem fixed dan tracker dapat diamati dengan lebih mudah. Pendekatan ini juga dapat menjadi tahap awal menuju penerapan sistem monitoring energi berbasis Internet of Things (IoT) pada pengembangan solar tracker greenhouse [3][10].

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi hasil pengujian eksperimental dengan aplikasi berbasis web untuk pencatatan, penyimpanan, pengolahan, dan visualisasi data pengukuran secara terstruktur. Pendekatan tersebut memungkinkan perbandingan kinerja kedua konfigurasi dilakukan berdasarkan profil daya, estimasi energi, serta daya yang diterima beban dalam satu rangkaian evaluasi. Penggunaan beban DC 12 V sebagai representasi kebutuhan energi greenhouse juga memberikan gambaran yang

lebih aplikatif mengenai potensi pemanfaatan solar tracker sebagai sumber energi pada sistem greenhouse persemaian padi. Integrasi evaluasi sisi pembangkitan, sisi beban, dan pengelolaan data berbasis web ini menjadi dasar pengembangan sistem monitoring energi berbasis IoT pada penelitian selanjutnya.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan kinerja panel surya dengan konfigurasi fixed dan solar tracker melalui pengukuran daya pada periode pagi hingga sore serta mengembangkan visualisasi data hasil pengukuran berbasis web. Analisis dilakukan dengan membandingkan daya dan estimasi energi yang dihasilkan oleh kedua konfigurasi, serta daya yang dapat disalurkan kepada beban setelah melalui rangkaian buck converter. Hasil perbandingan selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan potensi penggunaan solar tracker sebagai sumber energi pada sistem greenhouse persemaian padi. Data hasil pengujian yang disajikan melalui platform berbasis web diharapkan dapat mendukung proses evaluasi dan menjadi dasar pengembangan lebih lanjut menuju sistem solar tracker greenhouse berbasis IoT.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Panel fotovoltaik (PV) merupakan perangkat yang mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik. Besarnya daya keluaran PV dipengaruhi oleh intensitas radiasi, temperatur, karakteristik panel, serta orientasi panel terhadap arah datangnya matahari. Pada konfigurasi fixed, panel dipasang pada posisi dan sudut tertentu sehingga orientasinya tidak berubah selama pengujian [11]. Sementara itu, solar tracker memungkinkan orientasi panel mengikuti perubahan posisi matahari sehingga penerimaan radiasi pada permukaan panel dapat lebih optimal. Perbedaan orientasi tersebut menjadi dasar untuk membandingkan kinerja kedua konfigurasi dalam menghasilkan energi listrik.

Daya listrik yang dihasilkan panel PV dapat ditentukan dari hasil pengukuran tegangan dan arus menggunakan Persamaan:

$$P = P\ x\ I \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.1)$$

dengan P adalah daya listrik (W), V adalah tegangan (V), dan I adalah arus (A). Pengukuran daya dilakukan secara berkala untuk memperoleh profil perubahan keluaran panel terhadap waktu. Selanjutnya, energi listrik selama periode pengujian dapat diperoleh dengan mengakumulasikan daya pada setiap interval pengukuran menggunakan Persamaan [12]:

$$E = \sum_{i=1}^{n} P_i\ \Delta t \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.2)$$

dengan E adalah energi listrik (Wh), P_i adalah daya pada pengukuran ke-i (W), dan Δt adalah interval waktu pengukuran (jam). Pada penelitian ini, interval pengukuran sebesar 15 menit atau 0,25 jam digunakan untuk menghitung estimasi energi yang dihasilkan selama periode pengujian.

Perbandingan kinerja fixed dan solar tracker dapat dinilai berdasarkan perbedaan daya dan energi yang dihasilkan. Besarnya peningkatan kinerja tracker terhadap fixed dapat dihitung menggunakan Persamaan:

$$G = \frac{X_{tracker} - X_{fix}}{X_{fix}}\ x\ 100\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.3)$$

DOI : 10.36257/teliska.v19i3.12597
Jurnal Teliska, Vol.19 No. 3, Tahun 2026

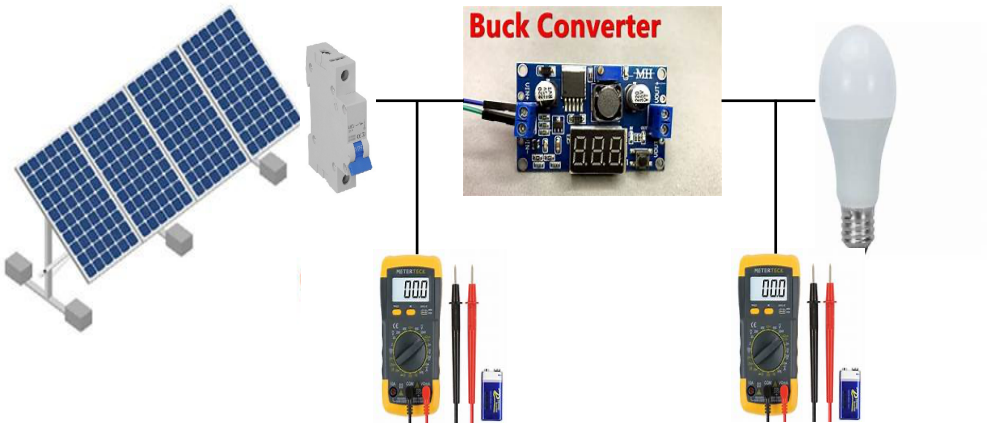
dengan G merupakan persentase peningkatan dan X dapat berupa daya rata-rata maupun energi selama periode pengujian.

Teknologi *web-based monitoring* digunakan untuk mendukung pengelolaan dan visualisasi data hasil pengukuran. Data daya dan energi dari sistem fixed dan tracker dapat disimpan sebagai data historis serta ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik berdasarkan waktu pengukuran. Visualisasi tersebut memudahkan identifikasi perbedaan profil daya dan evaluasi kinerja kedua konfigurasi. Dalam penelitian ini, sistem web berperan sebagai media pengolahan dan visualisasi data eksperimen serta menjadi tahap awal pengembangan menuju sistem solar tracker greenhouse berbasis IoT, yang pada penelitian berikutnya dapat dikembangkan untuk akuisisi dan monitoring data secara real-time [13].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental komparatif untuk menganalisis perbedaan kinerja panel surya dengan konfigurasi fixed dan solar tracker. Kedua sistem menggunakan panel surya dengan spesifikasi yang sama sehingga perbedaan hasil pengukuran dapat dikaitkan dengan konfigurasi orientasi panel terhadap posisi matahari. Hasil pengujian selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan karakteristik keluaran energi yang diperlukan untuk perancangan sistem energi pada greenhouse persemaian padi. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem pengujian, pemasangan panel fixed dan solar tracker, pengukuran parameter listrik, pencatatan data melalui aplikasi berbasis web, pengolahan data, analisis perbandingan kinerja, serta evaluasi kesesuaian hasil terhadap kebutuhan energi greenhouse.

Sistem pengujian terdiri atas satu konfigurasi panel surya denga pesifikasi 150 Wp, 12 V. Penggunaan panel antara fix dan tracker secara bergantian dalam interval waktu yang sama yakni setiap 15 menit, seperti yang ditunjukkan melalui Gambar 1.



Gambar 1. Skema pengambilan data perbandingan potensi energi matahari

Pengambilan data dilakukan menggunakan satu panel surya dengan kapasitas 150 Wp yang diuji dalam dua konfigurasi, yaitu fixed dan solar tracker. Pengukuran dilakukan setiap interval 15 menit pada

rentang waktu pengamatan yang telah ditentukan. Pada konfigurasi fixed, panel surya diletakkan menghadap ke atas dengan orientasi tetap. Pada setiap waktu pengukuran, parameter kelistrikan panel dicatat sebagai data pembanding untuk konfigurasi fixed.

Setelah pengukuran pada konfigurasi fixed selesai dilakukan, panel surya yang sama diarahkan menuju posisi matahari untuk memperoleh data pada konfigurasi solar tracker. Penentuan arah panel dilakukan menggunakan sebuah stik yang dipasang tegak lurus terhadap permukaan panel surya. Posisi panel disesuaikan hingga bayangan stik tidak terlihat pada permukaan panel, baik pada sisi kanan dan kiri maupun pada sisi depan dan belakang stik. Kondisi tersebut digunakan sebagai indikator bahwa arah datang sinar matahari telah tegak lurus terhadap permukaan panel. Setelah posisi panel disesuaikan, parameter kelistrikan diukur dan dicatat sesuai dengan waktu pengamatan.

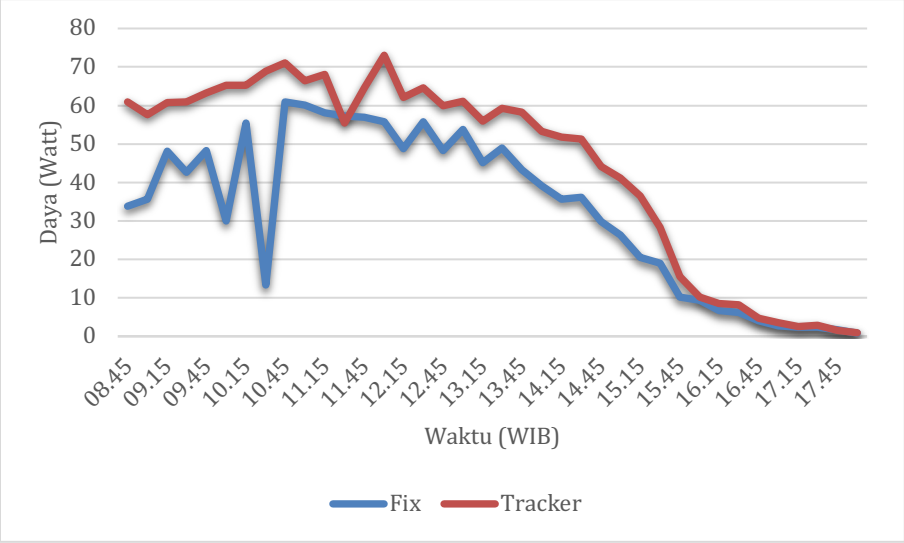
Dengan konfigurasi tersebut, pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan orientasi panel terhadap daya listrik yang dihasilkan. Keluaran panel dilewatkan melalui MCB DC sebagai perangkat proteksi dan pemutus rangkaian. Tegangan dan arus panel diukur pada sisi keluaran panel sebelum buck converter sehingga nilai daya yang diperoleh merepresentasikan keluaran listrik panel. Selanjutnya, tegangan keluaran dikondisikan menggunakan buck converter menjadi sekitar 12 V untuk menyuplai beban lampu DC. Pengukuran tegangan dan arus juga dilakukan pada sisi beban untuk mengetahui daya listrik yang benar-benar diterima oleh beban. Beban yang digunakan berupa lampu DC 12 V dengan daya sekitar 50 W sebagai representasi beban listrik yang dapat digunakan pada sistem greenhouse [2] yang merupakan hasil penelitian sebelumnya.

Pengujian dilakukan menggunakan satu panel surya berkapasitas 150 Wp yang diuji dalam dua konfigurasi, yaitu fixed dan solar tracker, secara bergantian. Pada konfigurasi fixed, panel ditempatkan pada orientasi yang ditetapkan dan dipertahankan selama pengujian. Pada konfigurasi tracker, orientasi panel disesuaikan mengikuti posisi matahari sesuai mekanisme tracking yang digunakan. Pengukuran tegangan dan arus dilakukan pada sisi keluaran panel dan sisi beban dengan interval pencatatan 15 menit. Setiap pengukuran dicatat berdasarkan waktu pengambilan data. Karena pengujian kedua konfigurasi dilakukan secara bergantian, perubahan kondisi irradiance dan cuaca selama pengujian menjadi faktor yang dapat memengaruhi hasil perbandingan. Oleh karena itu, hasil penelitian diinterpretasikan sebagai perbandingan kinerja pada kondisi pengujian yang diamati, bukan sebagai pengukuran dengan kondisi lingkungan yang sepenuhnya identik.

Data yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam aplikasi SolarTracker App berbasis web yang dikembangkan untuk mendukung proses pencatatan, penyimpanan, pengelolaan, dan visualisasi data pengujian. Aplikasi tersebut menyediakan bagian pencatatan data untuk sistem fixed dan tracker serta fasilitas penyajian data dalam bentuk tabel dan grafik. Pada sistem tracker, data posisi panel seperti azimuth dan elevasi juga dapat dicatat bersama dengan parameter listrik. Dalam penelitian ini, aplikasi berbasis web berfungsi sebagai media pengelolaan dan visualisasi data, sedangkan proses pengukuran parameter masih dilakukan secara manual. Antarmuka website dirancang dengan prinsip sederhana dan mudah digunakan agar proses input data hasil pengukuran dapat dilakukan secara cepat. Struktur antarmuka dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu halaman dashboard, halaman input data fixed, halaman input data tracker, halaman history, halaman grafik, dan fasilitas pengunduhan data.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan terhadap dua konfigurasi panel surya dengan kapasitas yang sama, yaitu panel fixed dan panel solar tracker. Pengukuran dilakukan setiap 15 menit mulai pukul 08.45 sampai 18.00 WIB. Parameter yang diamati meliputi daya keluaran panel dan daya yang diterima oleh beban setelah melewati buck converter. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa keluaran kedua sistem mengalami perubahan terhadap waktu. Pada pagi hari, daya panel masih relatif rendah dan meningkat seiring meningkatnya penerimaan radiasi matahari. Daya kemudian mencapai nilai maksimum pada sekitar pertengahan hari dan mengalami penurunan pada sore hari.



Gambar 2. Grafik perbandingan daya panel skema fix dan tracker

Data hasil pengukuran menunjukkan adanya perbedaan karakteristik daya keluaran antara kedua konfigurasi panel. Berdasarkan data pengukuran, panel tracker secara umum menghasilkan daya yang lebih tinggi dibandingkan panel fixed. Hal tersebut terlihat dari profil daya yang menunjukkan bahwa kurva panel tracker berada di atas kurva panel fixed pada sebagian besar periode pengujian. Kondisi ini menunjukkan bahwa perubahan orientasi panel mengikuti posisi matahari mampu meningkatkan penerimaan radiasi matahari sehingga menghasilkan keluaran daya listrik yang lebih besar.

Pada awal pengukuran pukul 08.45, panel fixed menghasilkan daya sebesar 33,891 W, sedangkan panel tracker menghasilkan 60,8682 W. Dengan demikian, tracker menghasilkan daya sekitar 79,35% lebih tinggi dibandingkan panel fixed pada waktu tersebut. Pada pukul 09.00, daya panel tracker masih lebih tinggi, yaitu 57,5792 W, dibandingkan panel fixed sebesar 35,6088 W. Perbedaan performansi semakin terlihat pada periode menjelang siang. Pada pukul 10.30, misalnya, panel fixed hanya menghasilkan 13,362 W, sedangkan panel tracker menghasilkan 68,8275 W. Perbedaan yang cukup besar tersebut menunjukkan bahwa pada waktu tersebut orientasi panel fixed kurang optimal terhadap arah datangnya radiasi matahari, sementara panel tracker mampu mempertahankan orientasi panel yang lebih sesuai [14].

Daya maksimum panel fixed selama pengukuran tercatat sebesar 60,9168 W pada pukul 10.45, sedangkan panel tracker mencapai daya maksimum sebesar 73,051 W pada pukul 12.00. Dengan demikian, daya maksimum yang diperoleh panel tracker lebih tinggi sekitar 19,93% dibandingkan daya maksimum panel fixed. Menjelang sore hari, kedua panel mengalami penurunan daya secara bertahap. Penurunan tersebut berkaitan dengan berkurangnya intensitas radiasi matahari dan semakin rendahnya posisi matahari terhadap lokasi pengujian. Meskipun demikian, panel tracker masih menghasilkan daya yang lebih tinggi daripada panel fixed pada sebagian besar periode sore. Sebagai contoh, pada pukul 15.15 panel fixed menghasilkan 20,5325 W, sedangkan tracker menghasilkan 36,456 W.

Namun, terdapat beberapa waktu ketika daya panel tracker lebih rendah daripada panel fixed. Kondisi tersebut terjadi antara lain pada pukul 11.30, 12.15, 17.45, dan beberapa titik pengukuran lainnya. Fenomena ini menunjukkan bahwa sistem tracker tidak selalu menghasilkan daya yang lebih tinggi pada setiap titik waktu. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh perubahan intensitas radiasi, respons mekanisme tracker, ketepatan orientasi panel, kondisi awan, maupun faktor lingkungan lainnya. Secara keseluruhan, rata-rata daya yang dihasilkan selama periode pengujian adalah sekitar 32,98 W pada panel fixed dan 44,40 W pada panel tracker. Dengan demikian, rata-rata daya panel tracker lebih tinggi sekitar 34,61% dibandingkan panel fixed jika dibandingkan berdasarkan akumulasi daya seluruh titik pengukuran. Perhitungan berdasarkan persamaan 2.3.

Dari grafik pengukuran daya beban (Watt) baik yang *tracker* maupun *fix*, dilakukan perhitungan energi dengan interval waktu 15 menit (0,25 h), dengan mengalikan setiap data daya dengan waktu (Wh), lalu dijumlahkan seluruh datanya. Sehingga besaran energi yang dihasilkan selama periode pengujian diperoleh sekitar:

Panel fixed = 313,32 Wh

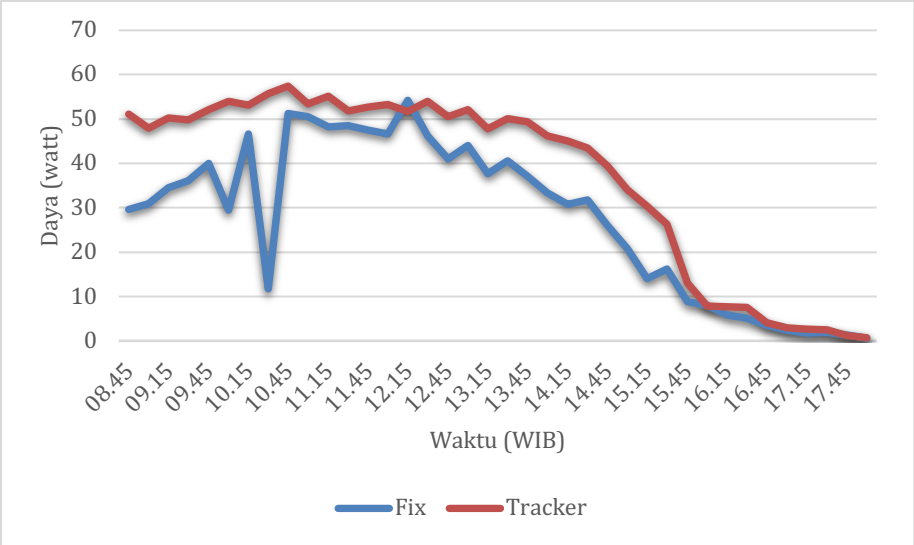
Panel tracker = 421,76 Wh

Dengan demikian, terdapat tambahan energi sekitar:

421,76-313,32 = 108,44 Wh

atau sekitar 34,61% lebih tinggi pada sistem tracker dibandingkan sistem fixed.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan mekanisme tracker memberikan peningkatan potensi energi listrik yang cukup signifikan pada periode pengujian. Peningkatan tersebut terutama terlihat pada periode pagi hingga menjelang sore ketika posisi matahari mengalami perubahan sudut yang cukup besar terhadap panel fixed.



Gambar 3. Grafik perbandingan daya beban skema fix dan tracker

Selain mengukur daya yang dihasilkan pada sisi panel, dilakukan pula pengukuran daya pada sisi beban berupa lampu DC 12 V. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui besarnya daya yang dapat disalurkan oleh masing-masing sistem kepada beban setelah melewati rangkaian konversi tegangan. Berdasarkan hasil pengukuran, daya beban pada sistem tracker secara umum lebih tinggi dibandingkan sistem fixed. Pola tersebut mengikuti kecenderungan daya pada sisi panel, meskipun terdapat perbedaan akibat proses konversi energi pada rangkaian DC-DC buck converter.

Pada pukul 08.45, daya beban pada sistem fixed tercatat sebesar 29,5724 W, sedangkan sistem tracker menghasilkan 51,051 W. Dengan demikian, daya beban tracker lebih tinggi sekitar 72,62% dibandingkan sistem fixed. Pada pukul 10.30, perbedaan semakin besar, yaitu 11,687 W pada sistem fixed dan 55,7194 W pada sistem tracker. Daya beban maksimum pada sistem fixed tercatat sebesar 54,225 W pada pukul 12.15, sedangkan sistem tracker mencapai daya beban maksimum sebesar 57,424 W pada pukul 10.45. Dengan demikian, meskipun daya maksimum panel tracker mencapai 73,051 W, daya maksimum yang diterima beban tercatat sebesar 57,424 W. Perbedaan tersebut menunjukkan adanya rugi-rugi daya pada rangkaian antara panel dan beban, termasuk proses konversi tegangan oleh buck converter dan karakteristik beban. Pada beberapa waktu tertentu, daya beban tracker juga lebih rendah daripada fixed. Contohnya pada pukul 12.15, sistem fixed menghasilkan 54,225 W, sedangkan tracker menghasilkan 51,6372 W. Kondisi tersebut sejalan dengan data daya panel pada waktu yang sama, yaitu tracker menghasilkan 62,055 W dan fixed 48,7838 W, sehingga terdapat pengaruh karakteristik rangkaian konversi dan beban terhadap daya yang sampai ke lampu.

Secara keseluruhan, rata-rata daya beban selama pengujian adalah sekitar 28,02 W untuk sistem fixed dan 37,06 W untuk sistem tracker. Dengan demikian, rata-rata daya beban yang dihasilkan sistem tracker lebih tinggi sekitar:

$$(37{,}06\text{-}28{,}02) / 28{,}02 \times 100\% \approx 32{,}29\%$$

Perhitungan tersebut berdasarkan persamaan 2.3.

Selain itu, apabila data daya beban diintegrasikan menggunakan interval pengukuran 15 menit, diperoleh estimasi energi yang disalurkan ke beban sebesar:

Fixed = 266,16 Wh

Tracker = 352,10 Wh

Selisih energi yang diterima beban adalah:

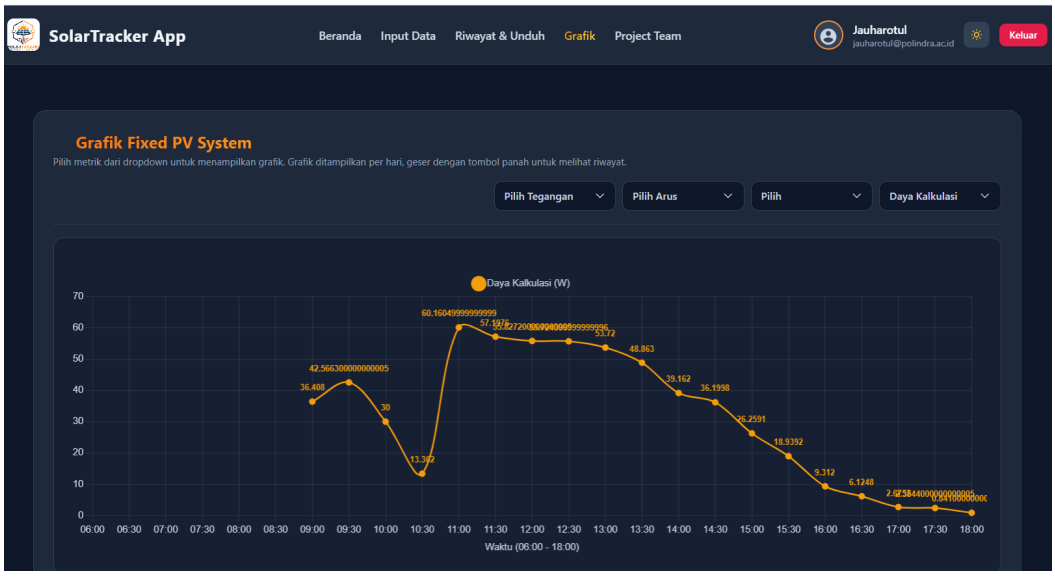
352,10-266,16=85,94 Wh

atau sekitar 32,29% lebih tinggi pada sistem tracker.

Selain pengujian perangkat keras, penelitian menghasilkan implementasi aplikasi berbasis web yang digunakan untuk mendukung proses pencatatan dan visualisasi data pengukuran. Website SolarTracker App digunakan sebagai media pengelolaan data hasil pengujian panel fixed dan solar tracker. Website dirancang dengan dua kelompok utama data, yaitu Fixed dan Tracker. Masing-masing bagian menyediakan formulir untuk memasukkan data hasil pengukuran. Pada bagian tracker, data posisi panel seperti azimuth dan elevasi dapat dicatat sebagai informasi tambahan.

Fitur utama website seperti yang ditunjukkan melalui Gambar 4, meliputi:

1. Input Data Fixed, untuk memasukkan data pengukuran panel fixed.
2. Input Data Tracker, untuk memasukkan data panel solar tracker.
3. Perhitungan daya, berdasarkan data tegangan dan arus.
4. History Data, untuk menyimpan dan melihat data pengukuran sebelumnya.
5. Grafik, untuk menampilkan perubahan parameter terhadap waktu.
6. Filter data, untuk memilih data berdasarkan tanggal/periode tertentu.
7. Download data, untuk mengambil data yang telah tersimpan untuk analisis lebih lanjut.
8. Data posisi tracker, berupa informasi azimuth dan elevasi.
9. Visualisasi data, untuk membantu melihat pola perubahan daya dan parameter pengukuran.



Gambar 4. Tampilan grafik pada website

Fitur grafik merupakan salah satu komponen penting dalam website karena data pengukuran panel surya memiliki karakteristik yang berubah terhadap waktu. Visualisasi grafik mempermudah identifikasi waktu ketika daya mencapai nilai maksimum, periode penurunan daya, serta titik ketika tracker menghasilkan daya lebih tinggi atau lebih rendah dibandingkan fixed. Dengan adanya visualisasi tersebut, proses analisis tidak hanya bergantung pada tabel numerik, tetapi juga dapat dilakukan berdasarkan pola perubahan data. Dengan demikian, kontribusi website dalam penelitian ini berada pada aspek pengelolaan dan visualisasi data eksperimen. Sistem belum melakukan pengambilan data secara otomatis dari sensor, sehingga belum dikategorikan sebagai sistem IoT secara penuh. Namun, arsitektur website dapat menjadi dasar pengembangan berikutnya dengan mengintegrasikan mikrokontroler, sensor tegangan dan arus, serta komunikasi internet sehingga proses akuisisi data dapat dilakukan secara real-time.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan solar tracker mampu meningkatkan kinerja pembangkitan energi panel surya dibandingkan konfigurasi fixed. Selama periode pengujian pukul 08.45–18.00 WIB, panel solar tracker menghasilkan rata-rata daya sebesar 44,40 W, sedangkan panel fixed menghasilkan rata-rata daya sebesar 32,98 W, sehingga terjadi peningkatan rata-rata daya sekitar 34,61%. Berdasarkan estimasi energi dengan interval pengukuran 15 menit, energi yang dihasilkan panel tracker mencapai 421,76 Wh, sedangkan panel fixed sebesar 313,32 Wh, atau terdapat tambahan energi sebesar 108,44 Wh (34,61%) pada konfigurasi tracker.

Peningkatan kinerja tersebut juga terlihat pada daya yang berhasil disalurkan kepada beban lampu DC 12 V. Rata-rata daya beban pada sistem tracker mencapai 37,06 W, sedangkan sistem fixed sebesar 28,02 W, sehingga tracker memberikan peningkatan sekitar 32,29%. Estimasi energi yang diterima beban masing-masing sebesar 352,10 Wh untuk tracker dan 266,16 Wh untuk fixed. Perbedaan antara daya yang dihasilkan panel dan daya yang diterima beban menunjukkan adanya rugi-rugi pada rangkaian kelistrikan dan proses konversi tegangan menggunakan buck converter. Meskipun demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa konfigurasi tracker secara umum mampu menghasilkan dan menyalurkan energi lebih besar dibandingkan konfigurasi fixed.

Selain aspek pembangkitan energi, SolarTracker App berbasis web telah berhasil digunakan untuk mendukung proses pencatatan, penyimpanan, pengelolaan, dan visualisasi data hasil pengukuran. Fitur tabel, grafik, history, filter, dan download data mempermudah proses evaluasi perubahan daya terhadap waktu. Sistem ini masih menggunakan proses pengukuran dan input data secara manual sehingga belum dapat dikategorikan sebagai sistem IoT secara penuh. Namun, platform yang telah dikembangkan dapat menjadi dasar untuk pengembangan sistem monitoring energi secara otomatis dan real-time melalui integrasi sensor tegangan dan arus, mikrokontroler, serta komunikasi internet. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa solar tracker memiliki potensi yang lebih baik dibandingkan panel fixed sebagai sumber energi pada sistem greenhouse persemaian padi, terutama dalam meningkatkan potensi energi yang dapat diperoleh selama periode penyinaran matahari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Indramayu serta Kementrian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi yang telah memberikan hibah penelitian melalui skema hibah Penelitian Dosen Pemula – BIMA anggaran tahun 2026.

DAFTAR PUSTAKA

[1] L. Mohammad, Suyanto, M. K. Asy'ari, A. Husna, and S. Pakpahan, "Pengembangan Sistem Hidroponik Otomatis-Modern Berbasis Panel Surya dan Baterai," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 10, no. 1, pp. 77–84, 2021.

[2] J. Maknunah, R. Kurnianingtyas, S. Ilman, and N. F. Kusuma, "Profil Energi Harian pada Smart Monitoring Greenhouse untuk Persemaian Padi Hidroponik," *J. Teknol. Terap.*, vol. 12, no. 1, pp. 28–37, 2026, doi: 10.31884/jtt.v12i1.1212.

[3] Z. Muslimin *et al.*, "Pemanfaatan Solar Cell pada Sistem Pertanian Hidroponik Cerdas di Samata Green House Group Indonesia , Kabupaten Gowa," *Tepat Teknol. Terap. Untuk Pengabdi. Masy.*, vol. 7, no. 2, pp. 233–244, 2024.

[4] M. N. Hanif, M. Zaenudin, and Y. K. P. Saleh, "Analisis Sistem Solar Tracker Terhadap Daya Yang Dihasilkan Untuk Irigasi Hidroponik Tenaga Panel," *J. CRANKSHAFT*, vol. 6, no. 2, pp. 21–36, 2023.

[5] M. B. Ulum, I. Widiastuti, and D. S. Wijayanto, "Analisis Performansi Solar Tracker Sistem Berbasis Logika Fuzzy Sebagai Optimalisasi Daya Yang Dihasilkan Panel Surya," *J. Pendidik. Tek. Mesin*.

[6] Z. Syahtuta and M. Haryanti, "Rancang bangun solar tracker dual axis berbasis iot (internet of thing) 1," 2020.

[7] J. Maknunah and R. Kurnianingtyas, "IoT-Integrated Monitoring System for Environmental Parameters in a Rice Seedling Greenhouse Using ESP32," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 26, no. 2, pp. 167–174, 2026.

[8] I. Daradjatun, E. Kurniawan, and U. Sunarya, "Rancang Bangun Sistem Pelacakan Modul Surya Single- Axis dengan Catu Daya Hibrida (Modul Surya dan Pln) Untuk Tanaman Hidroponik," in *e-Proceeding of Engineering*, 2025, pp. 7440–7443.

[9] A. A. Hidayah and Amperawan, "Monitoring Arus Dan Tegangan Penerangan Lampu Jalan Berbasis Internet Of Things," *J. TELISKA*, vol. 18, no. I, pp. 48–54, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15052833.

[10] K. W. Fauzi, T. Arfianto, and N. Taryana, "Perancangan dan Realisasi Solar Tracking System untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya Menggunakan Arduino Uno," *TELKA J. Telekomun. Elektron. Komputasi, dan Kontrol*, vol. 4, no. 64–75, 2018.

[11] R. A. Nanda, Karyadi, and F. M. Dewadi, "Pengukuran Intensitas Cahaya Menggunakan Sensor BH-1750 Berbasis Mikrokontroler : Studi Kawasan Kampus UBP Karawang," *Prax. J. Sains, Teknol. Masy. dan Jejaring*, vol. 5, no. 1, pp. 74–81, 2022.

[12] D. Setiawan, H. Eteruddin, and L. Siswati, "Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Tanaman Hidroponik," *J. Tek.*, vol. 14, no. 2 (Oktober), pp. 208–215, 2020.

[13] P. Gunoto, A. Rahmadi, and E. Susanti, "Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel Surya Berbasis Internet Of Things," *Sigma Tek.*, vol. 5, no. 2, pp. 285–294, 2022.