

Design a Smart Solar Tracker to Increase Energy Output Power Generated in Solar Home System

Rancang Bangun Smart Solar Tracker untuk Meningkatkan Daya Output Energi yang Dihasilkan pada Solar Home System

Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra^{1*}, Mochammad Tendi Noer Ramadhan¹, Azzahra Maulida¹,
Budi Santoso¹, Ismail Basri¹

Abstract

This research proposes the use of a smart solar tracker to enhance the power generated by solar panels. The smart solar tracker is designed by integrating IoT technology and applied to a Solar Home System. This device not only optimizes the tilt angle of solar panels automatically but also enables remote monitoring of solar panel performance through IoT. Parameters such as panel angle, voltage, and current are measured. Test results indicate that installing the smart solar tracker increases the power output of solar panels compared to panels without the smart solar tracker. For instance, at 11:00 AM, solar panels with the smart solar tracker generated 9.85W of power with a panel angle of 70 degrees, whereas solar panels without the smart solar tracker only produced 8.9W of power with a panel angle of 35 degrees.

Keywords

smart solar tracker, IoT, Solar Home System

Abstrak

Penelitian ini mengusulkan penggunaan smart solar tracker untuk meningkatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Smart solar tracker dirancang dengan mengintegrasikan teknologi IoT dan diterapkan pada Solar Home System. Alat ini tidak hanya mengoptimalkan sudut kemiringan panel surya secara otomatis, tetapi juga memungkinkan pemantauan jarak jauh terhadap kinerja panel surya melalui IoT. Pengukuran parameter seperti sudut panel, tegangan, dan arus dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemasangan smart solar tracker meningkatkan daya output panel surya dibandingkan dengan panel surya tanpa smart solar tracker. Misalnya, pada pukul 11.00 WIB, panel surya dengan smart solar tracker menghasilkan daya sebesar 9.85W dengan sudut panel 70 derajat, sementara panel surya tanpa smart solar tracker hanya menghasilkan daya sebesar 8.9W dengan sudut panel 35 derajat.

Kata Kunci

smart solar tracker, IoT, Solar Home System

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

* yulimafendro@mesin.pnj.ac.id

Submitted : November 14, 2023. Accepted : March 04, 2024. Published : March 23, 2024.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang berada pada garis khatulistiwa, sehingga menjadi negara dengan titik perolehan sinar matahari yang cukup besar yaitu sebesar 4,8-6,0 kWh/m² setiap tahunnya dengan potensi energinya mencapai 207.898 MW, untuk saat ini masih sebesar 78,5 MW. Alasan ini membuat penggunaan panel surya sangat memungkinkan untuk digunakan di Indonesia [1]. Pemasangan panel surya sudah mulai masif dikembangkan dan diterapkan. Akan tetapi terdapat permasalahan yang masih cukup mempengaruhi efektivitas panel surya, yaitu daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya masih belum mencapai titik maksimum, hal ini sangat dipengaruhi dari pemasangan panel surya yang keadaannya statis atau diam. Hal ini menyebabkan penyerapan energi atau besar intensitas matahari serta sudut kemiringan panel surya terhadap sinar datang matahari tidak optimal, untuk memanfaatkan energi cahaya matahari dengan optimal maka panel surya harus mengikuti arah sinar matahari.

Maka dibutuhkan suatu alat yang berfungsi mengoptimalkan pengambilan cahaya matahari sehingga meningkatkan daya dari panel surya tersebut adalah dengan membuat alat pengatur kemiringan sudut yang akan disebut dengan *solar tracker*. *Solar tracker* adalah suatu sistem yang melacak arah sinar matahari yang diaktifkan oleh sensor dan akan memberikan panduan informasi dan mengarahkan sistem penggerak untuk melacak sinar matahari, sehingga dengan adanya alat tersebut, panel surya akan mengikuti letak posisi matahari sehingga posisi panel dan matahari akan tegak lurus dan dapat memberikan daya yang maksimal. *Solar tracker* berfungsi untuk memaksimalkan penyerapan energi matahari dengan cara mengikuti arah datang sinar matahari secara otomatis. Penggunaan *solar tracker* pengguna modul surya sudah cukup dikenal walaupun belum secara masif, hal ini dikarenakan tipe tersebut membutuhkan energi tambahan untuk menggerakkan modul surya sepanjang hari yang dikhawatirkan justru menghabiskan energi listrik yang dihasilkan

Pada penelitian sebelumnya yang membahas tentang rancang bangun sistem *photovoltaic* yang menggunakan *solar tracker system* berbasis *Arduino uno*. Penelitian sebelumnya membuat *solar tracker prototype* dengan mengatur waktu penggerakan modul surya sehingga dapat menghasilkan energi total lebih besar meningkatkan efisiensi *solar cell* dengan mengoptimalkan penangkapan sinar matahari dengan menggerakkan solar cell secara otomatis mengikuti arah dari pergerakan matahari dari waktu ke waktu [2]. Maka dalam penelitian ini dirancang sebuah *Solar tracker Cerdas* untuk memaksimalkan penyerapan energi matahari sehingga meningkatkan output daya yang dihasilkan.

Solar tracker Cerdas memiliki kelebihan dari *Solar tracker* sebelumnya yaitu dengan menggabungkan teknologi terbaru yaitu IoT, dengan adanya IoT maka tidak hanya otomatis bergerak menyesuaikan arah matahari, namun juga dapat dipantau dari jauh terkait kinerja panel surya, indikator dari parameter intensitas cahaya matahari, suhu, sudut panel semua akan dapat termonitoring dengan IoT.

Solar tracker Cerdas memiliki kelebihan dari *Solar tracker* sebelumnya yaitu dengan menggabungkan teknologi terbaru yaitu IoT, dengan adanya IoT maka tidak hanya otomatis bergerak menyesuaikan arah matahari, namun juga dapat dipantau dari jauh terkait kinerja panel surya, indikator dari parameter intensitas cahaya matahari, suhu, sudut panel semua akan dapat termonitoring dengan IoT. *Solar tracker Cerdas* akan diterapkan pada panel surya dengan sistem yang disebut *Solar Home System (SHS)*.

Energi Surya

Indonesia sangat kaya akan energi terbarukan dengan potensi lebih dari 400.000 megawatt (MW), dimana 50% atau sekitar 200.000 MW merupakan potensi energi surya. Penggunaan energi surya sendiri saat ini baru sekitar 150 MW atau 0,08% dari potensinya.

Padahal, Indonesia adalah negara ekuator yang seharusnya menjadi penguasa pengembangan energi surya [3]. Politeknik Negeri Jakarta memiliki panel surya yang dirancang dengan sistem Solar Home System pada gedung Lab. Teknik Konversi Energi pada Politeknik Negeri Jakarta yang memiliki titik koordinat -6.369688615536754 , 106.8237993460287 . Kota Depok mempunyai kecepatan angin rata-rata lebih dari 8,9 kilometer per jam dengan suhu biasanya bervariasi dari 22°C hingga 33°C dan jarang di bawah 20°C atau di atas 34°C [4]. memiliki *Global horizontal irradiance (GHI)* atau jumlah total gelombang iradiasi pendek yang diterima dari atas oleh permukaan horizontal ke tanah sekitar 1685.1 kWh/m^2 [5].

Gambar 1 Merupakan *Solar Home System* atau (SHS), SHS adalah jenis sistem tenaga surya *off-grid* atau standalone yang dirancang untuk menyediakan listrik ke properti perumahan menggunakan panel surya. Sistem ini biasanya mencakup susunan panel surya, bank baterai untuk penyimpanan energi, pengontrol muatan untuk mengatur aliran listrik, dan inverter untuk mengubah daya DC yang dihasilkan oleh panel surya menjadi daya AC yang dapat digunakan untuk menyalakan peralatan rumah tangga dan perangkat [5].



Gambar 1. Skema Solar Home System (SHS)[4].

Solar Tracker Berbasis IoT (Internet of Things)

Solar tracker merupakan perangkat yang mengarahkan panel surya atau susunan panel surya ke arah matahari untuk memaksimalkan produksinya. Pelacak mengikuti pergerakan matahari sepanjang hari untuk memastikan panel surya selalu tegak lurus terhadap sinar matahari, yang meningkatkan efisiensinya.

Ada dua jenis utama pelacak surya: sumbu tunggal (*single axis*) dan sumbu ganda (*dual axis*). Pelacak surya sumbu tunggal menggerakkan panel surya ke satu arah, biasanya dari timur ke barat, sedangkan pelacak surya sumbu ganda menggerakkan panel ke arah timur-barat dan utara-selatan dan pada penelitian ini akan menggunakan *Solar tracker* berjenis *Single axis*[6]. Gambar 2 menunjukkan bentuk dari solar tracker single axis.



Gambar 2. Solar Tracker Single Axis

Solar tracker berbasis IoT adalah aplikasi *Internet of Things (IoT)* yang menggunakan pelacak surya untuk meningkatkan efisiensi pembangkit energi surya. Pelacak surya adalah

perangkat yang melacak jalur matahari sepanjang hari untuk memastikan bahwa panel surya selalu menghadap matahari secara langsung, memaksimalkan radiasi matahari dan meningkatkan output energi. Aspek IoT-nya dari *Solar tracker* melibatkan penggunaan sensor, teknologi komunikasi, dan komputasi untuk mengumpulkan dan menganalisis data tentang kinerja panel surya dan pergerakan matahari. Data ini digunakan untuk mengoptimalkan penempatan panel surya secara real time, memastikan selalu menghadap matahari untuk memanen energi secara maksimal. Sistem IoT juga dapat memantau dan mengontrol kinerja panel surya dan mengumpulkan data tentang faktor-faktor seperti suhu, kelembapan, dan keluaran energi. Data ini dapat dianalisis menggunakan algoritme pembelajaran mesin untuk mengidentifikasi pola dan mengoptimalkan kinerja panel surya dari waktu ke waktu [7].

Efisiensi Panel Surya

Penyinaran matahari mempunyai dampak yang besar pada keluaran daya sistem photovoltaic, kenaikan suhu serta cuaca yang berubah-ubah dan kecepatan angin di kota Depok pasti akan sangat berpengaruh terhadap kinerja panel surya. Kecepatan angin berhubungan langsung dengan pendinginan system PV yang dapat mempengaruhi kinerja dari panel surya, saat kecepatan angin lebih besar maka akan mendinginkan permukaan luar panel. Kecepatan angin di sekitar lokasi panel surya sangat mempengaruhi efisiensi panel surya, hal ini bisa membantu menjaga suhu kaca pada sel surya tetap rendah sehingga suhu kerja pada sel surya tetap optimal. Daya output yang dihasilkan pada panel surya tidak hanya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari saja, akan tetapi juga dipengaruhi oleh cuaca, seperti kecepatan angin, suhu serta kelembapan. Apabila suhu pada panel naik melebihi suhu standarnya maka akan menimbulkan turunnya daya yang dihasilkan, dikarenakan efisiensi panelnya juga menurun [2].

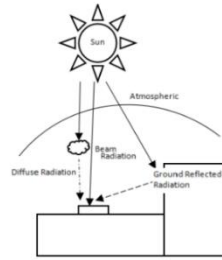
Dengan menggunakan *Solar tracker* dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi sistem PV surya dengan memastikan bahwa panel surya selalu berorientasi pada matahari untuk pemaparan maksimum. Pelacak surya adalah perangkat yang secara otomatis menyesuaikan sudut panel surya untuk mengikuti matahari saat bergerak melintasi langit, menjaga panel pada sudut optimal untuk menangkap sinar matahari paling banyak. *Standart Test Condition (STC)* merupakan standar industri untuk menguji kinerja Photovoltaik pada suhu 25°C dan radiasi 1000 W/m². Hal ini merujuk kepada kondisi permukaan panel surya. AM (*Air Mass*), untuk daerah ekuator atau khatulistiwa massa udara bernilai 1 [8].

Radiasi Matahari

Penerimaan energi surya dalam satu hari, yang diukur melalui insolasi surya dan iradiasi surya, dapat mengalami fluktuasi dari 0.55 kWh/m² (setara dengan 2MJ/m²) di wilayah yang lebih dingin hingga 5.55 kWh/m² (setara dengan 20MJ/m²) di wilayah tropis. Berdasarkan studi yang telah dilakukan, efisiensi panel surya dapat meningkat hingga 50% dengan menerapkan metode *solar tracker* [9].

Gambar 3 menunjukkan bahwa terdapat tiga macam pola radiasi matahari yang akan sampai ke permukaan bumi, yaitu [10]:

- Radiasi langsung (*Beam/Direct Radiation*) adalah radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar cahaya datang.
- Radiasi hambur (*Diffuse Radiation*) Adalah radiasi yang mengalami perubahan akibat terhalang partikel, zat atau, benda di udara yang dapat menghamburkan cahaya.
- Radiasi refleksi dari benda (*Ground Reflection Radiation*) radiasi yang mengalami perubahan akibat pemantulan cahaya dari suatu benda di bumi.



Gambar 3. Skema Radiasi Matahari

Studi Literatur

Penelitian oleh Mohamad Nur Aiman Mohd Said terkait pembangunan pengembang pelacakan surya dua sumbu menggunakan Arduino Uno sebagai pengontrol utama system dan menggunakan perangkat WIFI ESP8266 digunakan sebagai perantara antara perangkat dan sistem pemantauan IoT dan sistem monitoring menggunakan website yang berfungsi untuk menyimpan data. Efisiensi dari sistemnya telah diuji dan dibandingkan dengan *solar tracker* aksial tunggal. Sebagai hasilnya, sistem pelacakan surya dua sumbu menghasilkan lebih banyak daya, tegangan [7].

Hasan Ismail dan Dzulkifli melakukan penelitian panel surya dinamis dengan sistem *solar tracker* aktif dan sistem *solar tracker* kronologis, dan hasil penelitian dari dua sistem yang diperoleh saat pengujian alat selama lima hari berturut-turut, masing – masing hari selama 6 jam pengamatan mendapatkan rata - rata persentase nilai optimasi daya sistem *solar tracker* aktif 95%, dan persentase nilai optimasi daya sistem *solar tracker* kronologis 90% serta penelitian ini telah membuktikan bahwa pengamatan nilai daya panel surya mendapat selisih yang signifikan pada rentang pukul 12.00 – 13.00 WIB, pada rentang jam tersebut radiasi harian berada di posisi sudut 90° atau tegak lurus menghadap ke arah sinar matahari, tidak pada posisi \pm timur atau \pm barat sinar matahari [11].

Penelitian lain juga dilakukan oleh I Wayan Sutaya dan Ketut Udy Ariawan merancang serta menghasilkan prototipe produk *solar tracker* cerdas berbasis mikrokontroler AVR 8 bit. Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa *solar tracker* cerdas dibandingkan dengan *solar tracker* biasa mempunyai perbedaan konsumsi daya penghematan baterai sebesar 85 % hal ini tergantung dari seberapa besar noise yang dikenakan pada alat *solar tracker*. Untuk sebuah perlakuan yang sama, maka semakin besar noise semakin besar pula perbedaan penghematan konsumsi daya pada *solar tracker* yang cerdas [12].

Penelitian sebelumnya telah mencoba mengkaji tentang *solar tracker*. Dalam karyanya pada tahun 2015, Krisna Resi membicarakan bagaimana peran dari pelacak surya untuk memaksimalkan jumlah foton yang diterima oleh sel surya dari sinar matahari. Tujuannya adalah untuk mencapai konversi foton menjadi listrik yang lebih optimal. Dalam penelitian ini, pengendalian dilakukan menggunakan logika fuzzy, sebuah aplikasi yang berguna untuk menangani situasi yang ambigu pada suatu objek. Meskipun sistem yang diciptakan dapat melacak sumber cahaya dari lampu halogen, peneliti tidak melakukan eksperimen pelacakan menggunakan sinar matahari. Meski begitu, perubahan frekuensi output dari sistem VSD yang telah dirancang dapat mengikuti prinsip logika fuzzy yang diterapkan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi energi dari sumber cahaya di laboratorium pada sel surya meningkat secara signifikan, berkisar antara 68,23% hingga 91% [13].

Seperti pada penelitian yang dilakukan sebelumnya, ada dua hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan performa photovoltaic, yaitu pengembangan teknologi material panel surya dan teknologi *solar tracker*. Pada penelitian ini, difokuskan pada usaha peningkatan performa photovoltaic melalui mekanisme sistem penjejak matahari. Hasil pengujian

menunjukkan bahwa peningkatan daya keluaran panel dengan solar tracking system sebesar 36.57% dibandingkan dengan fixed photovoltaic [14].

Seperti pada Penelitian yang dilakukan oleh Riza Alfita, dkk. yaitu merancang sistem yang dapat meningkatkan efisiensi panel surya hingga mencapai puncaknya dengan memanfaatkan berbagai fitur, termasuk sistem pelacakan, cermin pemantul, dan pengawasan melalui IoT. Sistem ini memanfaatkan sensor *Light Dependent Resistor (LDR)* untuk mendeteksi intensitas cahaya, dan dilengkapi dengan motor penggerak untuk mengatur sudut elevasi. Selain itu, terdapat cermin pemantul cahaya yang digunakan sebagai reflektor, dan penerapan teknologi IoT untuk pemantauan dari jarak jauh. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan cermin reflektor mampu meningkatkan daya pada siang hari, namun mengalami penurunan pada pagi dan sore hari. Di sisi lain, sistem pelacakan mampu menghasilkan daya yang lebih baik kapanpun, tanpa terpengaruh oleh perubahan waktu [15].

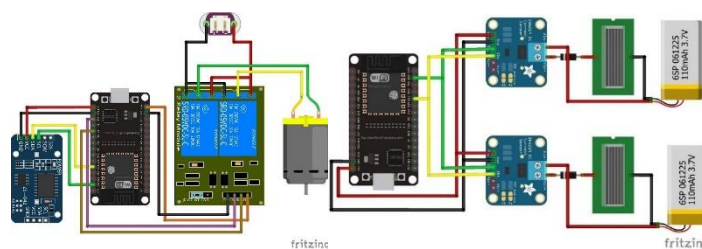
Keterbaharuan

Solar tracker Cerdas dirancang dengan sistem IoT (*Internet of Things*) sederhana yang berfungsi sebagai monitoring dan controlling panel surya pada *Solar Home System (SHS)*. *Solar tracker* merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan output energi yang dihasilkan dari sistem tenaga surya sehingga dapat menghasilkan penghematan biaya yang signifikan dalam jangka panjang, dan memaksimalkan lahan yang terbatas untuk memproduksi daya yang besar. Sebelumnya sudah ada penelitian mengenai *solar tracker* cerdas ini, namun belum ada yang mengaplikasikannya pada *Solar Home System* dengan jenis single axis dan berbasis IoT.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan ialah model rancang bangun serta eksperimental, penelitian ini akan merancang *solar tracker* cerdas sehingga membuat kondisi panel surya bergerak tidak statis dengan kecanggihan teknologi. *Solar tracker* cerdas yang merekayasa kinerja dari panel surya dari statis keadaannya menjadi bergerak, kemudian diterapkan pada panel surya SHS, lalu mengukur pengaruh yang terjadi pada panel surya SHS yang diakibatkan oleh *solar tracker* cerdas. dalam hal ini akan dilakukan kontrol yang cermat terhadap pengaruh teknologi *solar tracker* yang merekayasa pengaruh kinerja panel surya SHS agar mendapatkan hasil yang bersih.

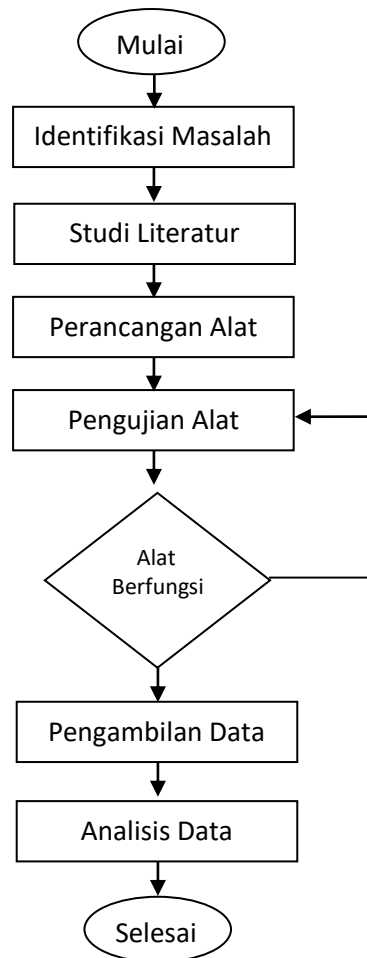
Perancangan *solar tracker* terbagi dalam dua mekanisme kerja yaitu pembacaan panel ke sensor, lalu pengolahan data dari sensor ke mikrokontroler dan kemudian ke modul RTC lalu menggerakkan aktuator linear. Lalu setiap pergerakan aktuator akan menghasilkan sudut panel yang berbeda yang telah ditentukan oleh waktu yang di atur oleh mikrokontroler serta RTC DS3231, setelah sudut panel bergerak, maka arah pandang panel akan mengikuti sudut arah datangnya sinar matahari sehingga akan mendapatkan hasil yang lebih baik serta berbeda, hasilnya tersebut akan dibaca oleh sensor INA219 sebagai sensor tegangan dan arus, yang kemudian dihubungkan dengan aplikasi Blynk sebagai platform IoT nya. Adapun hasil perancangan dari sistem *solar tracker* ini pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Perancangan Smart Solar tracker

Diagram Alir

Proses penelitian mengikuti diagram alir [Gambar 5](#).



[Gambar 5](#). Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran

Pengukuran output panel surya yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu tegangan dan kuat arus yang didapatkan dari sudut kemiringan panel surya. Hasil pembacaan sudut kemiringan dilakukan oleh sistem monitoring yang terdapat pada *smart solar tracker*. Sudut kemiringan telah ditentukan pada sistem kontrol yang dirancang. Sudut kemiringan, tegangan dan arus yang didapatkan maka akan mendapatkan daya panel surya berdasarkan formula $P = V \times I$. Tegangan dan arus yang dihasilkan SHS sebelum menggunakan *Solar tracker* dengan sudut 35 derajat dalam keadaan posisi tetap. Adapun data hasil perancangan disajikan dalam [Tabel 1](#). Kemudian [Tabel 2](#) menunjukkan output yang didapatkan yang berupa nilai tegangan, kuat arus, daya, serta sudut panel surya berdasarkan waktu. Daya yang paling tinggi diterima oleh panel surya sebesar 8.9W terjadi di sekitar pukul 11.00 WIB dengan posisi panel surya sebesar 35 derajat.

Tabel 1. Output yang dihasilkan SHS tanpa menggunakan solar tracker

Waktu (Pukul)	Tegangan yang dihasilkan SHS	Arus yang dihasilkan SHS	Daya yang dihasilkan SHS	Posisi tracker (derajat sudut)
06.00	15.1	0.3	4.53	35
07.00	15.2	0.3	4.56	35
08.00	16.5	0.3	4.95	35
09.00	16.5	0.3	4.95	35
10.00	17.8	0.4	7.12	35
11.00	17.8	0.5	8.9	35
12.00	17.2	0.5	8.6	35
13.00	16.7	0.5	8.35	35
14.00	16.5	0.5	8.25	35
15.00	16.5	0.4	6.6	35
16.00	16.3	0.3	4.89	35
17.00	16.1	0.2	3.22	35

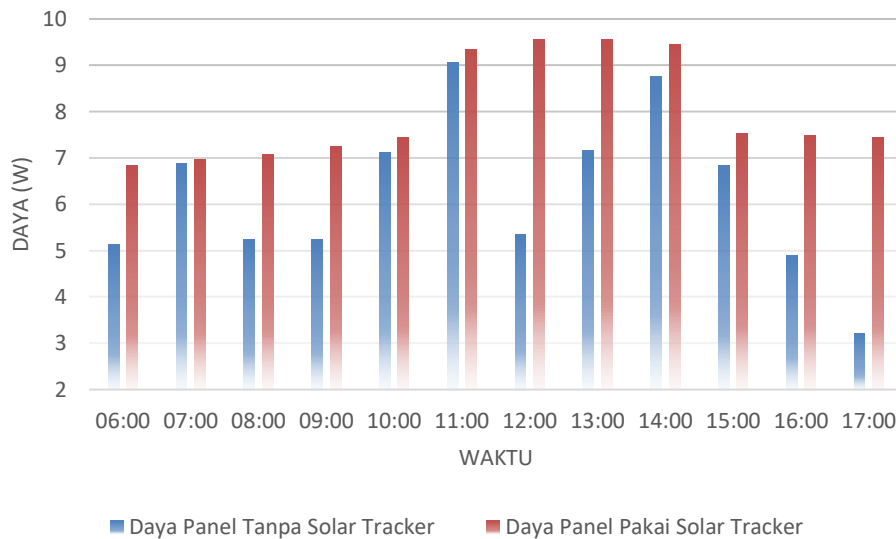
Tabel 2. Output yang dihasilkan SHS sesudah menggunakan Solar tracker

Waktu (Pukul)	Tegangan yang dihasilkan SHS	Arus yang dihasilkan SHS	Daya yang dihasilkan SHS	Posisi tracker (derajat sudut)
06.00	17.1	0.4	6.84	35
07.00	17.4	0.4	6.96	40
08.00	17.7	0.4	7.08	45
09.00	18.1	0.4	7.24	50
10.00	19.2	0.5	9.6	65
11.00	19.7	0.5	9.85	70
12.00	19.5	0.5	9.75	80
13.00	19.1	0.5	9.55	90
14.00	18.9	0.5	9.45	100
15.00	18.8	0.4	7.52	105
16.00	18.7	0.4	7.48	115
17.00	18.6	0.4	7.44	120

Perbandingan Daya

Output berupa tegangan pada SHS dipengaruhi oleh *solar tracker* yang membuat arah sudut panel surya sesuai arah sudut datangnya sinar matahari, hal ini dapat terlihat pada [Gambar 6](#). Pada gambar tersebut menunjukkan grafik daya yang dihasilkan antara panel surya tanpa *smart solar tracker* dengan panel surya yang menggunakan *smart solar tracker*. Terlihat pada grafik, bahwasannya kedua panel menghasilkan daya yang berbeda. Daya panel tanpa *smart solar tracker* menghasilkan daya sekitar 8.9W terjadi di sekitar pukul 11.00 WIB dengan posisi panel surya sebesar 35 derajat. Sedangkan daya panel surya menggunakan *smart solar tracker* sebesar 9.85W terjadi di sekitar pukul 11.00 WIB dengan sudut panel surya 70 derajat. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja *smart solar tracker* berjalan sangat baik

sesuai fungsinya, *smart solar tracker* yang dipasang pada panel surya mampu meningkatkan daya pada panel karena dengan penggunaan *solar tracker* modul surya mengikuti arah cahaya matahari sehingga daya yang di serap menjadi optimal. Dari peningkatan daya tersebut maka menunjukkan bahwa kinerja panel surya semakin meningkat optimal, sehingga kinerja SHS yang dipasangkan *smart solar tracker* menjadi lebih optimal juga.



Gambar 6. Perbandingan Daya yang dihasilkan SHS tanpa menggunakan *smart solar tracker* dan SHS menggunakan *smart solar tracker*

SIMPULAN

Smart Solar tracker yang dirancang menggunakan sistem kontrol otomatis dan IoT bekerja dengan baik sesuai fungsi, sehingga panel surya bergerak sesuai waktu yang telah ditentukan dan mengarah tepat ke matahari.

Daya panel tanpa *smart solar tracker* menghasilkan daya sekitar 8.9W terjadi di sekitar pukul 11.00 WIB dengan posisi panel surya sebesar 35 derajat. Sedangkan daya panel surya menggunakan *smart solar tracker* sebesar 9.85W terjadi di sekitar pukul 11.00 WIB dengan sudut panel surya 70 derajat.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Agung Pribadi, "Indonesia Kaya Energi Surya, Pemanfaatan Listrik Tenaga Surya oleh Masyarakat Tidak Boleh Ditunda," EBTKE ESDM, Sep. 02, 2021.
- [2] D. Dahliya, S. Samsurizal, and N. Pasra, "Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin," SUTET, vol. 11, no. 2, pp. 71–80, Dec. 2021, doi: 10.33322/sutet.v11i2.1551.
- [3] Global Solar Atlas, "Site Information of Politeknik Negeri Jakarta." Global Solar Atlas, Apr. 27, 2023. Accessed: Mar. 27, 2023. [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/detail?c=-6.371941,106.824875,11&s=-6.371835,106.824563&m=site>
- [4] Zain ul Abideen, Arooj Aslam, and Habib Ullah Manzoor, "Cost Optimization of Off Grid Photovoltaic System by Increasing Conversion Efficiency," Proc. of the 1st International Conference on Electrical, Communication and Computer Engineering (ICECCE), 2019, doi: 978-1-7281-3825-1.

-
- [5] Energy.gov, "Solar Integration: Inverters and Grid Services Basics," Solar Energy Technologies Office, Apr. 2023. <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-integration-inverters-and-grid-services-basics> (accessed Mar. 27, 2023).
- [6] H. H. Rangkuti, N. P. Sinaga, and F. Ariani, "Solar tracker design on solar panel for stm32 microcontroller based on battery charging system," in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Institute of Physics, 2022. doi: 10.1088/1755-1315/1115/1/012078.
- [7] M. N. A. Mohd Said, S. A. Jumaat, and C. R. A. Jawa, "Dual axis solar tracker with iot monitoring system using arduino," International Journal of Power Electronics and Drive Systems, vol. 11, no. 1, pp. 451–458, Mar. 2020, doi: 10.11591/ijpeds.v11.i1.pp451-458.
- [8] R. ALFITA et al., "Perancangan Solar tracker Four Axis Berbasis Internet of Things (IoT)," ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, vol. 8, no. 2, p. 404, May 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i2.404.
- [9] S. Simatupang et al., "Rancang Bangun dan Uji Coba Solar tracker pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler ATmega16," 2013.
- [10] J. Rezkyanzah, L. P. Purba, and C. A. Putra, "PERANCANGAN SOLAR TRACKER BERBASIS ARDUINO SEBAGAI PENUNJANG SISTEM KERJA SOLAR CELL DALAM PENYERAPAN ENERGI MATAHARI".
- [11] Ismail Hasan and Dzulkifli, "DESAIN SISTEM SOLAR TRACKER DUA DERAJAT KEBEBASAN BERBASIS MIKROKONTROLER," Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI), vol. Volume 08, no. Nomor 3, pp. 19–23, 2019.
- [12] W. Sutaya and K. U. Ariawan, "SOLAR TRACKER CERDAS DAN MURAH BERBASIS MIKROKONTROLER 8 BIT ATmega8535," 2016.
- [13] Resi Krisna, "Pembuatan Penggerak Panel Surya untuk Mengikuti Gerak Matahari dengan Menggunakan Logika Fuzzy," Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi, vol. 5, no. 1, pp. 47–56, 2015.
- [14] A. Lecturer ANDI RAHMADIANSAH, "DESIGN AND CONSTRUCTION SINGLE AXIS (AZIMUTH) SOLAR TRACKING SYSTEM USING PID CONTROL," Surabaya, Jul. 2014.
- [15] R. ALFITA et al., "Perancangan Solar tracker Four Axis Berbasis Internet of Things (IoT)," ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, vol. 8, no. 2, p. 404, May 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i2.404.