

Pemantauan dan Kontrol Otomatis Efisiensi Sel Surya melalui Simulasi Solar Tracker dengan Mikrokontroler

Samsurizal¹, Muhammad Awaluddin², Septianisa Azzahra³, Nurmiati Pasra⁴, Andi Makkulau⁵

Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Institut Teknologi PLN Jakarta,
Jl. Lkr. Luar Barat, Duri Kosambi, Kecamatan Cengkareng, Kota Jakarta Barat, Jakarta 11750

¹samsurizal@itpln.ac.id

Intisari — Efektivitas panel surya dalam penerimaan iradiasi matahari menjadi permasalahan yang masih mempengaruhi adalah bahwa daya yang dihasilkan oleh panel surya belum mencapai titik maksimumnya. Terdapat beberapa faktor-faktor yang memengaruhi, salah satunya intensitas radiasi matahari dan sudut kemiringan matahari terhadap panel surya. Sudut kemiringan ini biasanya tetap karena banyak panel surya dipasang dalam instalasi statis. Oleh karenanya diperlukan sistem otomatis dalam penerimaan iradiasi matahari pada panel surya. Penelitian ini menggunakan metode analisis data kualitatif dilakukan dengan melakukan pengujian solar tracker baik dalam keadaan tracking dan keadaan non tracking melalui observasi langsung. Data yang diambil merupakan data hasil outputan panel surya baik itu tegangan, arus serta daya baik dalam keadaan tracker diaktifkan dan tracker nonaktif. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa efisiensi panel surya dalam keadaan tracker lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi panel surya dalam keadaan tracker dinonaktifkan, dimana pada pengujian yang telah dilakukan nilai efisiensi dari panel surya dalam keadaan tracker lebih besar 1,326951 % terhadap efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya dalam keadaan tracker dinonaktifkan.

Kata kunci — solar tracker, intensitas radiasi, efisiensi.

Abstract — The effectiveness of solar panels in receiving solar irradiation is a problem that still affects is that the power produced by solar panels has not reached its maximum point. There are several influencing factors, one of which is the intensity of solar radiation and the angle of inclination of the sun towards solar panels. This tilt angle is usually fixed because many solar panels are installed in static installations. Therefore, an automatic system is needed in receiving solar irradiation on solar panels. This research using qualitative data analysis methods was carried out by testing solar trackers both in tracking and non-tracking conditions through direct observation. The data taken is data from the output of solar panels both voltage, current and power both in the state of the tracker turned on and the tracker disabled. In this study, it was found that the efficiency of solar panels in the tracker state was higher than the efficiency of solar panels in the tracker state disabled, where in the tests that had been carried out the efficiency value of the solar panel in the tracker state was greater 1.326951% of the efficiency produced by the solar panel in the tracker state was disabled

Keywords— solar tracker, radiation intensity, efficiency.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi berlangsung dengan cepat, seiring dengan meningkatnya permintaan akan energi listrik. Dalam upaya mengatasi hal ini, berbagai sumber energi terbarukan telah dikembangkan, termasuk pemanfaatan energi matahari yang diubah menjadi energi listrik melalui sel surya. Energi listrik yang dihasilkan dari sel surya dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari hal sederhana seperti lampu jalan

tenaga matahari hingga pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

Indonesia memiliki potensi besar dalam energi terbarukan, termasuk energi matahari. Insolasi matahari di Indonesia mencapai rata-rata 4,8 KWh/m² per hari. Bagian timur Indonesia memiliki insolasi 5,1 KWh/m² per hari, sementara bagian barat memiliki 4,5 KWh/m² per hari. Potensi ini menjadi alternatif penting dalam mengurangi ketergantungan pada energi fosil, yang masih menyumbang 41,15% dari produksi listrik

negara menurut data Kementerian Energi Sumber Daya Mineral [1].

Permasalahan yang masih mempengaruhi efektivitas panel surya adalah bahwa daya yang dihasilkan oleh panel surya belum mencapai titik maksimumnya. Faktor-faktor yang memengaruhi hal ini termasuk intensitas cahaya matahari dan sudut kemiringan matahari terhadap panel surya. Sudut kemiringan ini biasanya tetap karena banyak panel surya dipasang dalam instalasi statis [2]. Untuk mengatasi masalah ini, dapat digunakan alat pengatur kemiringan yang disebut *solar tracker*. *Solar tracker* memungkinkan panel surya untuk mengikuti pergerakan matahari, sehingga panel surya selalu berada tegak lurus terhadap matahari [3]. Dengan cara ini, daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat ditingkatkan secara maksimal.

Untuk meningkatkan efisiensi panel surya, penggunaan *solar tracker system* dual axis diterapkan. Sistem pelacak matahari dengan dua sumbu memungkinkan panel surya mengikuti pergerakan matahari dari segala arah dan waktu. Data arus serta tegangan yang dihasilkan oleh panel surya diukur menggunakan multimeter [4]. Sistem solar tracker dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino R3 dengan bantuan motor servo MG996 R dan servo SG 90. Untuk sensor *LDR (Light Dependent Resistor)* sebagai sensor cahaya. Teknologi ini berpotensi meningkatkan kemampuan panel surya untuk menyerap energi matahari secara optimal [5].

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian ini terdapat beberapa yang dijadikan referensi pertama Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Karakteristik Sel Surya Jenis Polycrystalline Menggunakan Regresi Linear yang di tulis oleh Andi Makkulau dkk. Tulisan ini membahas desain dan konstruksi modul pengujian untuk memfasilitasi proses pengumpulan data observasi untuk sel surya polikristalin. Studi

ini menemukan korelasi yang kuat antara iradiasi dan arus, dengan kesalahan rata-rata persen absolut 26,5%, menunjukkan bahwa modelnya cukup baik. Tujuan dari jurnal ini Desain dan konstruksi modul pengujian untuk memfasilitasi proses pengumpulan data observasi untuk sel surya polikristalin. Investigasi hubungan antara iradiasi dan arus dalam sel surya polikristalin. Pengembangan model untuk memprediksi output dari sel berdasarkan sudut kemiringan panel surya. Penentuan keakuratan model menggunakan Mean Absolute Percent Error (MAPE). Jurnal ini menemukan korelasi yang kuat antara iradiasi dan arus dalam sel surya polikristalin, dengan nilai korelasi $R = 0,7251$. Model yang dikembangkan untuk memprediksi output sel berdasarkan sudut kemiringan panel surya ditemukan memiliki kesalahan persen absolut rata-rata 26,5%, menunjukkan bahwa modelnya cukup baik. (Samsurizal, Makkulau, Fikri, & Christiono, 2021).

Penelitian kedua dengan judul Prototype Pembelajaran Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Berbasis Energi Surya yang di tulis oleh Samsurizal, Septiannissa Azzahra, Christiono, Miftahul Fikri, Hastuti Azis dan Agus Yogiarto. Pengenalan tulisan ini membahas peningkatan penggunaan energi terbarukan di Indonesia untuk mencapai target 23% pada tahun 2025. Tulisan ini membahas perlunya transisi dari energi berbasis fosil ke energi terbarukan di Indonesia dan pentingnya meningkatkan sumber daya manusia dalam mengembangkan energi terbarukan. Tulisan tersebut menjelaskan kegiatan edukasi yang dilakukan oleh Tim PkM Teknik Elektro IT-PLN untuk mengajarkan siswa tentang komponen pembangkit listrik tenaga surya dan pemanfaatan energi matahari melalui perakitan prototipe sistem fotovoltaiik portabel. Makalah ini tidak menyediakan bagian tertentu untuk hasil. Namun, dapat disimpulkan bahwa kegiatan pendidikan yang dilakukan oleh Tim PkM Teknik Elektro IT-PLN berhasil meningkatkan pemahaman siswa tentang energi terbarukan dan kemampuannya untuk merakit komponen sistem fotovoltaiik menjadi prototipe sistem fotovoltaiik portabel. Para

siswa juga dapat menguji prototipe dan memahami jumlah arus dan tegangan yang dihasilkan. Secara keseluruhan, kegiatan ini mampu mempromosikan penggunaan energi terbarukan dan penerapannya di lingkungan sekitar. (Samsurizal, et al., 2021)

Penelitian ketiga dengan judul *Solar tracking systems: Technologies and trackers drive types – A review* yang ditulis oleh A.Z. Hafeza, A.M. Yousefa dan N.M. Haraga. Tulisan ini memberikan ulasan rinci tentang sistem pelacakan surya dan aplikasi potensinya dalam energi matahari. Jurnal ini menyarankan beberapa pekerjaan masa depan yang terkait dengan sistem pelacakan surya, termasuk pengembangan algoritma pelacakan yang lebih akurat dan efisien, integrasi sistem pelacakan surya dengan sistem penyimpanan energi, dan optimalisasi sistem pelacakan surya untuk berbagai jenis panel surya. Jurnal ini juga menyarankan perlunya penelitian lebih lanjut tentang kelayakan ekonomi sistem pelacakan surya dan dampaknya terhadap kinerja keseluruhan sistem energi surya. (Hafeza, Haraga, & Yousefa, 2018).

Penelitian yang keempat dengan judul *A comprehensive review for solar tracking systems design in Photovoltaic cell, module, panel, array, and systems applications* yang di tulis oleh A.Z. Hafez, A.M. Yousef, A. Soliman dan I.M. Ismail. Makalah ini memberikan tinjauan komprehensif tentang sistem pelacakan surya dan potensi manfaatnya untuk sistem fotovoltaik (PV). Jurnal ini mencakup parameter desain, konstruksi, jenis, dan teknik sistem penggerak untuk berbagai aplikasi. Studi ini menunjukkan bahwa sistem pelacakan PV dapat memberikan keuntungan 11-85% dibandingkan dengan sistem tetap, tergantung pada faktor-faktor seperti cuaca, jenis pelacakan, lokasi, dan aplikasi (hafidz, 2018).

Penelitian kelima dengan judul *Perancangan Prototipe 2 Axis Solar Tracker Guna Optimalisasi Output Daya Solar Panel* yang di tulis oleh M. Imam Maulana Fardani. Skripsi ini menyajikan desain prototipe pelacak surya dua sumbu untuk mengoptimalkan output daya panel surya. Pelacak surya memungkinkan panel surya

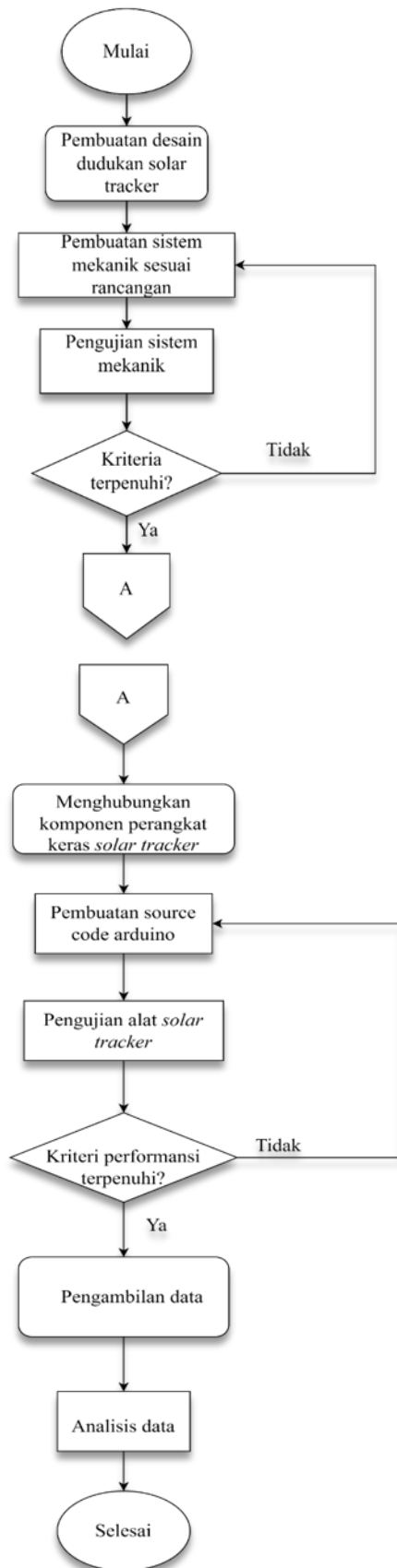
diposisikan secara vertikal dan horizontal untuk melacak orientasi maksimum sinar matahari sepanjang hari. Implementasi pelacak surya dapat meningkatkan efisiensi energi dan memaksimalkan potensi pembangkit listrik panel surya. (Fardani, 2018)

Penelitian keenam dengan judul *Solar Tracking Sistem Berbasis Arduino UNO* yang di tulis oleh Khalid Fadlullah. Prototipe sistem pelacakan surya berdasarkan Arduino UNO yang dikembangkan dalam penelitian dapat menghasilkan energi maksimum dengan mengikuti pergerakan matahari. Hal ini dapat diterapkan di semua daerah dan membantu pemerintah dalam mengoptimalkan energi alternatif. Skripsi ini memberikan informasi tentang berbagai bahan semikonduktor yang digunakan dalam sel surya film tipis, seperti CIGS, CdTe, silikon amorf, CZTS, dan oksida tembaga. Ini menjelaskan pentingnya sambungan p-n dalam sel surya. Sistem pelacakan surya berbasis Arduino UNO dapat diterapkan di berbagai daerah untuk mengoptimalkan energi alternatif dan membantu pemerintah dalam menangani masalah energi. Kemampuan sistem untuk melacak pergerakan matahari dan menghasilkan energi maksimum dapat berkontribusi pada pengembangan sistem tenaga surya yang efisien. Penelitian ini melibatkan pengujian komponen sistem pelacakan surya secara terpisah dan secara keseluruhan untuk memastikan bahwa mereka berfungsi seperti yang diharapkan (Fadlullah, 2017).

III. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Penelitian Simulasi *Prototype Solar Tracker Untuk Mendapatkan Efisiensi Solar Cell Menggunakan Mikrokontroler dan Rangkaian Sensor Light Dependent Resistor (LDR)*.

Dalam metode analisis data kualitatif dilakukan dengan melakukan pengujian *solar tracker* baik dalam keadaan tracking dan keadaan non tracking, serta berapa nilai daya *tracker* pada pengujian tracking di aktifkan dan *tracker* di nonaktifkan [6]. Kemudian melakukan analisis efisiensi pada daya hasil pengukuran.



Gbr.1 Flowchart penelitian

Untuk menghitung efisiensi dapat dilakukan dengan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{input}} \times 100 \% \quad (1)$$

Dimana

η = Efisiensi (%)

P_{out} = Daya keluaran panel (W)

P_{input} = Daya masukan (W)

Daya keluaran panel didapatkan menggunakan persamaan

$$P = V \times I \quad (2)$$

Dimana

P = Daya

V = tegangan (V)

I = Arus (A)

Untuk mendapatkan nilai daya masukan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P_{input} = \text{Iradiasi} \times L_p \quad (3)$$

Dimana

P_{input} = Daya input untuk panel (W)

L_p = Luas Panel yang digunakan (m²)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan secara rutin, selama pengukuran yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang mempengaruhi daya keluaran panel surya yakni salah satunya adalah kondisi cuaca.



Gbr.2 Pengukuran Prototype

Gambar 2 merupakan cara untuk menentukan tingkat nilai iradiasi matahari dan menentukan nilai tegangan serta arus. Nilai iradiasi didapatkan menggunakan alat pyranometer pada gambar sebelah kanan. Pyranometer sendiri dapat mengukur tingkat

iradiasi bahkan dalam keadaan cuaca sedang mendung sekalipun.

Dari hasil yang didapatkan pada pyranometer ini akan dikalikan dengan luas panel sehingga daya input pada panel surya dapat diketahui. Kemudian selanjutnya untuk mendapatkan hasil keluaran dari panel surya, diukur menggunakan alat multimeter dengan parameter yang diukur adalah tegangan dan arusnya. Hasil perkalian antara tegangan serta arus akan menghasilkan daya keluaran dari panel surya.

A. Analisa hasil pengujian panel surya tracker aktif

Pada pengukuran yang dilakukan adalah mendata nilai iradiasi matahari menggunakan alat ukur pyranometer, kemudian untuk mendapatkan nilai tegangan serta arus dilakukan dengan menggunakan alat ukur multimeter. Pengukuran bertempat di Laboratium *PLTS* Institut Teknologi-PLN dari jam 8:30 sampai dengan jam 15:30 WIB.

Tabel 1 Data tracker aktif

Jam (WIB)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan (V)	Arus (A)	Keterangan Cuaca
08:30	547,8	5,73	0,1149	Cerah
09:00	716,4	5,65	0,1306	Cerah
09:30	885,6	5,71	0,1414	Cerah
10:00	833,8	5,59	0,1187	Berawan
10:30	915,1	5,56	0,1615	Cerah
11:00	935,5	5,57	0,1676	Cerah
11:30	968,1	5,65	0,1574	Cerah
12:00	851,2	5,74	0,1753	Berawan
12:30	871,2	5,79	0,1408	Berawan
13:00	920,9	5,75	0,1641	Cerah
13:30	901,7	5,75	0,1531	Cerah
14:00	774,1	5,76	0,1314	Cerah
14:30	756,9	5,76	0,1189	Cerah
15:00	563,5	5,72	0,1027	Cerah

Pada Tabel 1 Merupakan data yang didapatkan dari panel surya ketika *solar tracker* dalam keadaan aktif. Dapat dilihat bahwa nilai iradiasi yang diukur menggunakan alat pyranometer pada keadaan cuaca sedang cerah Iradiasi tertinggi terjadi pada jam 11:30

Waktu Indonesia Barat dengan nilai sebesar 968,1 W/m². Pada keadaan cuaca berawan nilai iradiasi maksimal yang di ukur oleh pyranometer adalah 871,2 W/m² pada jam 12.30 WIB.

B. Analisa hasil pengujian kondisi tracker nonaktif

Pengukuran dilakukan dengan pengambilan data ketika panel surya dalam keadaan *solar trackernya* dinonaktifkan.

Tabel 2 Data tracker non-aktif

Jam (WIB)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan (V)	Arus (A)	Keterangan Cuaca
08:30	547,8	5,72	0,1062	Cerah
09:00	716,4	5,63	0,1295	Cerah
09:30	885,6	5,65	0,1408	Cerah
10:00	833,8	5,54	0,1135	Berawan
10:30	915,1	5,52	0,1592	Cerah
11:00	935,5	5,54	0,1654	Cerah
11:30	968,1	5,64	0,1562	Cerah
12:00	851,2	5,52	0,1127	Berawan
12:30	871,2	5,67	0,1371	Berawan
13:00	920,9	5,51	0,1513	Cerah
13:30	901,7	5,5	0,1111	Cerah
14:00	774,1	5,55	0,0857	Cerah
14:30	756,9	5,55	0,0692	Cerah
15:00	563,5	5,55	0,0612	Cerah

Pada Tabel 2 Menunjukkan hasil pengujian ketika *solar tracker* dalam keadaan dinonaktifkan. Pada pengujian *tracker* nonaktif tegangan output yang tertinggi dihasilkan oleh panel surya adalah pada jam 11:30 yakni sebesar 5,67 Volt.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa efisiensi panel surya dalam keadaan menggunakan tracker baik dibandingkan dengan efisiensi panel surya dalam keadaan tracker dinonaktifkan, dimana pada pengujian yang telah di lakukan nilai efisiensi dari panel surya dalam keadaan tracker lebih besar 1,326951 % terhadap efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya dalam keadaan tracker dinonaktifkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang terlibat dalam pengujian ini dan semua pihak yang telah meluangkan waktu sehingga artikel ini dapat diselesaikan.

REFERENSI

- [1] A. Sofiana dan I. Yulianti, "Unnes Physics Journal Identifikasi Nilai Hambat Jenis Arang Tempurung Kelapa dan Arang Kayu Mangrove sebagai Bahan Alternatif Pengganti Resistor Film Karbon," UPJ, vol. 6, no. 1, 2017, [Daring]. Tersedia pada: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj>
- [2] D. Dahliya, S. Samsurizal, dan N. Pasra, "Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu dan Kecepatan Angin," SUTET, vol. 11, no. 2, hlm. 71–80, Des 2021, doi: 10.33322/sutet.v11i2.1551.
- [3] W. Sutaya dan K. U. Ariawan, "Solar Tracker Cerdas dan Murah Berbasis Mikrokontroler 8 Bit ATmega8535," 2016.
- [4] D. Tantowi dan Y. Kurnia, "Simulasi Sistem Keamanan Kendaraan Roda Dua Dengan Smartphone dan GPS Menggunakan Arduino," 2020. [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.buddhidharma.ac.id/index.php/alogor/index>
- [5] D. Aribowo, G. Priyogi, dan S. Islam, "Aplikasi sensor LDR (Light Dependent Resistor) untuk efisiensi energi pada lampu penerangan jalan umum".
- [6] Y. Apriani dan T. Barlian, "Inverter Berbasis Accumulator Sebagai Alternatif Penghemat Daya Listrik Rumah Tangga," Jurnal Surya Energy, vol. 3, no. 1, 2018.
- [7] Hilal, A., & Manan, S. (2013). Pemanfaatan Motor Servo Sebagai Penggerak CCTV Untuk Melihat Alat-Alat Monitor dan Kondisi Pasien Di Ruang ICU. GEMA TEKNOLOGI, Vol. 17, 95-99.
- [8] Kadir, A. (2013). Panduan Praktis Belajar Mikrokontroler arduino. Yogyakarta: Andhi Offset Publishing.