

Rancang Bangun *Solar Tracker* Otomatis Berbasis Mikrokontroler dan Sensor Serat Optik Sebagai Penerima Intensitas Cahaya Maksimum

Farah Syauqi*, Harmadi

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 6 April 2024
Direvisi: 11 Mei 2024
Diterima: 24 Juni 2024

Kata kunci:

Daya
Serat Optik
Solar Cell
Solar Tracker

Keywords:

Power
Fiber optic
Solar Cell
Solar Tracker

Penulis Korespondensi:

Farah Syauqi
Email: farahsyauqi21@gmail.com

ABSTRAK

Solar cell merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaik. Energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* tergantung pada intensitas matahari yang diterima. Efisiensi maksimum *solar cell* didapatkan jika selalu tegak lurus dengan matahari, sehingga diperlukan alat yang dapat menggerakkan *solar cell* untuk mengikuti pergerakan matahari. Telah dibuat rancang bangun *solar tracker* otomatis menggunakan sensor serat optik pada penelitian ini. Rancangan *solar tracker* terdiri dari *solar cell* dan sensor serat optik sebagai pendeteksi cahaya matahari yang terdiri dari serat optik FD-620-10 *step index multimode* dan fotodetektor OPT101. Alat yang telah dibuat diuji dengan mendeteksi tegangan, kuat arus dan daya yang dihasilkan *solar tracker*. *Solar tracker* yang dibuat mampu menghasilkan daya listrik rata-rata sebesar 73,79% lebih optimal dibandingkan menggunakan *solar cell* statis. Berdasarkan hasil penelitian, alat yang telah dirancang dapat meningkatkan energi listrik yang dihasilkan dan menyimpannya ke dalam *accumulator* atau aki.

Solar cell is a device that converts light energy into electrical energy by an effective photovoltaic process. The electrical energy generated by solar cells depends on the intensity of the sun received. The maximum efficiency of solar cells is obtained if it is always perpendicular to the sun, so it is necessary to move the solar cell to follow the movement of the sun. An automatic solar tracker design has been made using fiber optic sensors in this study. The solar tracker design consists of a solar cell and a fiber optic sensor as a sunlight detector consisting of FD-620-10 step-index multimode optical fiber and OPT101 photodetector. The tool that has been made is tested by detecting the voltage, current strength, and power generated by the solar tracker. Solar trackers can produce an average electrical power of 73.79% more optimal than using static solar cells. Based on the results of research, the tool that has been designed can increase the electrical energy generated and store it in accumulators or batteries.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Permintaan listrik selalu tumbuh lebih tinggi dibandingkan jenis energi lainnya. Pertumbuhan permintaan listrik, diproyeksikan naik 9 kali lipat dari permintaan listrik tahun 2018. Pola permintaan listrik di sektor rumah tangga akan meningkat 49% tahun 2018 menjadi 58% (BaU), 60% (PB) dan 61% (RK) pada tahun 2050 (Siswanto, 2019). Untuk memenuhi permintaan listrik yang naik sebesar 9 kali lipat dari tahun 2018, maka produksi listrik akan mencapai 2.562 TWh (BaU), 2.167 TWh (PB) dan 1.838 TWh (RK) dengan asumsi bahwa kerugian dalam transmisi dan distribusi sekitar 10%. Produksi listrik pembangkit berbahan bakar batubara masih tetap mendominasi pada masa mendatang, namun pangsaanya terhadap total produksi listrik semakin menurun dari 57% di tahun 2018 menjadi 41% (BaU), 39% (PB), 32% (RK) pada tahun 2050.

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah. Indonesia merupakan negara tropis yang mempunyai potensi energi surya yang cukup besar, hal ini dapat dilihat dari data penyinaran matahari. Berdasarkan data yang dihimpun dari 18 lokasi radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan menjadi dua kawasan penyinaran, yaitu Kawasan Barat Indonesia (KBI) dan Kawasan Timur Indonesia (KTI). Distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) didapatkan hasil sekitar 4,5 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 10% dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa potensi penyinaran matahari rata-rata di Indonesia sekitar 4,8 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% (Widayana, 2012).

Teknologi pemanfaatan energi surya dapat dibagi menjadi dua macam yaitu energi surya termal dan energi surya fotovoltaik. Energi surya termal biasa digunakan untuk proses pengeringan hasil pertanian dan hasil kelautan, sedangkan energi surya fotovoltaik dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik. Energi surya fotovoltaik adalah teknologi pemanfaatan energi surya dengan mengkonversi arus listrik dengan menggunakan piranti yang disebut *solar cell* atau sel surya (Huang et al., 2009).

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaik. Energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* tergantung pada intensitas matahari yang diterima. Efisiensi maksimum *solar cell* didapatkan jika dipasang selalu tegak lurus dengan matahari (Rekioua et al., 2013).

Solar cell yang banyak digunakan saat ini bersifat statis, hal ini mengakibatkan penyerapan energi matahari yang diserap hanya optimal pada keadaan tertentu. Idealnya *solar cell* harus dapat mengikuti arah pergerakan cahaya matahari agar penyerapan energi maksimum. Solusi untuk menghasilkan energi maksimum pada *solar cell* dengan membuat sistem otomatis yang dapat menggerakannya. Alat ini dikenal dengan istilah *solar tracker*.

(Yatmani et al., 2020) telah melakukan penelitian tentang sistem kendali *solar tracker* untuk meningkatkan efisiensi daya. Uji coba dilakukan untuk menghasilkan energi total lebih besar dibandingkan modul surya tipe statis. Sistem ini terdiri dari Arduino Mega 265 sebagai pengendali dan *light dependent resistor* (LDR) sebagai sensor cahaya. Data yang didapatkan dengan menggunakan tipe *tracking* akan menghasilkan energi total lebih besar dibandingkan tipe statis sebesar 12,9%.

(Putra & Aslimeri, 2020) membuat sistem kendali *solar tracker* satu sumbu berbasis mikrokontroler. Sistem ini menggunakan sensor LDR sebagai sensor cahaya. Hasil dengan *solar tracker* ini didapat perbandingan dayanya sebesar 13.41 W sehingga penerimaan energi matahari lebih optimal, namun dari hasil juga didapatkan bahwa pergerakan *solar tracker* belum stabil dan optimal. Hal ini disebabkan karena sensor LDR yang digunakan belum mampu memfokuskan cahaya yang diterima sehingga pergerakan *solar tracker* belum maksimal.

Berdasarkan permasalahan dan hasil yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, maka dilakukan penelitian mengenai *solar tracker* otomatis berbasis sensor serat optik. *Solar tracker* otomatis dirancang dengan menggunakan sensor serat optik untuk memfokuskan dan mendapatkan intensitas maksimum dari cahaya matahari. Perubahan intensitas cahaya yang telah dipandu serat optik dikonversi menjadi besaran listrik oleh fotodetektor dan diproses dengan menggunakan mikrokontroler. Besaran listrik yang telah diproses akan dikirimkan pada motor *stepper* untuk menggerakkan *solar tracker* secara otomatis. Motor *stepper* akan selalu bergerak sehingga *solar cell* tegak lurus dengan arah datang cahaya matahari.

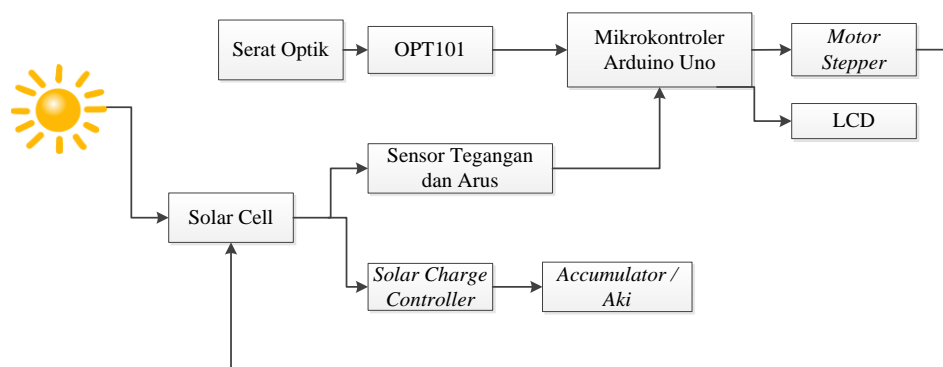
II. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan adalah multimeter digital, PC, luxmeter, serat optik plastik 620-10 tipe *step-index multimode*, arduino UNO, fotodetektor OPT101, *solar cell*, motor *stepper*, *liquid crystal display*, *jumper*, *crocodile breadboard*, *accumulator*, *voltage sensor*.

2.2 Perancangan Sistem

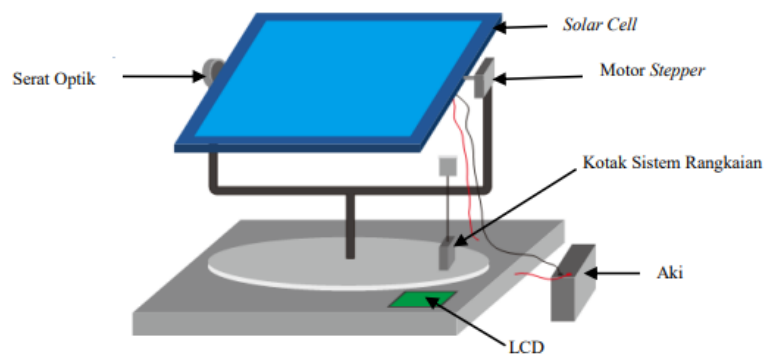
Perancangan sistem dilakukan guna untuk memaksimalkan kinerja *solar tracker* sehingga dapat bekerja secara otomatis untuk menggerakkan *solar cell*. Skema rangkaian *solar tracker* dapat dilihat pada Gambar 1. Blok penerima data terdiri arduino uno R3, motor *stepper* dan LCD. Data tegangan yang terbaca akan diproses oleh Arduino UNO dan dikirim ke motor *stepper* Informasi yang diterima oleh motor *stepper* digunakan untuk menggerakkan *solar tracker* otomatis. Sistem sensor serat optik pada penelitian ini terdiri dari serat optik dan foto detektor. Penampil data hasil pengukuran menggunakan LCD 2x16 dalam bentuk daya hasil penyerapan intensitas cahaya oleh *solar cell*.



Gambar 1 Skema rangkaian *solar tracker* otomatis

2.3 Perancangan Bentuk Fisik Robot

Gambar 2 menunjukkan bentuk fisik *solar tracker* otomatis. Proses diawali dengan penerimaan cahaya matahari oleh serat optik. Cahaya akan difokuskan menuju serat optik. Cahaya dipandu menuju fotodetektor OPT101 untuk diubah ke dalam tegangan. Tegangan yang telah terbaca dan diproses oleh Arduino UNO akan dikirimkan ke sensor tegangan. Tegangan yang telah terbaca dan diproses oleh Arduino UNO dan dikirim pada motor *stepper* untuk menggerakkan *solar tracker* secara otomatis. Motor *stepper* akan selalu bergerak hingga *solar cell* selalu tegak lurus terhadap arah datangnya cahaya matahari. *Real time clock* diatur untuk mengikuti gerak semu tahunan matahari selama 30 hari. Intensitas cahaya maksimum yang diperoleh dari pengarahannya *solar tracker* diserap oleh *solar cell* sehingga menghasilkan daya listrik maksimum. Daya listrik akan ditampilkan pada *liquid crystal display* (LCD).



Gambar 2 Rancangan bentuk fisik alat

2.4 Pengujian dan Analisis Data

Analisis data merupakan proses untuk mengetahui tingkat ketepatan dan ketelitian dari suatu sistem pengukuran. Ketepatan (akurasi) merupakan tingkat kesesuaian atau dekatnya suatu hasil

pengukuran terhadap nilai sebenarnya. Ketepatan dari sistem dapat ditentukan dari persentase kesalahan antara nilai aktual dengan nilai terlihat. Besar persentase kesalahan pada pengujian skala suatu alat ukur dapat ditentukan dengan Persamaan 1 dan persentase ketepatan (A_n) dapat ditentukan Persamaan 3.2 (Saputro, 2014).

$$XY = \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Persamaan 3.1 menunjukkan nilai persentase kesalahan, Y_n adalah nilai sebenarnya pada alat pembanding dan X_n adalah nilai yang terbaca pada alat ukur. Persentase ketepatan (A_n) dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$A_n = \left[1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \right] \times 100\% \quad (2)$$

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Pengujian Fotodetektor OPT101

Hasil pengujian fotodetektor OPT101 dan luxmeter sebagai alat pembanding menghasilkan nilai tegangan yang semakin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya yang diterima oleh fotodetektor OPT101. Pengujian ini dilakukan untuk mendeteksi pengaruh perubahan intensitas cahaya yang dipandu oleh serat optik terhadap nilai tegangan yang dihasilkan. Pengujian fotodetektor dan alat pembanding luxmeter dilakukan di ruangan gelap dan tertutup, sehingga intensitas cahaya dapat divariasikan menggunakan bantuan senter sebagai sumber cahaya. Hasil pengujian fotodetektor OPT101 dapat OPT101 pada Tabel 1.

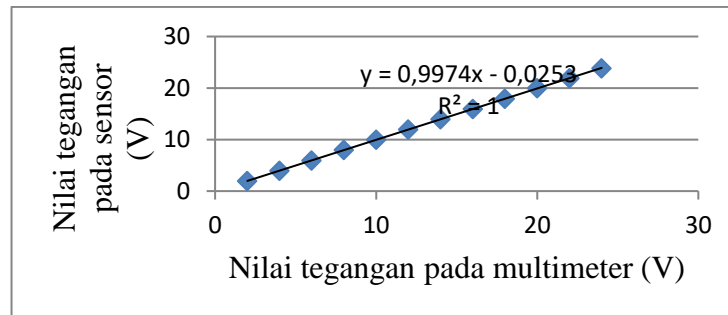
Tabel 1 Data pengujian tegangan keluaran OPT101

Intensitas Cahaya (lux)	Volt (V)
1700	4,24
1340	3,48
226	1,14
218	0,80
189	0,61
150	0,50
129	0,43

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan hasil hubungan antara intensitas cahaya dan tegangan keluaran. Pengujian fotodetektor OPT101 dan luxmeter menghasilkan nilai tegangan yang semakin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya yang diterima oleh fotodetektor OPT101.

3.2 Hasil Karakterisasi Sensor Tegangan DC

Hasil karakterisasi sensor ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sensor seperti akurasi, fungsi transfer, nilai *offset*, kesalahan relatif dan rentang kerja sensor. Sensor yang digunakan adalah sensor tegangan DC yang dapat mengukur tegangan dari 0-25 VDC. Cara kerja sensor ini yaitu mengukur tegangan pada rangkaian paralel melalui blok terminal, kemudian pin pada sensor dihubungkan dengan Arduino. Karakterisasi sensor ini dilakukan dengan menaikkan dan menurunkan tegangan sumber dari (2 – 24) Volt dan sebaliknya dengan interval 2 Volt. Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian sensor tegangan DC. Untuk nilai persentase error rata-rata adalah sebesar 0,7 % sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor ultrasonik yang digunakan dapat berfungsi dengan baik dan layak untuk digunakan.



Gambar 3 Hasil karakterisasi sensor tegangan DC

3.3 Pengaruh Tegangan Keluaran OPT101 terhadap Sudut Pasang *Solar Tracker*

Telah dilakukan karakterisasi OPT101 dengan menggunakan cahaya matahari sebagai sumber cahaya untuk mengetahui tegangan *output* yang mampu dihasilkan di OPT101. Berdasarkan Tabel 2 didapatkan data hasil karakterisasi OPT terhadap sudut pasang.

Tabel 2 Hasil Karakterisasi OPT101 terhadap Sudut Pasang

Pukul (WIB)	Intensitas Cahaya (lux)	Tegangan (volt)	Sudut Pasang (derajat)
08.00	747	1,8	1,2
09.00	774	2,3	36-54
10.00	950	2,7	54-72
11.00	953	3,3	72-90
12.00	963	4	90-108
13.00	767	3,12	108-126
14.00	730	3,25	126-144
15.00	703	2,3	144-153
16.00	695	0,87	153-162

Tabel 2 menunjukkan data tegangan yang dihasilkan OPT101 dimulai pukul 08.00 – 16.00 WIB. Data tegangan ini yang akan diinputkan kedalam *source code* untuk memberikan perintah kepada motor *stepper* agar menggerakkan *solar cell*. Tegangan yang dihasilkan OPT101 tiap jam merupakan tegangan maksimum yang mampu dihasilkan, sehingga mendapatkan sudut pasang *solar cell* yang akan menghasilkan daya maksimum.

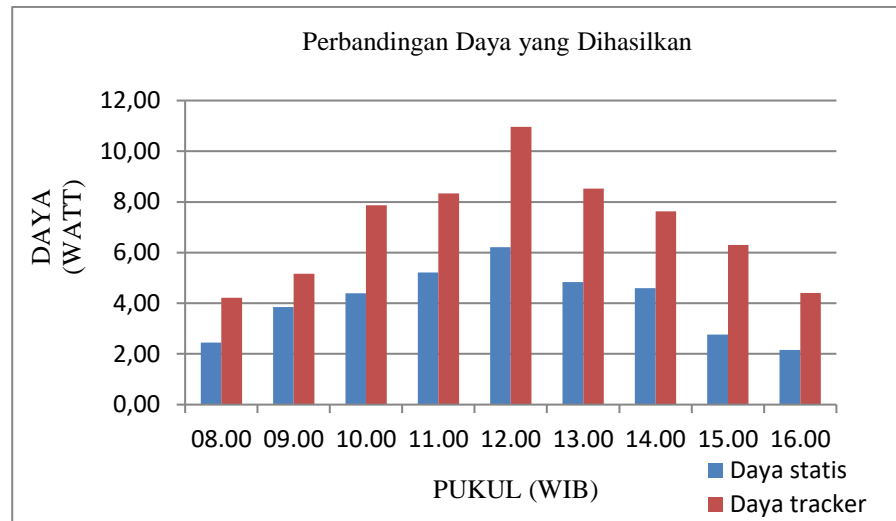
3.4 Hasil Perbandingan Daya yang dihasilkan

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan data perbedaan daya yang dihasilkan oleh *solar cell* statis dan *solar tracker* dimana daya yang dihasilkan *solar tracker* lebih besar dibandingkan penggunaan *solar cell* statis.

Tabel 3 Hasil perbandingan daya yang dihasilkan

Pukul (WIB)	Daya Solar Tracker (watt)	Daya Solar Cell (watt)	Peningkatan Daya (%)
08.00	4,22	2,45	72,24
09.00	5,17	3,85	34,29
10.00	7,87	4,39	79,27
11.00	8,33	5,22	59,58
12.00	10,96	6,21	76,49
13.00	8,52	4,84	76,03
14.00	7,63	4,60	65,87
15.00	6,30	2,76	128,26
16.00	4,40	2,16	103,70

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan data perbedaan daya yang dihasilkan oleh *solar cell* statis dan *solar tracker*, dari data tersebut kita bisa melihat perbedaan daya dengan membuatnya kedalam Grafik seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik perbandingan daya yang dihasilkan

Gambar 4 dapat menjelaskan perbedaan daya yang dihasilkan oleh kedua *solar cell*, dengan daya yang dihasilkan *solar tracker* lebih besar. Daya rata-rata yang dihasilkan oleh *solar tracker* sebesar 7,04Watt dan *solar cell* statis menghasilkan 4,05 Watt. Penggunaan *solar tracker* dapat membuat daya yang dihasilkan *solar cell* akan meningkat sebesar 73,79 %. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan *solar tracker* lebih efektif digunakan sebagai sumber energi listrik dibandingkan *solar cell*. Hal ini disebabkan karena *solar tracker* sudah dirancang agar dapat mengikuti pergerakan cahaya matahari sehingga akan menyerap intensitas cahaya matahari secara maksimal.

IV. KESIMPULAN

Solar tracker yang dibuat mampu menggerakkan *solar cell* secara otomatis menuju arah cahaya matahari yang memiliki intensitas cahaya maksimum. Hasil pengujian *solar tracker* otomatis menunjukkan peningkatan daya yang dihasilkan mencapai 73,79% dibanding penggunaan *solar cell* statis. Daya yang dihasilkan *solar tracker* akan disimpan di dalam aki untuk digunakan sebagai sumber listrik dalam kehidupan sehari-hari

DAFTAR PUSTAKA

- Huang, Y. J., Kuo, T. C., Chen, C. Y., Chang, C. H., Wu, P. C., & Wu, T. H. (2009). The design and implementation of a solar tracking generating power system. *Engineering Letters*, 17(4).
- Putra, A. M., & Aslimeri. (2020). Sistem Kendali Solar Tracker Satu Sumbu berbasis Arduino dengan sensor LDR. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(1), 322. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i1.107775>
- Rekioua, D., Achour, A. Y., & Rekioua, T. (2013). Tracking power photovoltaic system with sliding mode control strategy. *Energy Procedia*, 36, 219–230. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.025>
- Siswanto, D. (2019). *Outlook Energi Indonesia 2019*. Dewan Energi Indonesia.
- Widayana, G. (2012). Pemanfaatan Energi Surya. *Jurnal Pendidikan Teknologi Kejuruan*, 9(1).
- Yatmani, S., Kamal, E., Aisyah, T., Widodo, W., Faizal, A. (2020). Sistem kendali Solar Tracker Untuk Meningkatkan efisiensi Daya. *Jurnal Teknik Mesin ITI*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.31543/jtm.v4i1.354>