



NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage:
<https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



ANALISIS PERFORMANSI *SOLAR TRACKER* SISTEM BERBASIS LOGIKA FUZZY SEBAGAI OPTIMALISASI DAYA YANG DIHASILKAN PANEL SURYA

Muhammad Bahrul Ulum^{1*}, Indah Widiastuti¹, Danar Susilo Wijayanto¹

¹Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Email: muhammad_bahrul@sudent.uns.ac.id

Abstract

Solar energy, as one of the main alternative energy sources with abundant amounts and minimum environmental impact, plays an important role in providing electrical energy in the world. Solar panels will produce maximum electrical power when the intensity of the solar radiation received is also maximum. For this reason, solar panels must be controlled so that their position is always perpendicular to the Sun. By looking at this problem, a solar tracker is needed so that the position of the solar panels moves perpendicular to the position of the Sun. This research aims to determine the comparison of power produced by solar panels using a solar tracker system and a fixed system. This research uses an experimental method in the form of direct research on solar panels. In this research, the solar tracker uses a fuzzy logic-based microcontroller utilizing a light sensor to command the electric motor to move to follow the position of the Sun automatically. Meanwhile, in a fixed system, the solar panels are positioned at the most optimal angle, namely 24°. The research was carried out by measuring the electric current and electric voltage produced by the two solar panels. From the results of these measurements, the amount of electrical power produced by the solar panels is obtained. The research results show that the solar tracker based on fuzzy logic produces a better average daily output power compared to a fixed system, namely 7.86 W. The use of fuzzy logic helps the microcontroller to provide the best inference regarding the direction of rotation of the solar panel so that it is always perpendicular to the direction arrival of solar radiation.

Keywords: *solar tracker, solar panel, fuzzy logic, microcontroller*

A. PENDAHULUAN

Sumber daya energi terbarukan akan menjadi bagian yang sangat penting dari sistem pembangkit listrik. Selain membantu dalam

pengurangan efek rumah kaca, sumber daya energi terbarukan memiliki bagian yang sangat dibutuhkan untuk campuran sumber daya energi dengan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Ketergantungan

pembangkit listrik di Indonesia terhadap energi fosil menurut data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2022) dalam kurun 5 tahun terakhir masih cukup tinggi (minyak bumi 34,18%, gas 17,19%, dan batubara 37,80%).

Energi Matahari sebagai salah satu sumber energi alternatif utama dengan jumlah melimpah dan dampak lingkungan minimum, memegang peran penting untuk menyediakan energi listrik di dunia. Energi Matahari yang mencapai permukaan bumi tiap detiknya dapat mencapai 80 juta kilowatt, jika 1% diantaranya ditransfer ke tenaga listrik dengan 5% tingkat konversi, maka kapasitas pembangkit tahunan mungkin bisa mencapai $5,6 \times 10^{12}$ kWh atau setara hingga 40 kali dari konsumsi energi dunia saat ini (Wu & Re, 2012).

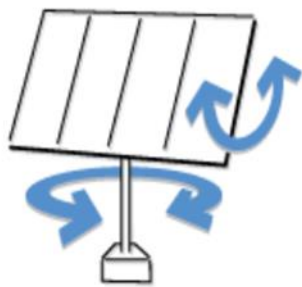
Panel Surya merupakan modul yang terdiri dari serangkaian susunan sel panel surya. Sel panel surya adalah perangkat yang mengubah energi Matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaiik. Sel panel surya pada umumnya merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap foton dari sinar Matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Menurut Abadi, dkk (Abadi *et al.*, 2014) listrik yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi Matahari. Panel surya akan menghasilkan daya listrik

maksimum ketika intensitas radiasi Matahari yang diterima juga maksimum. Untuk itu panel surya harus dikontrol sehingga posisinya selalu tegak lurus terhadap Matahari.

Panel surya mempunyai potensi untuk diterapkan di Indonesia, tetapi permasalahan utamanya adalah ketidakstabilan daya yang dihasilkan sehingga sangat bergantung pada intensitas radiasi Matahari yang diterima oleh panel surya. Intensitas radiasi Matahari yang diterima oleh panel surya dapat dimaksimalkan dengan cara memasang panel surya pada kemiringan paling optimal. Pada panel surya dengan sistem tetap sudut kemiringan panel yang tepat untuk musim hujan adalah 1° sedangkan untuk musim kemarau adalah 24° (Pangestuningtyas *et al.*, 2013).

Solar tracker atau pelacak Matahari merupakan suatu gabungan sistem yang terdiri dari beberapa komponen penyusun seperti panel surya, sensor, actuator dan mikrokontroler. *Solar tracker* dirancang agar mampu mendeteksi dan mengikuti arah Matahari sehingga posisi panel surya selalu tegak lurus dengan Matahari. Posisi panel surya yang selalu tegak lurus dengan Matahari akan meningkatkan daya keluaran yang dihasilkan dari panel surya. *Solar tracker* terdiri dari beberapa jenis dan dapat diklasifikasikan menurut jumlah sumbu rotasinya. Sistem

pelacak Matahari menurut jumlah sumbu rotasi yaitu sumbu rotasi tunggal dan sumbu rotasi ganda. Sistem pelacakan sumbu tunggal umumnya ditunjukkan pada pergerakan sudut azimuth, dimana salah satu gerakan yang diinginkan tergantung pada teknologi yang digunakan pada sistem *solar tracker*. Pelacak sinar Matahari sumbu ganda dapat diputar secara bersamaan pada arah horisontal dan vertikal. (Cheema, 2012).



Gambar 1. *Horizontal dan vertical axis solar tracker*

Teknologi mikrokontroler sebagai hasil dari produk teknologi semikonduktor telah memberikan kontribusi yang besar dalam menunjang aktivitas manusia. Hal ini tidak terlepas dari semakin banyaknya variasi perangkat lunak untuk pengembangan mikrokontroler dan bahasa yang digunakan semakin mudah dipahami oleh para pengembang. Dapat disimpulkan kemampuan penguasaan teknologi mikrokontroler akan membuka peluang pengembangan produk yang belum ada sebelumnya yang berbasis

mikrokontroler inovatif untuk berbagai area kebutuhan yang sifatnya *low-cost*. Salah satu jenis mikrokontroler yang paling populer adalah Arduino.

Saat ini kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) berkembang dengan pesat. Hampir setiap alat yang diciptakan bertujuan untuk mempermudah pekerjaan manusia. Di antara bidang yang menggunakan kecerdasan buatan antara lain sistem pakar, logika fuzzy, jaringan syaraf tiruan, dan lain lain. Kusumadewi didalam bukunya (2010) menjelaskan bahwa logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output dan mempunyai nilai kontinyu. Fuzzy dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran.

Penelitian mengenai penggunaan mikrokontroler berbasis logika fuzzy untuk meningkatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan sistem *solar tracker* belum banyak diteliti. Achadiyah & Sari (2019) melakukan penelitian dengan membandingkan daya yang dihasilkan oleh panel surya menggunakan sistem *solar tracker* berbasis logika fuzzy dan sistem tetap. *Solar tracker* tersebut menggunakan mikrokontroler memanfaatkan sensor cahaya untuk memerintahkan motor listrik supaya bergerak

mengikuti posisi Matahari. Hasilnya didapat bahwa *solar tracker* berkerja lebih baik daripada sistem tetap.

Berawal dari penelitian tersebut, penelitian ini akan membandingkan daya yang dihasilkan oleh panel surya menggunakan sistem solar tracker dan sistem tetap pada sudut paling optimal pada panel surya yaitu 24° berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muin, dkk (2020) di Kampus V Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

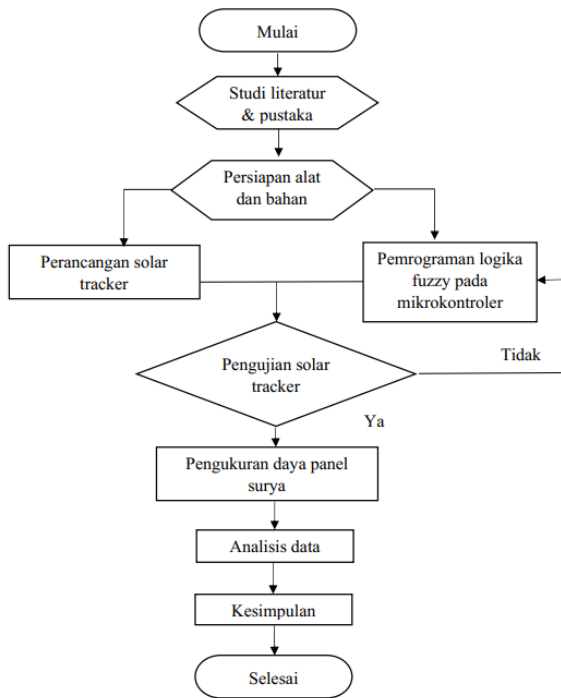
B. METODE

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen berupa penelitian langsung terhadap panel surya untuk mencapai kondisi yang diharapkan yaitu saat permukaan panel surya tegak lurus terhadap datangnya sinar Matahari. Sehingga panel surya mampu mencapai performansi yang maksimum. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi studi literatur, perancangan *solar tracker*, pengambilan data intensitas radiasi Matahari, pemrograman logika fuzzy, *set up* alat ukur, pengambilan data, dan analisis data. Pengujian peralatan dilakukan pada pukul 08.00 s.d. 16.00 pada interval waktu pengambilan data setiap menit 15 menit untuk mendapatkan data daya listrik.



Gambar 2. Proses pengambilan data

Dari data yang diperoleh selanjutnya dapat dilakukan analisis data menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif yaitu dengan mengamati secara langsung keadaan penelitian dan hasil pengukuran menggunakan alat-alat ukur. Hasil pengukuran kemudian dicatat dari masing-masing eksperimen. Setelah hasil pengukuran pada panel surya dicatat kemudian dibuatkan tabel dan grafik, sehingga mudah untuk dianalisis dan ditarik kesimpulannya.



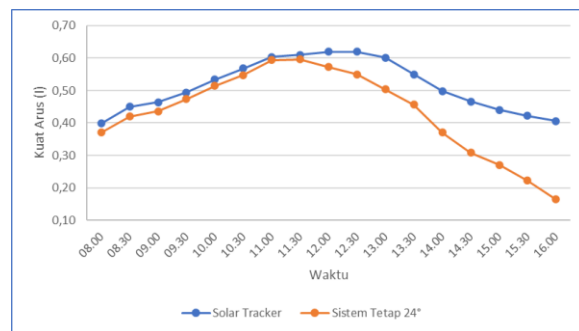
Gambar 3. Diagram alir penelitian

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah hasil pengukuran intensitas radiasi Matahari, arus listrik dan tegangan listrik pada panel surya dengan *solar tracker* dan sistem tetap. Pengambilan data dilakukan dengan cara pengukuran menggunakan alat ukur luxmeter untuk mengukur intensitas radiasi Matahari serta multimeter untuk mengukur kuat arus dan tegangan. Proses pengambilan data dilakukan dengan pengukuran dan pencatatan dalam bentuk tabel dan disajikan dalam bentuk grafik.

Arus listrik yang dihasilkan dari pengukuran ini adalah arus listrik searah atau

direct current. Data hasil kuat arus dan tegangan listrik diperoleh dengan cara melakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur multimeter digital. Pengukuran arus dan tegangan listrik dilakukan untuk mengetahui besar daya yang dihasilkan panel surya. Data hasil pengukuran arus dan tegangan listrik dilihat pada gambar berikut.

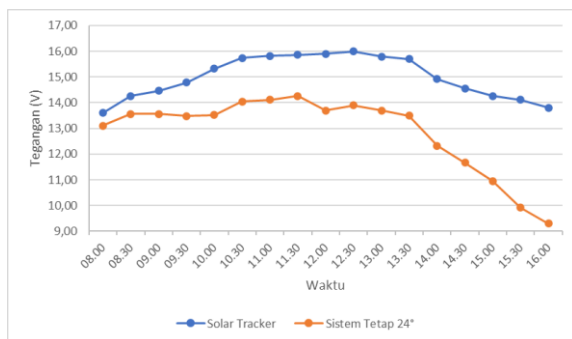


Gambar 4. Grafik perbandingan kuat arus listrik terhadap waktu

Berdasarkan gambar 4 menunjukkan rata-rata arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya pada kondisi waktu yang berbeda. Terlihat pada gambar dimana kurva biru mewakili panel surya dengan *solar tracker* dan kurva jingga mewakili panel surya dengan sistem tetap. Panel surya dengan *solar tracker* menghasilkan arus listrik yang lebih tinggi dibandingkan panel surya dengan sistem tetap.

Arus listrik tertinggi panel surya dengan *solar tracker* terjadi pada pukul 12.00 dan 12.30 WIB sebesar 0,62 A. Sedangkan arus

listrik tertinggi panel surya dengan sistem tetap terjadi pukul 11.15 hingga 11.30 WIB sebesar 0,60 A. Arus listrik terendah panel surya dengan solar tracker terjadi pada pukul 08.00 WIB sebesar 0,40 A. Sedangkan arus listrik terendah panel surya dengan sistem tetap terjadi pukul 16.00 WIB sebesar 0,16 A.

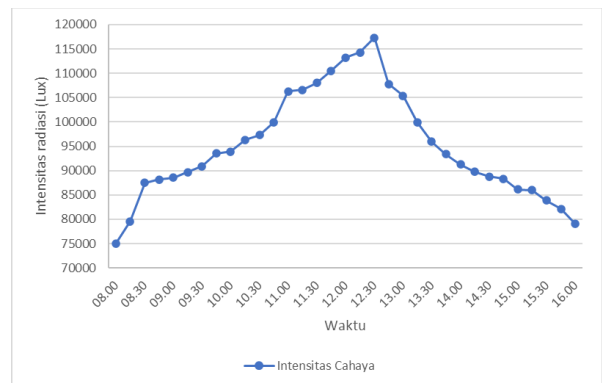


Gambar 5. Grafik perbandingan tegangan listrik terhadap waktu

Berdasarkan gambar 5 menunjukkan rata-rata yang tegangan yang dihasilkan oleh panel surya pada kondisi waktu yang berbeda. Panel surya dengan *solar tracker* menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan panel surya dengan sistem tetap. Tegangan tertinggi panel surya dengan *solar tracker* terjadi pada pukul 12.30 WIB sebesar 16,00 V. Sedangkan tegangan tertinggi panel surya dengan sistem tetap terjadi pukul 11.30 WIB sebesar 14,26 V. Tegangan terendah panel surya dengan *solar tracker* terjadi pada pukul 08.00 WIB sebesar 13,60 V. Sedangkan tegangan terendah panel

surya dengan sistem tetap terjadi pukul 16.00 WIB sebesar 9,30 V.

Intensitas radiasi Matahari dan arus listrik yang dihasilkan tiap hari dihitung berdasarkan nilai rata-rata pengukuran selama 5 hari. Data pengukuran intensitas radiasi Matahari diperoleh dengan cara melakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur luxmeter dengan interval waktu 15 menit dimulai dari pukul 08.00 s.d. 16.00 WIB. Data hasil pengukuran rata-rata arus listrik dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. Grafik pengukuran intensitas radiasi matahari harian

Berdasarkan gambar 6 menunjukkan intensitas radiasi Matahari pada kondisi waktu yang berbeda. Terlihat pada gambar dimana kurva biru mewakili tingkat Intensitas radiasi Matahari. Intensitas radiasi Matahari tertinggi terjadi pukul 12.30 WIB sebesar 117.340 lux. Sedangkan Intensitas radiasi Matahari terendah terjadi pukul 08.00 WIB sebesar 75.000 lux.

Daya yang diterima (P_{in}) sel panel surya sangat tergantung oleh intensitas radiasi Matahari yang diterima dengan luas sel panel surya tersebut, yang dinyatakan sebagai berikut.

$$P_{in} = I_r \times A$$

Dimana:

P_{in} = Daya input akibat radiasi Matahari (Watt)

I_r = Intensitas radiasi Matahari (Watt/m²)

A = Luas area permukaan Panel Surya (m²)

Sedangkan daya yang dikeluarkan panel surya (P_{out}) merupakan perkalian dari tegangan dan arus listrik. Daya dinyatakan dalam P, tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan:

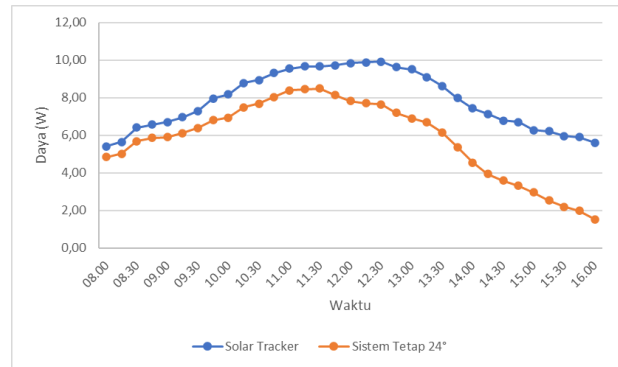
$$P_{out} = V \times I$$

Dimana:

P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh panel surya (W)

V = Tegangan yang dihasilkan panel surya (V)

I = Arus yang dihasilkan panel surya (A)



Gambar 7. Grafik perbandingan daya listrik yang dihasilkan terhadap waktu

Berdasarkan gambar 7 menunjukkan intensitas radiasi Matahari pada kondisi waktu yang berbeda. Perbedaan output yang signifikan dimulai setelah pukul 11.30 WIB dikarenakan posisi panel surya dengan sistem tetap terjadi perbedaan sudut yang semakin menjauh dari arah datangnya Matahari. Energi terbesar Matahari akan diserap oleh panel surya saat permukaan panel surya tegak lurus terhadap sinar Matahari (Abadi *et al.*, 2014).

Daya output tertinggi panel surya dengan *solar tracker* terjadi pada pukul 12.30 WIB sebesar 9,92 W dengan rata-rata harian sebesar 7,86 W. Sedangkan daya output tertinggi panel surya dengan sistem tetap terjadi pukul 11.30 WIB sebesar 8,50 W dengan rata-rata harian sebesar 5,83 W. Daya output terendah panel surya dengan *solar tracker* terjadi pada pukul 08.00 WIB sebesar 5,41 W. Sedangkan daya output terendah panel surya dengan sistem tetap terjadi pukul 16.00 WIB sebesar 1,53 W.

Menurut Sze, S.M. dalam Affifudin (2012) menyatakan bahwa efisiensi panel surya (η) juga dapat diketahui dengan perbandingan antara daya listrik output yang dikeluarkan sel surya dengan daya input yang berasal dari cahaya Matahari:

$$\eta = P_{\text{out}}/P_{\text{in}} \times 100\%$$

Berdasarkan daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya, dapat diketahui nilai efisiensi panel surya (η) melalui perbandingan antara daya output dan daya input yang dihasilkan. Hasil perhitungan tersebut kemudian dibuat grafik rata-rata efisiensi daya yang dihasilkan terhadap waktu seperti pada tabel berikut.

Waktu	Efisiensi	
	<i>Solar Tracker (%)</i>	<i>Sistem Tetap (%)</i>
8:00	10,15	9,09
8:15	10,00	8,87
8:30	10,32	9,16
8:45	10,49	9,37
9:00	10,65	9,39
9:15	10,93	9,61
9:30	11,29	9,88
9:45	11,96	10,22
10:00	12,26	10,41
10:15	12,82	10,94
10:30	12,92	11,12
10:45	13,12	11,31
11:00	12,65	11,10
11:15	12,75	11,16
11:30	12,59	11,06
11:45	12,38	10,37
12:00	12,24	9,73
12:15	12,18	9,49
12:30	11,89	9,16
12:45	12,56	9,39
13:00	12,70	9,22
13:15	12,82	9,41
13:30	12,66	9,02
13:45	12,01	8,09
14:00	11,45	7,02
14:15	11,18	6,18
14:30	10,75	5,69
14:45	10,68	5,29
15:00	10,24	4,83
15:15	10,18	4,14
15:30	9,99	3,69
15:45	10,11	3,38
16:00	9,97	2,71
Rata-rata	11.54	8.47

Tabel 8. Perbandingan efisiensi daya yang dihasilkan oleh panel surya

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan efisiensi daya yang dihasilkan oleh masing-masing panel surya pada kondisi waktu yang berbeda. Panel surya dengan solar tracker menghasilkan efisiensi daya lebih tinggi yaitu 11,54%. Sedangkan sistem tetap dengan sudut 24° menghasilkan efisiensi daya sebesar

8,47%. Data tersebut juga mendukung penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Zakariah, dkk (2015) dan Achadiyah & Sari (2019) bahwa solar tracker berbasis logika fuzzy menghasilkan efisiensi energi yang lebih baik dibandingkan dengan sistem tetap. Pengontrol logika fuzzy membantu mikrokontroler memberikan inferensi terbaik mengenai arah putaran panel surya dan posisinya.

D. PENUTUP

Simpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini sebagai berikut :

1. Daya output tertinggi panel surya dengan *solar tracker* terjadi pada pukul 12.30 WIB sebesar 9,92 W dengan rata-rata harian sebesar 7,86 W. Sedangkan daya output tertinggi panel surya dengan sistem tetap terjadi pukul 11.30 WIB sebesar 8,50 W dengan rata-rata harian sebesar 5,83W.
2. *Solar tracker* berbasis logika fuzzy menghasilkan efisiensi daya yang lebih baik dibandingkan dengan sistem tetap yaitu sebesar 11,54%.
3. Penggunaan logika fuzzy membantu mikrokontroler untuk memberikan inferensi terbaik mengenai arah putaran panel surya agar selalu tegak lurus dengan arah datangnya radiasi Matahari.

Saran

Beberapa saran yang diperlukan untuk perbaikan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan perhitungan mengenai besaran konsumsi energi internal pada perangkat solar tracker tersebut.
2. Perlu adanya peningkatan kualitas sensor cahaya yang memiliki sensitivitas yang lebih tinggi agar hasil yang didapatkan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, I., Soeprijanto, A., & Musyafa, A. (2014). Design of single axis solar tracking system at photovoltaic panel using fuzzy logic controller. *IET Conference Publications*, 2014(CP649). <https://doi.org/10.1049/cp.2014.1086>
- Achadiyah, A. N., & Sari, M. S. A. (2019). Perancangan Solar Tracker Photovoltaic Cells Dengan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech*, 2(2), 134–139. <https://doi.org/10.33379/gtech.v2i2.333>
- Cheema, S. S. (2012). *Simulation Studies on Dual Axis Solar Photovoltaic Panel Tracking System*.
- Istiyanto, J. E. (2014). *Pengantar Elektronika & Instrumentasi* (1st ed.). Andi Offset.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2022). Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2022. In *Ministry of Energy and Mineral Resource Republic Indonesia*.
- Kusumadewi, S. &, & Purnomo, H. (2010).

Aplikasi Logika Fuzzy: Untuk Pendukung Keputusan. Graha Ilmu.

- Pangestuningtyas, D. ., Hermawan, H., & Karnoto, K. (2013). Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(2), 0–7.
- Wu, J., & Re, J. (2012). Research and Application of Solar Energy Photovoltaic-Thermal Technology. *Solar Power*, May. <https://doi.org/10.5772/27897>
- Zakariah, A., Jamian, J. J., & Yunus, M. A. M. (2015). Dual-axis solar tracking system based on fuzzy logic control and Light Dependent Resistors as feedback path elements. *2015 IEEE Student Conference on Research and Development, SCORED 2015*, 139–144. <https://doi.org/10.1109/SCORED.2015.7449311>