

# Analisis Penggunaan *Solar Tracking* dan *Watercooling* pada Daya Output Panel Surya

Ida Ayu Sri Adnyani<sup>1</sup>, Supriono<sup>1</sup>, Muhamad Aji Mubarak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>adnyani@unram.ac.id, Teknik Elektro Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62, Mataram, Indonesia

<sup>2</sup>Supriono@unram.ac.id, Teknik Elektro Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62, Mataram, Indonesia

<sup>3</sup>ajimubarak8@gmail.com, Teknik Elektro Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62, Mataram, Indonesia

## ARTICLE INFO

### Article history (8 pt):

Received August 28, 2025

Revised August 30, 2025

Accepted August 31, 2025

### Keywords (8 pt):

*solar panel;*  
*solar tracking*  
*water cooling*  
*polycrystalline*  
*pyranometer*

## ABSTRACT (10 PT)

Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja panel surya polycrystalline berkapasitas 5 Wp dengan dimensi 280×185×17 mm yang dilengkapi sistem solar tracking dan water cooling. Solar tracker berfungsi mengoptimalkan penerimaan intensitas cahaya dengan memanfaatkan sensor Light Dependent Resistor (LDR) dan motor servo sebagai aktuator, sedangkan sistem water cooling menjaga suhu modul tetap stabil melalui sirkulasi air menggunakan pompa dan relay. Data intensitas cahaya diukur menggunakan pyranometer, sedangkan tegangan dan arus dimonitor setiap 15 menit. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa daya maksimum dicapai pada pukul 09:45 sebesar 5,44 W pada iradiasi 679,256 W/m<sup>2</sup> dan suhu 36 °C. Rata-rata daya keluaran tercatat 3,87 W pada iradiasi 416,96 W/m<sup>2</sup>, tegangan 5,18 V, dan arus 0,74 A. Penerapan solar tracking dan water cooling terbukti mampu meningkatkan penerimaan cahaya, menjaga kestabilan suhu.

*This study aims to analyze the performance of a 5 Wp polycrystalline solar panel 280×185×17 mm equipped with a solar tracking system and water cooling. The solar tracker optimizes sunlight capture using a Light Dependent Resistor (LDR) sensor and a servo motor as the actuator, while the water cooling system stabilizes the module temperature through water circulation with a pump and relay. Solar irradiance was measured using a pyranometer, while voltage and current were recorded every 15 minutes. The results show that the maximum power output was achieved at 09:45, reaching 5.44 W at an irradiance of 679.256 W/m<sup>2</sup> and a temperature of 36 °C. The average power output was 3.87 W under an average irradiance of 416.96 W/m<sup>2</sup>, with a voltage of 5.18 V and current of 0.74 A. The implementation of solar tracking and water cooling effectively increased light absorption, maintained temperature stability.*

### corresponding Author: (9 pt)

Corresponding Author Ida Ayu Sri Adnyani, Teknik Elektro Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62, Mataram, Indonesia

Email: adnyani@unram.ac.id

## 1. INTRODUCTION

Panel surya adalah perangkat yang merubah energi matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaic. Dalam penggunaannya, tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan suhu lingkungan. Suhu lingkungan semakin tinggi maka tegangan yang dihasilkan dapat berkurang dan arus yang dihasilkan semakin meningkat[1]. Suhu operasi optimal dari panel surya sendiri yaitu pada 25°C, dalam beberapa kasus, faktor panas dapat mengurangi keluaran sebesar 10% hingga 25% daya keluaran panel surya. Modul PV memiliki tingkat efisiensi rata-rata sekitar 15-20%, artinya hanya sekitar 15 hingga 20 persen cahaya yang diterima oleh modul PV yang dapat diubah menjadi listrik. Namun, sisa cahaya yang tidak diubah menjadi listrik sebagian besar menjadi panas[2]. Semakin tinggi temperatur lingkungan sekitar panel surya, daya listrik yang dihasilkan semakin berkurang. Penelitian tersebut dilakukan dengan melakukan pengujian yang mengukur tiga parameter, yaitu parameter intensitas cahaya matahari, parameter daya keluaran, serta parameter temperatur pada permukaan sel surya. Hasil yang didapatkan setelah mengukur parameter tersebut yaitu terdapat penurunan daya keluaran dengan tingkat penurunan 0,7113W/°C. Penurunan tersebut disertai dengan peningkatan temperatur pada permukaan sel surya, sehingga hal ini membuktikan bahwa temperatur juga mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh sel surya [1]. Daya keluaran panel surya dapat

ditingkatkan dengan memaksimalkan intensitas cahaya matahari yang mengenai panel dan menjaga suhu permukaan panel tetap pada suhu idealnya.

Penggunaan panel surya yang biasanya dipasang cenderung statis. Kondisi ini mengakibatkan penyerapan sinar matahari tidak maksimal. Agar dapat memaksimalkan pemanfaatan energi matahari, panel surya perlu mampu mengikuti arah sinar matahari. Semakin besar intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya, maka semakin tinggi kapasitas listrik yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem untuk membuat sel surya selalu mengikuti pergerakan matahari, yaitu dengan menggunakan pelacak matahari (*solar tracking*). *Solar tracking* membuat panel bergerak mengikuti sudut datang cahaya matahari sehingga meningkatkan intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya dan bekerja pada kondisi optimal pada pagi dan sore hari [3]. Pengaplikasian *solar tracking* pada panel surya selain meningkatkan intensitas cahaya juga mengakibatkan suhu permukaan panel menjadi lebih cepat panas. Oleh karena itu pengaplikasian *solar tracking* perlu di lengkapi dengan sistem pendinginan. Untuk menjaga suhu permukaan panel surya agar tetap pada suhu operasi optimalnya sebesar 25°C dapat dilakukan dengan mengaplikasikan *water coling system* yang dapat mengalirkan air setiap 5 menit sekali dengan durasi air mengalir yaitu 20 detik[4].

Penelitian ini menggunakan panel surya jenis *polycrystalline* memiliki dimensi 280x185x17 mm berkapasitas 5Wp dengan tegangan maksimum 5,95Volt dan arus maksimum yang dapat dihasilkan 0,98Amper. Daya keluarannya dilihat perbedaannya dari penggunaan *solar tracking* dan *watercooling*. Dengan pengaplikasian *solar tracking* dan *water cooling* pada panel surya dapat mengoptimalkan intensitas cahaya dan suhu sehingga daya yang dihasilkan panel surya dapat optimal.

*Solar tracker* adalah perangkat yang mengarahkan panel surya ke arah matahari sehingga intensitas cahaya yang diterima panel surya menjadi lebih maksimal. Sistem pelacakan membantu meningkatkan keluaran energi yang lebih besar dibandingkan dengan panel surya dengan arah tetap karena tidak dapat mengikuti pergerakan matahari[5].

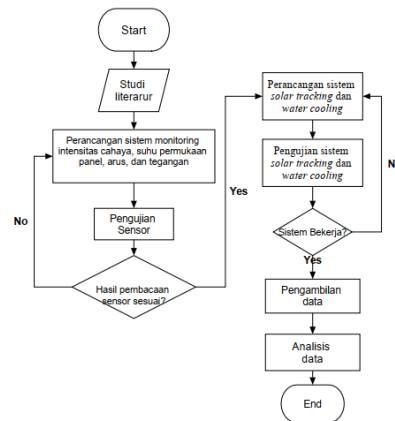
Komponen – komponen *solar tracker* terdiri atas: Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) dan Motor servo. *Light Dependent Resistor* (LDR) atau disebut juga Photoresistor merupakan salah satu jenis resistor di mana besarnya hambatan/resistansinya berdasarkan intensitas cahaya yang diterima. LDR berperan penting pada sistem *solar tracker* di mana pada penelitian ini data nilai hambatan LDR digunakan sebagai input untuk menentukan pergerakan motor servo. Motor Servo adalah motor dengan sistem umpan balik tertutup yang menggunakan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) sebagai *input* untuk mengatur besar dan arah putaran. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan luas batas sudut putaran servo. Sudut motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa (*pulse*) yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Motor servo mampu bekerja dua arah yaitu, searah jarum jam *Clock Wise* (CW) dan kebalikan arah jarum jam *Counter Clock Wise* (CCW). Arah dan sudut pergerakan rotor dari motor servo dapat dikendalikan dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.

*Water cooling* merupakan sistem pendingin panel surya yang memanfaatkan air sebagai media pendinginnya[6]. Sistem *water cooling* pada penelitian ini menggunakan pompa air untuk mengalirkan air kepermukaan panel surya dan relay. Prinsip kerja relay di mana medan magnet yang digunakan menggerakkan saklar. Ketika kumparan yang ada di dalam relay diberikan tegangan sesuai dengan tegangan kerja relay maka timbul medan magnet pada kumparan karena adanya arus listrik yang mengalir pada lilitan kawat. Kumparan ini menarik saklar dari kontak NC ke kontak NO, jika tegangan dimatikan maka medan magnet hilang dan saklar kembali menjadi NC.

## 2. METHOD

Penelitian ini dilakukan dengan desain eksperimen tunggal, di mana panel surya diberikan perlakuan dengan pemasangan sistem *solar tracking* dan *water cooling*. Pengukuran dan pengambilan data: Intensitas cahaya matahari diukur menggunakan *Pyranometer*. Arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya terpantau pada layar LCD setiap 15 menit. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dari intensitas cahaya, suhu permukaan, dan daya *output* panel surya dengan *solar tracking* dan *water cooling*.

Skema rancangan sistem *Solar tracking* dan *water cooling* pada panel surya terlihat pada Gambar 1. *Solar tracking* menggunakan dua buah sensor LDR untuk mendeteksi cahaya matahari kemudian memberikan perintah kepada servo untuk menggerakkan panel kesisi sensor yang mendapat cahaya lebih besar. *Water cooling* mengalirkan air kepermukaan panel surya ketika suhu yang terbaca lebih dari 25°C.



Gambar 1. Skematik rancangan sistem *Solartracking* dan *water cooling* panel surya

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1. PENGUJIAN SENSOR

Penelitian ini, bertujuan untuk mendapatkan pengaruh penggunaan sistem Solar Tracking dan Water Cooling terhadap daya keluaran PLTS. Hasil perancangan panel surya dengan solar tracking dan water cooling ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil perancangan panel surya

Gambar 2 menunjukkan hasil perancangan panel surya dengan *solar tracking* dan *water cooling* di mana sistem solar *tracking* terdiri dari dua buah sensor LDR yang diletakkan pada masing-masing ujung panel surya, satu buah motor servo ditengah-tengah panel surya. Hasil pengukuran kedua sensor LDR diolah oleh mikrokontroler sehingga dapat mengatur pergerakan motor servo untuk mengikuti arah datangnya cahaya matahari. Ketika hasil sensor suhu DHT11 di atas 25°C maka relay menghidupkan pompa air untuk mendinginkan permukaan panel surya. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian tingkat akurasi sensor GY-49. Persentase error terbesar yang tercatat dari pengujian ini yaitu pada data ke empat sebesar adalah 3,98%. Persentase error rata-rata sensor sebesar 2,12% dengan persentase error yang kecil maka, sensor dapat digunakan untuk pengukuran berdasarkan Standar IEC no. 13B-23.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor GY-49

No.	Hasil pengukuran intensitas cahaya (W/m <sup>2</sup> )		Error (%)
	Alat ukur intensitas cahaya	sensor	
1	37,53	36,72	2,22
2	45,96	44,69	2,84
3	53,62	53,55	0,12
4	41,36	39,78	3,98
5	45,96	44,95	2,25
6	93,42	90,67	3,03
7	79,15	77,98	1,50
8	70,18	69,48	1,01
Rerata error			2,12

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian tingkat akurasi sensor suhu DHT-11 dalam satu hari, dilakukan pengujian terhadap sensor DHT-11. Pada data pertama didapat persentase error sensor DHT-11 yaitu 0%, hal ini dikarenakan hasil pengukuran kedua sensor tersebut sama dengan hasil pengukuran termometer. Persentase error rata-rata sensor adalah 1,55%. Dengan persentase error yang kecil maka berdasarkan Standar IEC No. 13B-23, sensor DHT-11 dapat digunakan untuk pengukuran suhu.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor suhu DHT-11

No.	Hasil pengukuran suhu (°C)		Error (%)
	Termometer	sensor	
1	29	29	0
2	30	29	3,45
3	29	29	0
4	31	31	0
5	33	32	3,13
6	35	34	2,94
7	34	34	0
8	36	35	2,86
Rerata error			1,55

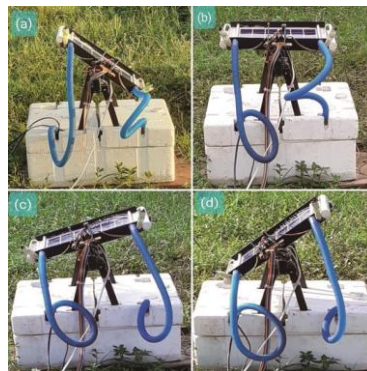
Tabel 3. menunjukkan hasil pengujian tingkat akurasi sensor arus ACS7125A, dilakukan pengujian sensor arus ACS712-5A. Nilai arus yang terkecil adalah 0,25 A dan nilai yang terbesar adalah 0,41 A. Persentase error rata-rata sensor adalah 2,65%. Dengan persentase error yang kecil maka sensor arus ACS712-5A dapat digunakan untuk pengukuran arus keluaran panel surya pada penelitian ini berdasarkan Standar IEC no.13B-23.

Tabel 3. Hasil pengujian sensor arus ACS712-5A

No.	Hasil pengukuran sensor arus (A)		Error (%)
	Ampermeter	sensor	
1	0,35	0,34	2,94
2	0,29	0,29	0,00
3	0,25	0,24	4,17
4	0,37	0,36	2,78
5	0,33	0,32	3,13
6	0,26	0,26	0,00
7	0,41	0,39	5,13
8	0,34	0,33	3,03
Rerata error			2,65

### 3.2. Pengujian Sistem Solar Tracking dan Water Cooling

Pengujian sistem solar tracking bertujuan untuk mengetahui pergerakan panel surya dalam mengikuti arah datang cahaya matahari. Pengujian sistem solar ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil pengujian seperti pada Gambar 3, bagian (a) merupakan posisi panel pada pukul 07:00 dimana panel mengarah kearah timur, bagian (b) pada pukul 12:00 bagian (c) pada pukul 14:00, dan bagian (d) pada pukul 16:00 dimana panel surya mengarah ke arah barat. Berdasarkan hasil pengujian, sistem solar tracking sudah mampu menggerakkan panel surya mengikuti arah datang cahaya matahari.



Gambar 3. Pengujian sitem solar tracking

Pengujian sistem water cooling dilakukan untuk memastikan sistem ini bekerja sebagaimana mestinya yaitu pompa akan menyala ketika suhu permukaan panel surya di atas 25°C, pengujian dilakukan mulai dari kondisi suhu permukaan panel surya dibawah 25°C sampai saat kondisi suhu permukaan panel surya di atas 25°C. Hasil pengujian sistem water cooling ditunjukkan pada Tabel 4.

Suhu operasi optimal dari panel surya yaitu pada 25°C, setiap kenaikan temperature 1°C dari 25°C total daya yang mampu dihasilkan akan berkurang sekitar 0,4 % atau total daya yang mampu dihasilkan akan melemah 2 kali lipat untuk kenaikan temperatur per 10°C[7][8]. Oleh karena itu, sistem water cooling posisi on atau bekerja saat suhu permukaan panel surya dinamis diatas 25°C. Dari table dapat diamati pada data nomor 6 suhu permukaan panel surya 23°C dan kondisi water cooling off dan pada data nomor 1 ketika suhu permukaan panel 26°C maka sistem water cooling bekerja atau on. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4 diketahui bahwa sistem water cooling sudah berkerja dengan baik.

Tabel 4. Hasil pengujian sistem *water cooling* panel surya

No.	Suhu Permukaan panel surya (°C)	Kondisi sistem <i>water cooling</i>	Keterangan
1	26	on	sesuai
2	28	on	sesuai
3	30	on	sesuai
4	24	off	sesuai
5	25	off	sesuai
6	23	off	sesuai
7	24	off	sesuai
8	25	off	sesuai

### 3.3. Hasil Pengukuran

Pengukuran intensitas cahaya, suhu, tegangan dan arus pada panel dilakukan untuk mengetahui besar peningkatan intensitas cahaya, suhu, dan daya yang dihasilkan dengan pengaplikasian sistem *solar tracking* dan sistem *water cooling* pada panel surya. Pengukuran dilakukan selama tujuh hari berturut-turut dengan berbagai keadaan cuaca pada saat pengambilan data, berikut ditampilkan hasil pengukuran pada hari dengan cuaca paling kondusif dimana cuaca pada hari tersebut dominan cerah pada Tabel 5.

Adapun hasil yang diperoleh dalam pengukuran dan perhitungan dari panel surya dapat di tampilkan sesuai dengan tabulasi Tabel 5. Analisis data menunjukkan bahwa daya keluaran (Pout) mencapai puncaknya sekitar jam 09:45–11:15, dengan nilai maksimum sebesar 5,44 W pada pukul 09:45. Periode paling produktif jatuh pada pagi hingga menjelang tengah hari, dipicu oleh iradiasi tinggi dan suhu relatif stabil. Setelah itu, terdapat tren penurunan daya berbanding lurus dengan menurunnya iradiasi.

Iradiasi menunjukkan korelasi positif yang kuat terhadap daya keluaran. Saat iradiasi meningkat di atas 600 W/m<sup>2</sup> antara pukul 09:00–11:00, Pout juga meningkat ke kisaran 4–5 W. Sebaliknya, nilai iradiasi rendah

92 W/m<sup>2</sup> pada pukul 07:00 menghasilkan daya hanya 2,55 W. Hal ini konsisten dengan sejumlah studi sebelumnya yang menyatakan bahwa iradiasi adalah faktor dominan dalam meningkatkan daya keluaran PV[9][10].

Tabel 5. Hasil Pengukuran Panel Surya

N0.	Waktu	Suhu (°C) (X1)	Iradian (W/m <sup>2</sup> ) (X2)	Tegangan (V)	Arus (A)	Pout (Y)	N0.	Wkt	Suhu (°C) (X1)	Iradian (W/m <sup>2</sup> ) (X2)	Tegangan (v)	Arus (A)	Pout (Y)
1	7:00	26	92.556	4,18	0,61	2.55	24	12:45	35	397.763	5,33	0,8	4.26
2	7:15	26	108.620	4,32	0,8	3.46	25	13:00	33	507.912	5,87	0,8	4.70
3	7:30	27	144.571	4,35	0,74	3.22	26	13:15	36	413.061	5,21	0,78	4.06
4	7:45	27	352.721	5,11	0,81	4.14	27	13:30	35	413.061	5,26	0,79	4.16
5	8:00	28	182.818	4,91	0,78	3.83	28	13:45	36	495.673	5,35	0,77	4.12
6	8:15	28	520.151	5,44	0,8	4.35	29	14:00	35	57.218	5,87	0,84	4.93
7	8:30	30	611.942	5,46	0,78	4.26	30	14:15	35	271.392	5,03	0,74	3.72
8	8:45	30	660.898	5,29	0,77	4.07	31	14:30	33	289.143	5,22	0,85	4.44
9	9:00	33	709.853	5,39	0,71	3.83	32	14:45	31	284.553	4,92	0,77	3.79
10	9:15	33	553.808	5,28	0,61	3.22	33	15:00	31	279.964	5,25	0,48	2.52
11	9:30	36	688.435	5,27	0,82	4.32	34	15:15	32	224.889	4,28	0,34	1.46
12	9:45	36	679.256	5,61	0,97	5.44	35	15:30	31	218.769	4,98	0,35	1.74
13	10:00	36	694.555	5,93	0,85	5.04	36	15:45	30	220.299	4,83	0,74	3.57
14	10:15	36	651.719	5,52	0,82	4.53	37	16:00	30	215.710	4,74	0,72	3.41
15	10:30	37	660.898	5,71	0,79	4.51	38	16:15	33	651.719	5,39	0,78	4.20
16	10:45	36	667.089	5,82	0,81	4.71	39	16:30	35	553.808	5,47	0,8	4.38
17	11:00	37	712.913	5,92	0,82	4.85	40	16:45	34	538.509	5,68	0,79	4.49
18	11:15	37	697.614	5,9	0,87	5.13	41	17:00	32	341.158	5,42	0,75	4.07
19	11:30	36	682.316	5,74	0,69	3.96	42	17:15	31	220.299	5,37	0,79	4.24
20	11:45	36	633.360	5,92	0,66	3.91	43	17:30	28	66.549	4,06	0,77	3.13
21	12:00	37	636.420	5,31	0,71	3.77	44	17:45	28	25.816	4,03	0,53	2.14
22	12:15	35	382.464	4,88	0,74	3.61	45	18:00	27	6.932	3,25	0,69	2.24
23	12:30	35	344.218	4,81	0,79	3.80							
rerata										416,964	5,18	0,74	3,873

Menurut penelitian [11] suhu modul yang tinggi cenderung menurunkan tegangan keluaran (Voc), meskipun arus (Isc) sedikit meningkat. Secara keseluruhan, tinggi suhu mengurangi efisiensi daya keluaran (Pout)[7]. Pada suhu 36°C–37°C, meski iradiasi tinggi, tegangan dan arus kerja tidak mencapai titik optimal, sehingga Pout tidak sebesar di kondisi suhu lebih rendah. Analisis tegangan, arus, dan daya dilihat pada pukul 09:45 menunjukkan arus 0,97 A dan tegangan 5,61 V menghasilkan daya bentuk Pout tertinggi sebesar 5,44 watt.

#### 4. CONCLUSION

Solar tracking meningkatkan penerimaan iradiasi secara signifikan, sehingga daya keluaran rata-rata panel mencapai 3,87 W. Sistem water cooling terbukti menjaga kestabilan suhu modul pada kisaran 26–37 °C. Efek pendinginan ini berkontribusi dalam menjaga tegangan keluaran agar tidak turun drastis meskipun iradiasi tinggi. Hal ini terlihat pada periode puncak (09:45–11:15). Kombinasi solar tracking dan water cooling mampu memperpanjang periode produksi daya output. Jika tanpa pendinginan efisiensi akan menurun cepat setelah tengah hari, maka dengan water cooling, daya masih relatif stabil hingga sore hari pukul 14:30 masih tercatat 4,44 W meskipun iradiasi mulai menurun. Desain panel dengan sistem ini efektif meningkatkan performa harian, terbukti dari rata-rata output 3,87 W dengan puncak 5,44 W, menunjukkan adanya peningkatan efisiensi konversi energi dan kestabilan daya.

## REFERENCES

- [1] D. Suryana and M. . & Ali, “Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya),” *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 5–8, 2016, doi: 10.36048/jtpii.v1i2.1791.
- [2] Akshay, “The Effect of Heat and Temperature on Photovoltaic Modules,” 2022, pp. 1–19. [Online]. Available: <https://arka360.com/ros/heat-temperature-on-photovoltaic-modules/>
- [3] K. W. Fauzi, T. Arfianto, and N. Taryana, “Perancangan dan Realisasi Solar Tracking System Untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya Menggunakan Arduino Uno,” *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 4, no. 1, pp. 63–74, 2018, doi: 10.15575/telka.v4n1.63-74.
- [4] Afriandi, I. Yusuf, and A. Hiendro, “Implementasi Water Cooling System Untuk Menurunkan Temperature Losses Pada Panel Surya,” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 2, pp. 3–5, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21994%0Ahttp://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21994/17633>
- [5] P. P. Wanajaya, “Analisa Kinerja Solar Tracker dengan Menggunakan Solar Cell Berbasis Arduino UNO,” *Epic J. Electr. Power, Instrum. Control*, vol. 2, no. 2, 2019, doi: 10.32493/epic.v2i2.2890.
- [6] S. Sargunanathan, A. Elango, and S. T. Mohideen, “Performance enhancement of solar photovoltaic cells using effective cooling methods : A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 64, pp. 382–393, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2016.06.024.
- [7] A. O. Folorunso, O. O. Olusanya, and O. O. Fasipe, “The Effect of Sun Irradiance and Temperature on the Solar Energy Generation System,” *Adv. Int. J. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 10, 2025, doi: 10.5281/zenodo.14726089.
- [8] O. Bamisile, C. Acen, D. Cai, Q. Huang, and I. Staffell, “The environmental factors affecting solar photovoltaic output,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 208, no. October 2024, p. 115073, 2025, doi: 10.1016/j.rser.2024.115073.
- [9] A. Al–bashir, M. Al–Dweri, A. Al–ghandoor, B. Hammad, and W. Al–kouz, “Analysis of effects of solar irradiance, cell temperature and wind speed on photovoltaic systems performance,” *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 10, no. 1, pp. 353–359, 2020, doi: 10.32479/ijeep.8591.
- [10] M. K. S. Al-Ghezi, R. T. Ahmed, and M. T. Chaichan, “The Influence of Temperature and Irradiance on Performance of the Photovoltaic Panel in the Middle of Iraq,” *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 11, no. 2, pp. 501–513, 2022, doi: 10.14710/ijred.2022.43713.
- [11] J. Adeeb, A. Farhan, and A. Al-Salaymeh, “Temperature effect on performance of different solar cell technologies,” *J. Ecol. Eng.*, vol. 20, no. 5, pp. 249–254, 2019, doi: 10.12911/22998993/105543.