

ANALISIS SUDUT KEMIRINGAN DAN PENDINGIN PERMUKAAN PANEL SURYA TERHADAP *OUTPUT* PENGISIAN BATERAI

YUSUP MAULANA AKBAR¹, HAFIDZ FAUZAN KOMARA², JOKO SETIYONO³

Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

Email: yusvl59@gmail.com¹, hafidzkomara5@gmail.com², dosen00889@unpam.ac.id³

Abstract: *One of the renewable energy sources with significant potential for further development is solar energy; however, its performance is highly influenced by surrounding environmental conditions. Several approaches can be implemented to optimize the electrical performance of solar panels, including determining the appropriate tilt angle and designing a surface cooling system. In this study, a 200 Wp solar panel was experimentally evaluated at tilt angles of 15°, 30°, and 45° and was equipped with a nozzle-based surface cooling system. The experimental results indicate that the 45° tilt angle produced the highest average output power of 209.775 W while the implementation of the surface cooling system improved the panel efficiency by approximately 13.06%, thereby enhancing the battery charging performance of a 12 V 45 Ah battery.*

Keywords: *Solar panel, tilt angle, surface cooling system, output power, battery charging.*

Abstrak: Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi surya, namun kinerjanya sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitar. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja panel surya dalam menghasilkan energi listrik adalah penentuan sudut kemiringan serta perancangan sistem pendingin permukaan. Sudut kemiringan yang akan diuji adalah 15°, 30°, dan 45° berkapasitas 200Wp yang kemudian akan dilengkapi dengan sistem pendingin permukaan melalui komponen *nozzle*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut kemiringan 45° menghasilkan daya *output* rata-rata paling optimal sebesar 209,775 W dan sistem pendingin yang mampu meningkatkan efisiensi sekitar 13,06%, yang kemudian digunakan untuk mengisi baterai 12 V 45 Ah.

Kata kunci: Panel surya, sudut kemiringan, sistem pendingin permukaan, daya *output*, pengisian baterai.

A. Pendahuluan

Peningkatan konsumsi energi listrik merupakan dampak secara langsung dari pertumbuhan penduduk, ekspansi di berbagai bidang industri, serta intensifikasi penggunaan teknologi dalam berbagai aspek kehidupan. Pemanfaatan sumber energi listrik berbasis fosil dihadapkan pada permasalahan seperti keterbatasan ketersediaan sumber daya dan tingginya emisi karbon yang dihasilkan sehingga berdampak buruk terhadap keberlanjutan lingkungan. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi surya, disebabkan oleh ketersediaan sumber daya yang melimpah dan selama prosesnya tidak menghasilkan emisi pencemar lingkungan[1]. Kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di sekitarnya, sehingga perubahan faktor eksternal dapat menyebabkan fluktuasi pada energi listrik yang dihasilkan. Peningkatan suhu permukaan panel diketahui berkontribusi terhadap penurunan tegangan *output*, yang pada akhirnya berdampak pada menurunnya performa dan efisiensi sistem fotovoltaik[2].

Sejumlah penelitian menyimpulkan bahwa kenaikan suhu kerja pada sel surya sebesar 1°C dapat menyebabkan penurunan efisiensi hingga 0,45%. Bentuk upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan suhu operasional panel surya adalah dengan memanfaatkan aliran air untuk mereduksi panas permukaan panel melalui Arduino yang memonitoring sensor temperatur, kemudian diatur agar suhu pada permukaan panel surya kurang dari 40°C[3]. Sebagai upaya untuk sistem mampu memperoleh penerimaan intensitas radiasi matahari yang optimal, maka dalam perancangan panel surya memerlukan penentuan sudut kemiringan panel melalui dua jenis sudut utama, yaitu sudut kemiringan panel terhadap bidang horizontal (*slope*)

dan sudut orientasi panel yang diukur berdasarkan arah selatan yang disebut sebagai sudut *azimut*. Kemampuan sel surya juga dipengaruhi oleh sejumlah parameter lingkungan antara lain variasi suhu lingkungan lokasi pemansangan hingga tingkat intensitas radiasi matahari[4].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang sistem panel surya dengan variasi sudut kemiringan 15° , 30° , dan 45° yang kemudian dilengkapi dengan sistem pendinginan berbasis aliran air menggunakan *nozzle*. Selanjutnya, daya keluaran yang dihasilkan pada setiap kondisi pengujian dianalisis terhadap proses pengisian baterai 12 V 45 Ah sebagai media penyimpanan energi yang digunakan untuk menyuplai inverter dan pompa air AC pada sistem pendingin permukaan.

B. Metodologi penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh variasi sudut kemiringan dan sistem pendingin permukaan terhadap peningkatan daya output serta kinerja pengisian baterai. Pengujian dilakukan pada panel surya berkapasitas 200Wp dengan variasi sudut kemiringan 15° , 30° , dan 45° . Perancangan sistem pendingin permukaan menggunakan media air dengan komponen *nozzle*. Selama proses pengujian berlangsung dilakukan pengukuran terhadap intensitas cahaya matahari, tegangan, suhu, serta arus sebagai dasar analisis performa sistem yang dirancang. Data tersebut diolah untuk menentukan daya *output*, daya *input*, serta efisiensi panel surya yang kemudian dijadikan landasan untuk menentukan variasi sudut kemiringan paling optimal, dilanjutkan dengan pengujian sistem pendingin permukaan. Setelah sudut kemiringan dan sistem pendingin selesai diuji, penelitian selanjutnya berfokus pada lama waktu pengisian dan pemakaian baterai berdasarkan kebutuhannya.



Gambar 1. Instalasi panel surya dengan sistem pendingin

Penelitian dilakukan di desa Warujaya, Kec. Parung, Kabupaten Bogor, Jawa Barat yang diawali dengan mempersiapkan seluruh rangkaian media pengujian. Selanjutnya adalah dengan melakukan pengujian menggunakan alat ukur yang telah ditentukan berdasarkan studi literatur dari sumber-sumber relevan[5]. Pengukuran yang pertama adalah intensitas cahaya matahari menggunakan alat ukur luxmeter, yang dilanjutkan dengan mengukur arus dan tegangan menggunakan multimeter. Data-data tersebut diambil setiap 15 menit yang dimulai dari pukul 10:00 hingga pukul 14:00 WIB.

Berikut merupakan langkah-langkah pengambilan data selama pengujian ini dilakukan:

- 1) Mempersiapkan media pengujian dan alat ukur yang telah ditentukan.
- 2) Mengatur sudut kemiringan sebesar 15° pada hari ke-1.
- 3) Mengambil data intensitas cahaya matahari, arus, dan tegangan dengan interval waktu setiap 15 menit dimulai dari pukul 10:00 hingga 14:00 WIB.
- 4) Ulangi kembali langkah (3) dengan sudut kemiringan 30° pada hari ke-2.
- 5) Ulangi kembali langkah (3) dengan sudut kemiringan 45° pada hari ke-3.
- 6) Penggunaan sistem pendingin permukaan panel surya pada sudut yang paling optimal berdasarkan analisis.

- 7) Mengaktifkan sistem pendingin permukaan pada rentang suhu 50°C hingga 30°C yang dilengkapi sensor suhu DS18B20.
- 8) Mengambil data intensitas cahaya matahari, arus, tegangan, dan suhu permukaan dengan interval waktu setiap 15 menit dimulai dari pukul 10:00 hingga 14:00 WIB
- 9) Analisis lama waktu pengisian baterai.
- 10) Analisis lama waktu pemakaian baterai.
- 11) Ulangi kembali langkah (9) dan (10) sesuai dengan variabel pengujian baterai terhadap beban.

C. Pembahasan dan Analisa

Penelitian dimulai dengan menguji variasi sudut untuk menganalisa sudut kemiringan dengan kemampuan paling optimal berdasarkan daya *output* yang dihasilkan panel surya dengan dimensi ($A = 1,072 \text{ m}^2$). Variasi sudut kemiringan ditentukan berdasarkan sudut yang telah diuji pada penelitian sebelumnya[6]. Daya *output* dapat diketahui melalui persamaan:

$$P = V \times I \dots (1)$$

Dimana:

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

P = daya (watt)

Tabel 1. Data sudut kemiringan 15°

No.	Waktu	Intensitas (Lux)	Intensitas (W/m ²)	P (Watt)
1	10:00	93270	736,833	167,825
2	10:15	95660	755,714	172,235
3	10:30	112000	884,8	200,812
4	10:45	122500	967,75	224,775
5	11:00	101800	804,22	142,252
6	11:15	136000	1074,4	185,57
7	11:30	121500	959,85	207,036
8	11:45	143500	1133,65	210,48
9	12:00	38400	303,36	77,49
10	12:15	86890	686,431	199,675
11	12:30	42100	332,59	189,42
12	12:45	132500	1046,75	219,978
13	13:00	139400	1101,26	228,95
14	13:15	152500	1204,75	223,92
15	13:30	127400	1006,46	218,768
16	13:45	126100	996,19	197,884
17	14:00	102200	807,38	173,259

Pengujian panel surya dengan sudut kemiringan 15° menghasilkan daya *output* rata-rata sebesar 202,372 W pada intensitas radiasi matahari rata-rata 870,729 W/m²

Tabel 2. Data sudut kemiringan 30°

No.	Waktu	Intensitas (Lux)	Intensitas (W/m ²)	P (Watt)
1	10:00	87050	687,695	164,944

2	10:15	96260	760,454	175,794
3	10:30	111400	880,06	188,368
4	10:45	127200	1004,88	197,884
5	11:00	127900	1010,41	209,352
6	11:15	45500	359,45	183,505
7	11:30	44390	350,681	79,458
8	11:45	121400	959,06	206,18
9	12:00	56390	445,481	204,363
10	12:15	104600	826,34	184,8
11	12:30	103200	815,28	198,131
12	12:45	89460	706,734	209,064
13	13:00	70980	560,742	83,448
14	13:15	120800	954,32	197,62
15	13:30	42790	338,041	75,208
16	13:45	32580	257,382	64,498
17	14:00	67280	531,512	148,338

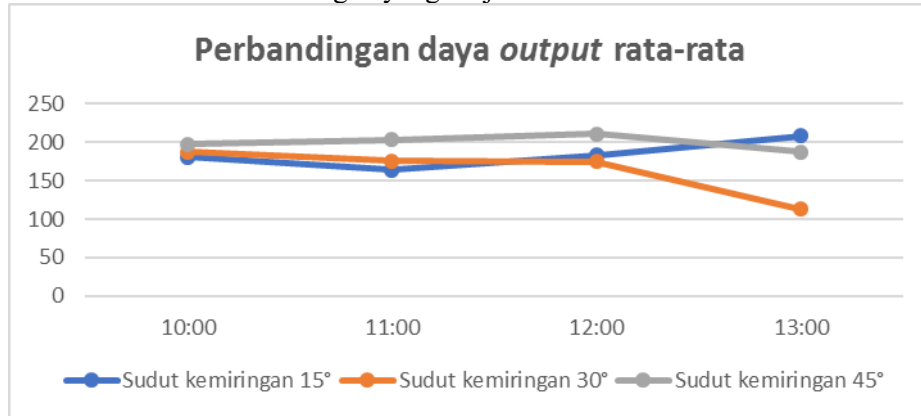
Tabel (2) merupakan kemampuan panel surya dengan sudut kemiringan 30° menghasilkan daya *output* rata-rata sebesar 186,585 W pada intensitas radiasi matahari rata-rata 673,442 W/m².

Tabel 3. Data sudut kemiringan 45°

No.	Waktu	Intensitas (Lux)	Intensitas (W/m ²)	P (Watt)
1	10:00	120500	951,95	184,509
2	10:15	131000	1034,9	195,078
3	10:30	102800	812,12	199,752
4	10:45	119300	942,47	198,835
5	11:00	119100	940,89	208,604
6	11:15	106100	838,19	217,71
7	11:30	80840	638,636	142,8
8	11:45	106400	840,56	220,99
9	12:00	125100	988,29	223,2
10	12:15	95650	755,635	203,105
11	12:30	115700	914,03	223,803
12	12:45	80450	635,555	209,1
13	13:00	56160	443,664	199,565
14	13:15	80520	636,108	198,825
15	13:30	62620	494,698	195,12
16	13:45	53010	418,779	181,742

17	14:00	29510	233,129	164,432
----	-------	-------	---------	---------

Berdasarkan hasil pengujian pada panel surya dengan sudut kemiringan 45° menghasilkan daya *output* rata-rata sebesar 209,775 W yang juga merupakan nilai tertinggi di antara seluruh variasi sudut kemiringan yang diuji.



Gambar 2. Grafik perbandingan

Setelah variasi sudut telah ditentukan berdasarkan analisis perbandingan yaitu sudut kemiringan 45° , selanjutnya adalah pengujian terkait sistem pendingin permukaan panel surya terhadap daya *output* yang dihasilkan oleh panel surya. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, terbukti bahwa sistem pendingin mampu menurunkan suhu panel surya yang kemudian dapat meningkatkan kemampuan panel dalam menghasilkan daya *output*[7]. Sistem pendingin dioperasikan pada saat temperatur permukaan panel mencapai suhu sekitar 50°C , dan dinonaktifkan saat temperatur menurun hingga 30°C .



Gambar 3. Pengoperasian sistem pendingin

Sistem pendingin dioperasikan pada saat temperatur permukaan panel mencapai suhu sekitar 50°C , dan dinonaktifkan saat temperatur menurun hingga 30°C . Siklus tersebut dilakukan secara berulang selama proses pengambilan data berlangsung. Alat ukur thermogun juga digunakan pada penelitian sistem pendingin untuk mengetahui temperatur permukaan panel surya.

Tabel 4. Pengoperasian sistem pendingin

No.	Jam	Suhu awal	Durasi	Suhu akhir
1	10:23	$50,2^\circ\text{C}$	1,02 menit	$29,3^\circ\text{C}$
2	10:52	$51,2^\circ\text{C}$	1,10 menit	$29,5^\circ\text{C}$

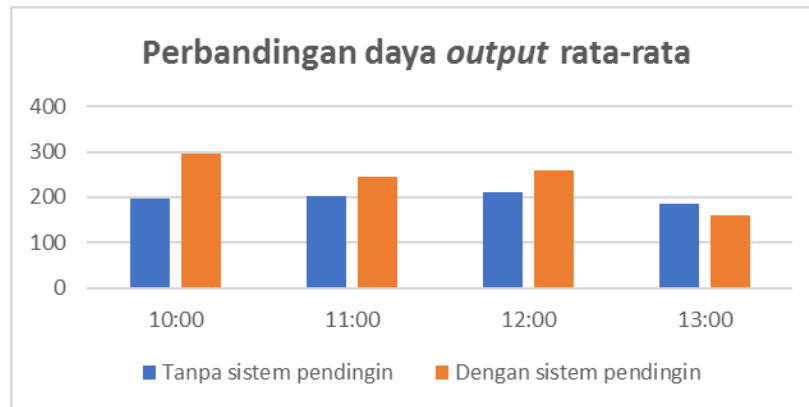
3	11:12	50,2°C	1,05 menit	30,0°C
4	11:35	50,5°C	1,01 menit	29,9°C
5	11:52	50,1°C	1,03 menit	29,8°C
6	12:10	50,2°C	1,01 menit	30,0°C
7	12:23	50,0°C	1,02 menit	29,9°C
8	12:37	50,4°C	1,03 menit	29,9°C
9	12:49	50,7°C	1,01 menit	28,8°C

Hasil dari pengujian sistem pendingin permukaan panel surya menggunakan air melalui *nozzle* terbukti mampu menurunkan suhu permukaan dalam kurun waktu sekitar 1:01 menit hingga 1:10 menit.

Tabel 5. Data hasil sistem pendingin

No.	Waktu	Intensitas (Lux)	Intensitas (W/m ²)	P (Watt)	Suhu (°C)
1	10:00	113900	899,81	279,95	49,4
2	10:15	123900	978,81	245,13	49,9
3	10:30	97310	768,75	340,37	29,3
4	10:45	113000	892,70	287,41	48,65
5	11:00	112800	891,12	329,40	29,5
6	11:15	100500	793,95	238,75	40,1
7	11:30	76510	604,43	224,88	50,5
8	11:45	100600	794,74	187,70	39,5
9	12:00	118000	932,20	241,61	38,0
10	12:15	90020	711,16	229,61	37,9
11	12:30	108600	857,94	372,61	30,7
12	12:45	75200	594,08	246,84	45,8
13	13:00	52280	413,01	210,60	37,9
14	13:15	74600	589,34	167,77	40,1
15	13:30	57730	456,07	166,56	43,9
16	13:45	48610	384,02	61,00	46,1
17	14:00	26910	212,59	201,85	48,8

Penerapan sistem pendingin permukaan memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap peningkatan performa panel surya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya *output* rata-rata meningkat dari 209,775 W pada kondisi tanpa sistem pendingin menjadi 237,179 W setelah sistem pendingin dioperasikan, sehingga diperoleh peningkatan daya sebesar 13,06%.



Gambar 4. Grafik perbandingan

Setelah serangkaian pengujian guna menentukan konfigurasi perancangan paling optimal secara objektif, tahap selanjutnya adalah menganalisis terhadap lama waktu pengisian baterai 12 V 45 Ah hingga penuh. Pengisian baterai dilakukan dengan dan tanpa sistem pendingin untuk menganalisis performa dari panel surya sudut 45° yang dilengkapi sistem pendingin permukaan berdasarkan panel dan indikator yang berada di *Solar Charge Controller (SCC)*[5].

Tabel 6. Pengisian baterai tanpa pendingin

No.	Waktu	Daya (W)	Tegangan (V)
1	10.00	184,51	13,5
2	11.00	208,60	13,8
3	12.00	232,20	14,4
4	13.00	199,56	14,3
5	14.00	164,43	14,4

Berdasarkan daya yang diterima setiap 1 jam dan melihat panel *SCC*, diketahui bahwa panel surya tanpa sistem pendingin membutuhkan waktu sekitar 3 jam untuk mengisi baterai 12 V 45 Ah.

Tabel 7. Pengisian baterai dengan sistem pendingin

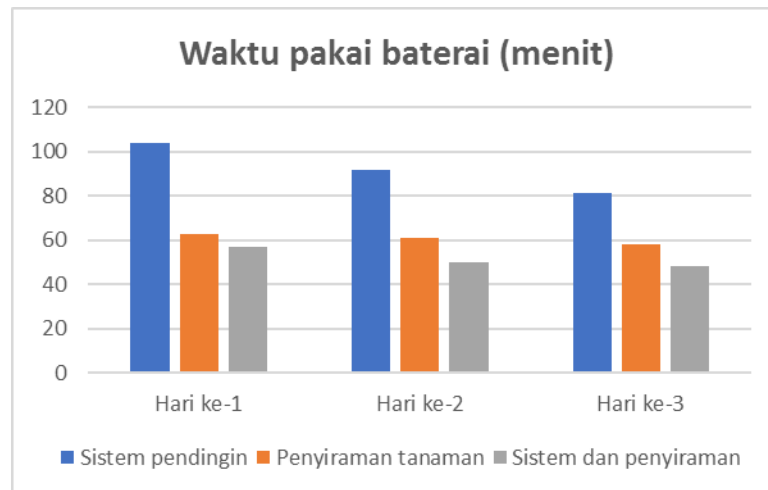
No.	Waktu	Daya (W)	Tegangan (V)
1	10.00	279,95	13,2
2	11.00	329,40	14,2
3	12.00	241,61	14,4
4	13.00	210,60	13,2
5	14.00	201,85	13,2

Pengisian baterai dengan panel surya yang menggunakan sistem pendingin permukaan membutuhkan waktu kurang lebih 2 jam hingga terisi penuh.

Tabel 8. Lama waktu pakai baterai

Pengujian hari ke-	Sistem pendingin	Penyiraman	Penyiraman dan sistem pendingin
1	104 menit	63 menit	58 menit
2	92 menit	61 menit	51 menit
3	81 menit	59 menit	49 menit

Berikut adalah grafik yang menampilkan perbandingan waktu pemakaian baterai pada masing-masing kebutuhan yang dilakukan.



Gambar 5. Perbandingan waktu pakai baterai

D. Penutup

Didasarkan pada serangkaian penelitian yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa panel surya dengan sudut kemiringan 45° merupakan konfigurasi paling optimal yang mampu menghasilkan daya *output* rata-rata sebesar 209,775 W. Penerapan sistem pendingin permukaan menggunakan air melalui komponen *nozzle* terbukti mampu menurunkan suhu yang pada akhirnya meningkatkan kemampuan panel surya hingga 13,06%. Peningkatan tersebut pada akhirnya berdampak pada lama waktu pengisian baterai 12 V 45 Ah yang menjadi lebih cepat, yaitu dari yang sebelumnya sekitar 3 jam menjadi 2 jam pengisian.

Kekurangan dari perancangan sistem pendingin permukaan ini adalah penggunaan air yang cukup masif selama pengujian dilakukan. Maka dari itu saran untuk penelitian selanjutnya adalah perancangan sistem pendingin permukaan dengan sirkulasi tertutup atau sistem berulang guna menghemat penggunaan air dalam pemanfaatannya.

Daftar pustaka

- [1] U. Pramono, A. D. Cahyanto, P. A. Sari, N. I. Ilyas, and T. Ismi, "PEMANFAATAN PANEL SURYA BERBASIS PEDOMAN INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) DI KAWASAN INDUSTRI CIKARANG BEKASI Perencanaan Pembangunan Nasional atau Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (PPN / Bappenas) menyimpulkan bahwa pada tahun 2," *Sains dan Teknol. Lingkung.*, vol. 18, no. 1, pp. 65–83, 2026.
- [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, 2021, doi: 10.33322/sutet.v11i2.1551.
- [3] J. M. Mesin *et al.*, "PENINGKATAN PERFORMA PANEL SURYA DENGAN SISTEM," vol. 23, no. 1, pp. 28–35.
- [4] R. Pido, R. H. Boli, M. Rifal, W. Rauf, N. Shanti, and R. R. Day, "Terhadap Optimasi Daya Panel Surya," vol. 10, no. 2, pp. 234–240, 2022.
- [5] J. Setiyono and S. Sulanjari, "Analisis Kinerja Panel Surya Dalam Pengisian Aki Berkapasitas 12 Volt/55 Ampere," *J. Inov. Ilmu Pengetah. ...*, vol. 2, no. 2, pp. 7–13, 2021, [Online]. Available: <http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/JIPT/article/view/19385%0Ahttp://openjournal.unpam.ac.id/index.php/JIPT/article/download/19385/9878>
- [6] R. Rusda, Dihya Ahmad Rasyid Ridho, and Marson Ady Putra, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Penerimaan Iradiasi Matahari Dan Daya Keluaran Yang Dihasilkan Panel Surya," *PoliGrid*, vol. 4, no. 1, pp. 25–31, 2023, doi: 10.46964/poligrid.v4i1.18.
- [7] M. Rezki, R. Rusilawati, and I. Irfan, "Optimalisasi Daya Panel Surya Menggunakan Sistem Pendingin Berbasis Air Otomatis," *J. EEICT (Electric Electron. Instrum. Control Telecommun.)*, vol. 6, no. 2, 2023, doi: 10.31602/eeict.v6i2.12921.