

PENGGUNAAN TEKNIK IMMERSION COOLING PADA PENDINGINAN PANEL SURYA

Deva Tri Febiana¹, Bayu Rudiyanto^{1*} Risse Entikaria Rachmanita³, dan Dedy Eko Rahmanto⁴
^{1,2,3,4}Jurusian Teknik, Politeknik Negeri Jember, Jember 68101 Indonesia

*Email: bayu_rudianto@polije.ac.id

Abstract

Renewable energy that is now widely loved is solar energy, which can be converted into electrical energy with the help of solar panels. Solar panels are made of semiconductor silicon which absorbs photons from the sun's energy. However, the sun does not only produce photons which can be converted into electrical energy, but there is also heat energy which can increase the temperature of the solar panels which can reduce the performance of the solar panels. Therefore researchers conducted research to reduce the temperature of solar panels by using the monocrystalline solar panel cooling method using mineral oil with the immersion cooling technique. However, from the experimental data in the field, it was found that the results were not good where solar panels without cooling were more than solar panels with cooling. The ANOVA analysis test which was continued with the Tukey method confirmed that the voltage and current of the uncooled solar panels were superior, namely 4.48 V and 0.94 A. Solar panels with a 3cm cooling liquid variation produced a power of 3.93 W while non-liquid solar panels The cooler produces a power of 4.81 W, so research on cooling solar panels using liquid mineral oil with immersion cooling techniques has not succeeded in increasing the performance of solar panels and cannot be applied to PLTS.

Keywords: solar panel, mineral oil, and immersion cooling.

Abstrak

Energi terbarukan yang kini marak digandrungi adalah energi matahari, dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan bantuan alat panel surya. Panel surya terbuat dari bahan silikon semikonduktor yang akan menyerap foton dari energi matahari. Namun, matahari tidak hanya menghasilkan foton yang dapat diubah menjadi energi listrik, tetapi ada juga energi panas yang dapat meningkatkan suhu panel surya yang dapat menurunkan kinerja panel surya. Oleh karena itu peneliti melakukan penelitian untuk menurunkan suhu panel surya dengan menggunakan metode pendinginan panel surya jenis monocrystalline menggunakan minyak mineral dengan teknik immersion cooling. Namun dari data hasil percobaan dilapangan didapatkan hasil yang kurang baik dimana panel surya tanpa pendinginan lebih dari panel surya dengan pendinginan. Uji analisis ANOVA yang dilanjut dengan metode Tukey memperkuat bahwa tegangan dan arus panel surya tanpa pendinginan lebih unggul yaitu senilai 4,48 V dan 0,94 A. Panel surya dengan variasi cairan pendinginan 3cm menghasilkan daya sebesar 3,93 W sedangkan panel surya tanpa cairan pendinginan menghasilkan daya sebesar 4,81 W, sehingga penelitian pendinginan panel surya menggunakan cairan mineral oil dengan teknik immersion cooling tidak berhasil meningkatkan kinerja panel surya dan tidak dapat diterapkan pada PLTS.

Kata-kata kunci: panel surya, mineral oil, immersion cooling

1. Pendahuluan

Energi matahari termasuk dalam energi terbarukan konvensional yang dapat dirubah menjadi energi listrik dengan alat panel surya. Panel surya terbuat dari bahan silikon semi konduktor, ketika panel surya menerima iradiasi matahari yang berupa foton maka elektron pada tipe-N akan berlebihan muatan sehingga elektron akan berpindah ke tipe-P. Banyaknya elektron yang dihasilkan tergantung pada sinar matahari yang diterima panel surya. Tingkat rata-rata iradiasi surya di Indonesia sebesar 4,8 kWh/m²/hari, nilai tersebut bisa berubah bergantung pada letak, posisi, waktu dan cuaca. Matahari juga mengandung energi yang panas sehingga membuat temperatur panel surya akan meningkat.

(Harahap, P., 2020) melakukan penelitian yang berjudul Pengaruh Temperature Permukaan Panel Surya Terhadap Daya yang Dihasilkan dari Berbagai Jenis Sel Surya menyatakan bahwa temperatur permukaan panel surya sangat berpengaruh terhadap output yang dihasilkan dari panel surya yang artinya semakin rendah temperatur panel surya maka output panel surya akan semakin meningkat begitupun sebaliknya. Pendinginan panel surya sampai saat ini menggunakan media air. Air memiliki sifat konduktor yang dapat menghantarkan energi listrik dan mampu merusak komponen kelistrikan. Oleh karena itu dilakukannya pendinginan panel surya menggunakan cairan dielektrik berupa mineral oil dengan teknik immersion cooling.

Penelitian ini berjudul “Penggunaan Teknik Immersion Cooling pada Pendinginan Panel Surya” bertujuan untuk menganalisa bagaimana kinerja panel surya monokristalin saat terjadi pendinginan secara immersion cooling dengan menggunakan cairan dielektrik mineral oil, diharapkan penelitian ini dapat menjadi literatur dan acuan bagi peneliti lainnya.

2. Metode

Metode penelitian yang dilakukan berupa metode penelitian eksperimen. Metode eksperimen merupakan metode penelitian kuantitatif yang berguna untuk mengetahui pengaruh variabel bebas yaitu variasi ketinggian cairan yang digunakan yaitu 1cm, 2 cm, dan 3 cm terhadap variabel terikat meliputi hasil pengukuran iradiasi, suhu, tegangan dan arus dalam kondisi yang terarah.

2.1. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan di rooftop Gedung Teknik Politeknik Negeri Jember untuk mendapatkan nilai perbandingan kinerja antara panel surya dengan teknik immersion cooling dan tanpa pendinginan. Panel surya tanpa pendingin disandingkan dengan panel surya menggunakan teknik immersion cooling di setiap variasi ketinggian, pengambilan data dilakukan selama 5 jam dalam jangka waktu 09.00 WIB – 14.00 WIB disetiap 5 menit dalam kondisi cuaca cerah. Penelitian dilakukan 3 kali percobaan di setiap variasi ketinggian cairan dengan menyandingkan panel surya tanpa pendinginan dan panel surya dengan pendinginan sehingga kedua panel surya mendapatkan tingkat iradiasi yang sama. Bahan penunjang penelitian ini adalah panel surya monokristalin 20WP, lampu 35W, akrilik, dan mineral oil. Beberapa alat instrument yang digunakan ialah thermometer, solar power meter, clamp meter, dan amper meter analog. Gambar 1 menunjukkan pengambilan data di lapangan.



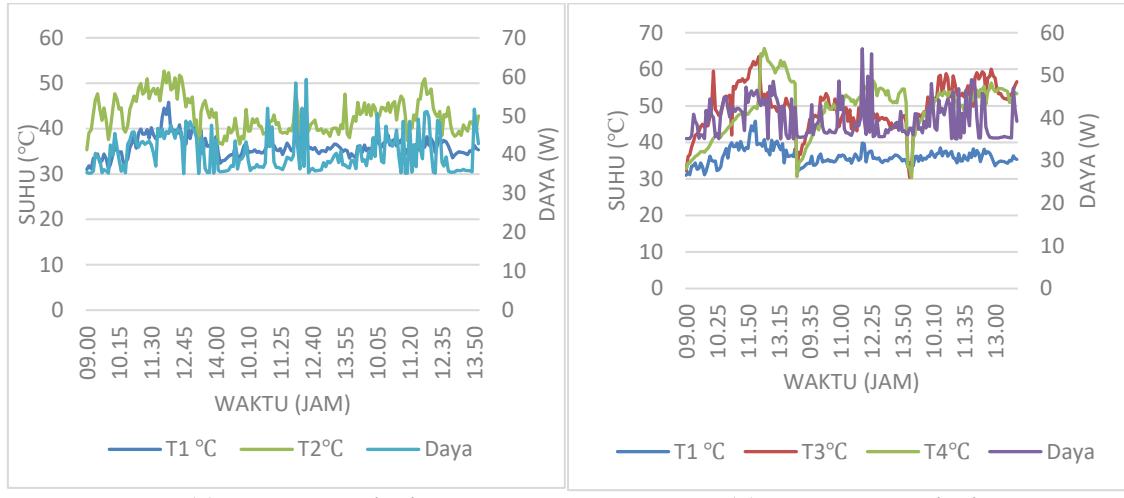
Gambar 1. Pengambilan Data

3. Hasil dan Pembahasan

Penggunaan mineral oil sebagai cairan pendingin pada panel surya, karena mineral oil bersifat dielektrik dan memiliki sifat fisik yang sesuai dengan kriteria syarat pendinginan menurut SPLN yang mengacu pada IEC seperti masa jenis maksimal $0,895 \text{ g/cm}^3$ sedangkan mineral oil memiliki masa jenis $0,8493 \text{ g/cm}^3$, tidak menimbulkan bau, tidak mengendap, memiliki titik beku senilai -14°C dan kekuatan dielektrik mineral oil 290.74kV/cm .

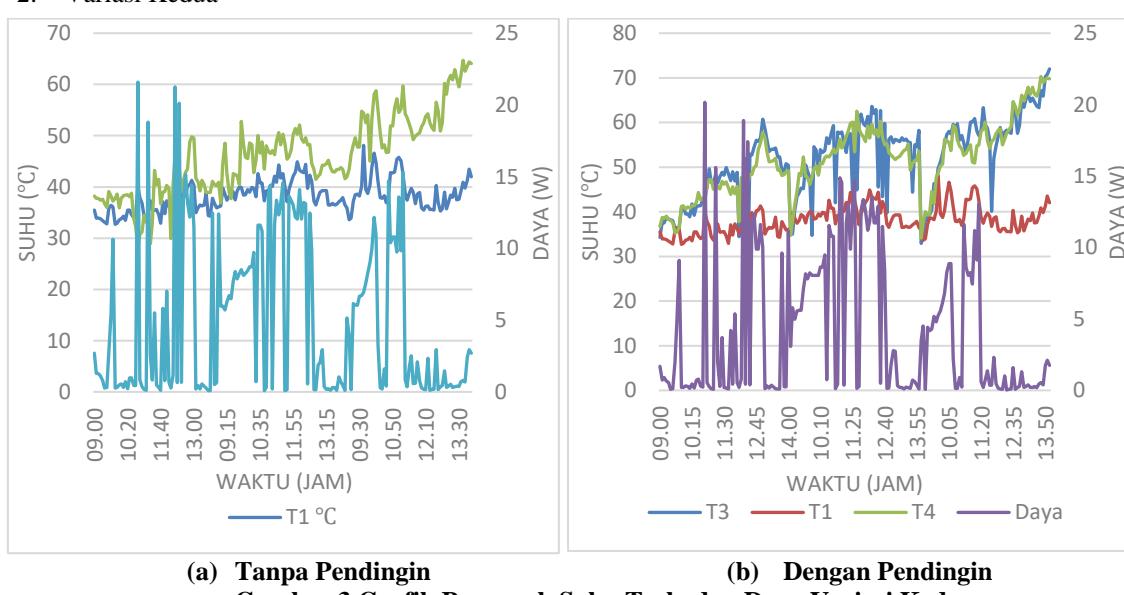
3.1. Pengaruh Suhu Terhadap Daya

1. Variasi Pertama



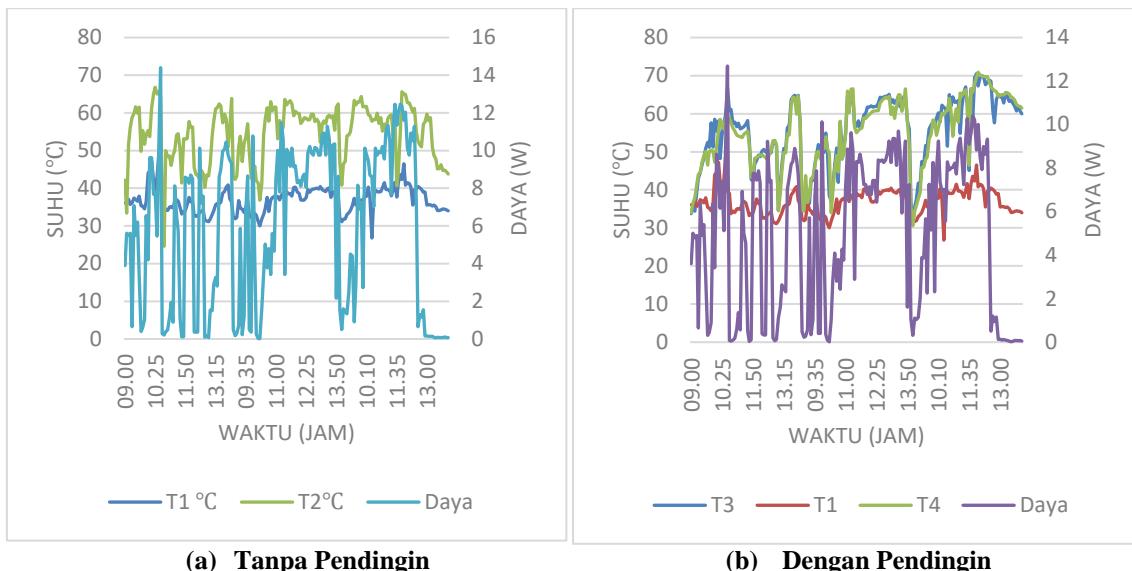
Gambar 2 (a) dan (b) berisi suhu lingkungan (T1), suhu panel surya tanpa pendingin (T2), suhu panel surya dengan pendingin 1cm (T3) dan suhu cairan pendingin (T4) serta daya yang diperoleh dari panel surya.

2. Variasi Kedua



Gambar 3 (a) menunjukkan nilai suhu lingkungan tertinggi $48,1^\circ\text{C}$, suhu panel tanpa pendingin bernilai $54,4^\circ\text{C}$ dengan nilai daya sebesar $6,93 \text{ W}$.

3. Variasi Ketiga

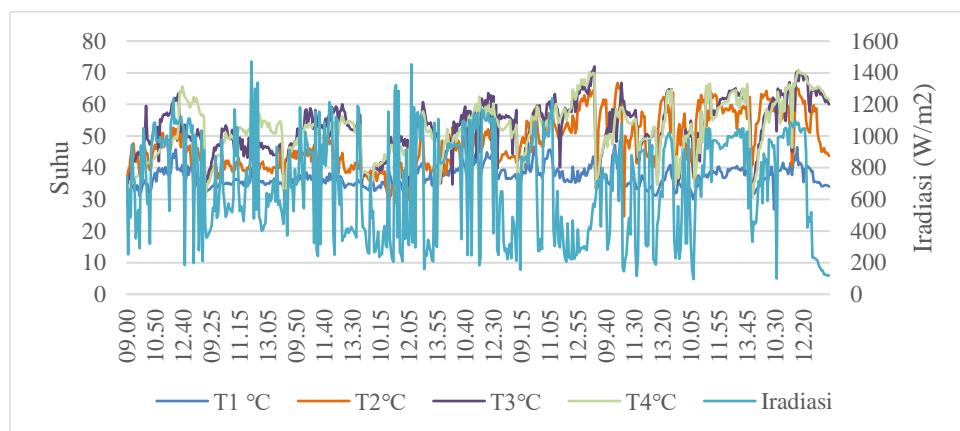


Gambar 4 Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Daya Variasi Ketiga

Gambar 4 (b) menunjukkan nilai suhu lingkungan tertinggi $48,6^{\circ}\text{C}$, suhu panel dengan pendingin 3 cm bernilai $59,6^{\circ}\text{C}$, sedangkan suhu cairan $58,8^{\circ}\text{C}$ dengan nilai daya sebesar $8,88\text{ W}$.

Gambar 2-4(a) dan (b) menunjukkan suhu panel surya dengan pendingin (T3) pada jam 09.00 WIB lebih dari suhu panel surya tanpa pendingin (T2), namun daya yang dihasilkan lebih besar panel surya tanpa pendingin. Hal ini disebabkan adanya cairan diatas panel surya akan mengurangi iradiasi yang diterima panel surya. Selepas jam 09.00 WIB suhu panel surya dengan pendingin lebih tinggi dan daya yang dihasilkan tetap lebih besar panel surya tanpa pendingin. Adanya fenomena tersebut dikarenakan panas yang seharusnya dapat dilepaskan langsung ke lingkungan diserap oleh cairan pendingin sehingga terjadi pindah panas secara konduksi. Dimana rata-rata daya yang dihasilkan oleh panel surya tanpa pendingin lebih dari panel surya dengan pendingin pada variasi 1 cm, 2 cm, dan 3 cm secara berurutan yaitu $4,5 \text{ W} > 3,81 \text{ W}, 3,53 \text{ W} > 2,997 \text{ W}, 4,81 \text{ W} > 3,93 \text{ W}$.

3.2. Pengaruh Iradiasi Terhadap Suhu

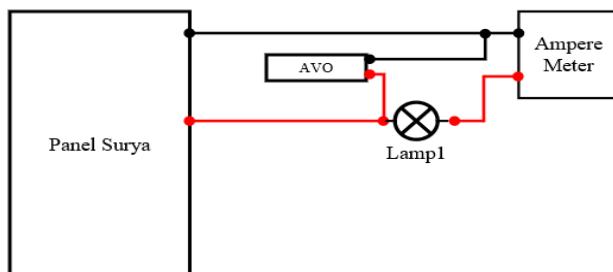


Gambar 5 Grafik Pengaruh Iradiasi Terhadap Suhu

T1 dalam grafik diatas adalah suhu lingkungan, T2 suhu panel surya tanpa pendingin, T3 suhu panel surya dengan pendingin dan T4 suhu cairan pendingin. Terlihat dari gambar 5, jika nilai iradiasi menurun maka keempat suhu tersebut akan menurun walaupun tidak mengalami penurun yang signifikan. Artinya iradiasi dengan suhu berbanding lurus, hal ini sebabkan adanya panas dari sinar matahari.

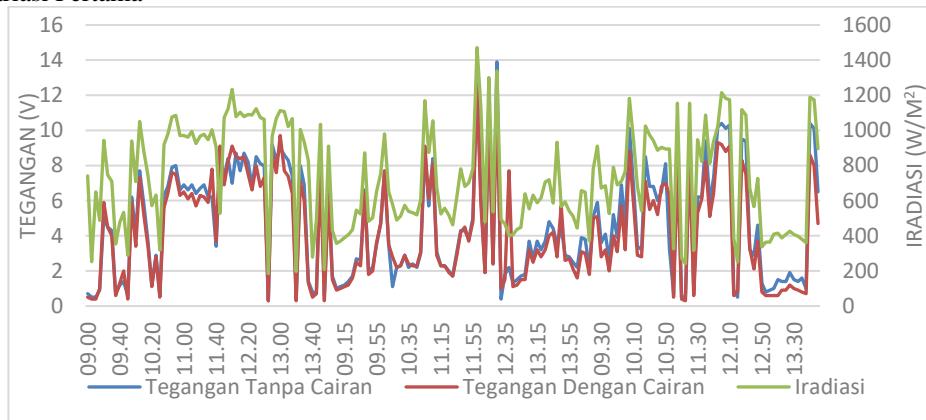
3.3. Perbandingan Tegangan dan Arus dari Panel Surya dengan Pendingin dan Panel Surya Tanpa pendingin

Panel surya menghasilkan tegangan DC dengan notasi positif dan negatif. Output positif dari panel surya terhubung pada sisi positif lampu dan sisi negatif lampu terhubung pada positif amper meter analog dan output negatif panel surya terhubung pada negatif amper meter analog. Lampu berfungsi agar arus yang dihasilkan panel surya dapat terbaca oleh amper meter, karena panel surya akan menghasilkan arus ketika terhubung dengan beban. Sketsa pengukuran tegangan dan arus dapat dilihat dari gambar 6.

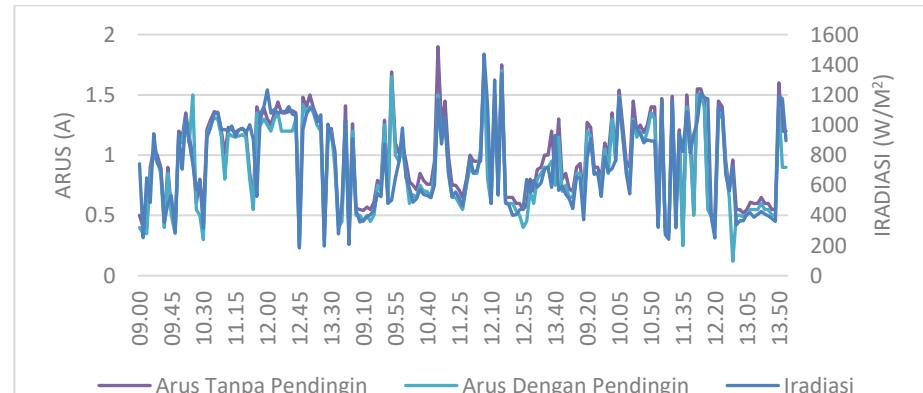


Gambar 6 Sketsa Pengukuran Tegangan dan Arus

1. Variasi Pertama



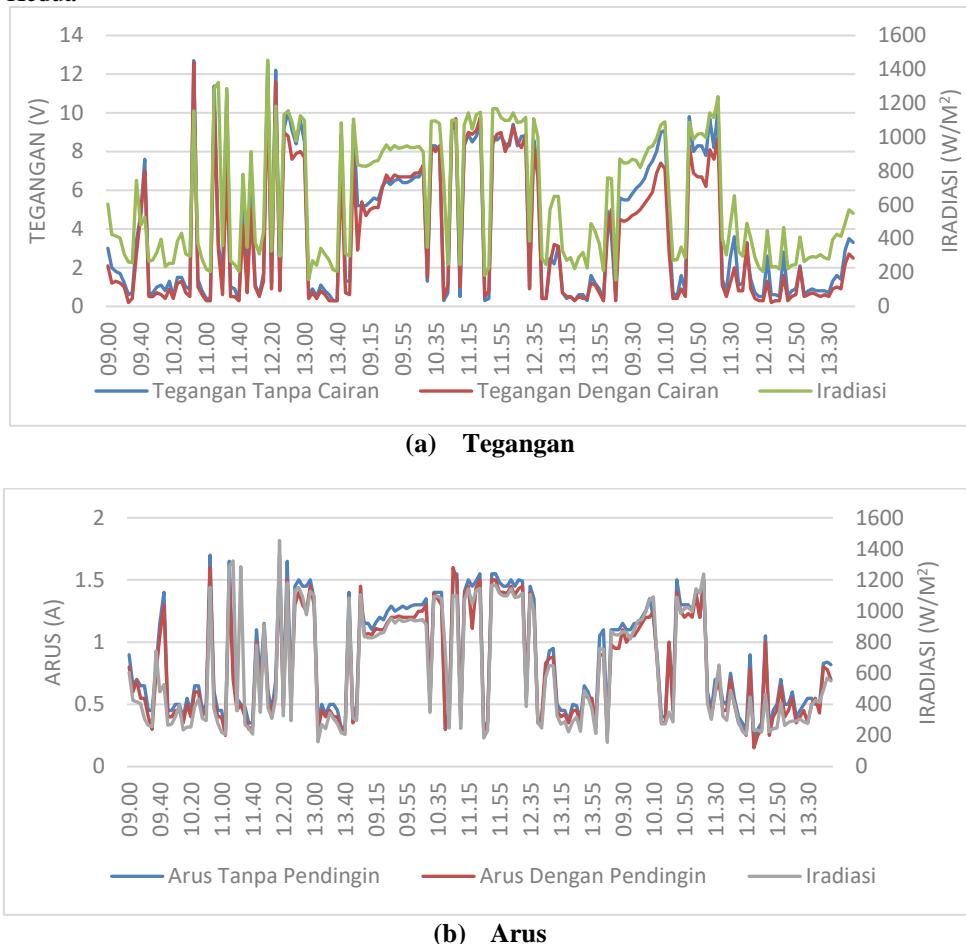
(a) Tegangan



(b) Arus

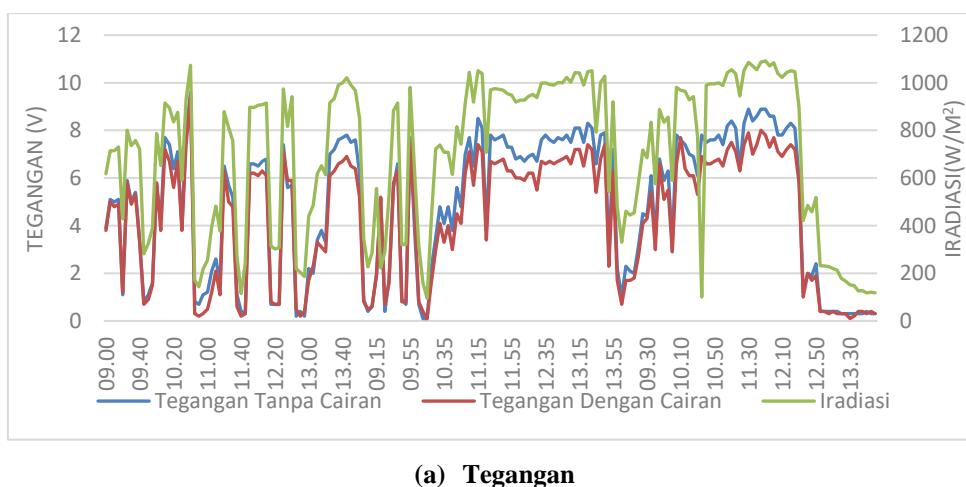
Gambar 7 Grafik Perbandingan Panel Surya dengan Pendingin dan Panel Surya Tanpa pendingin

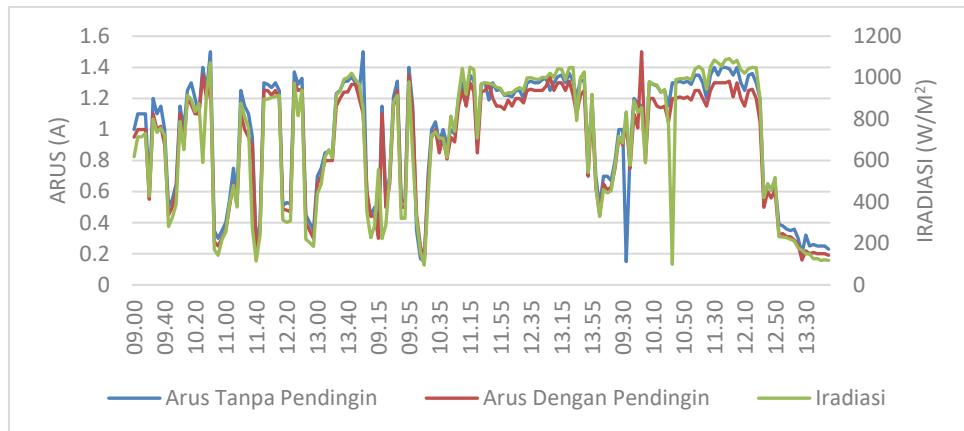
2. Variasi Kedua



Gambar 8 Grafik Perbandingan Panel Surya dengan Pendingin dan Panel Surya Tanpa pendingin

3. Variasi Ketiga





(b) Arus

Gambar 9 Grafik Perbandingan Panel Surya dengan Pendingin dan Panel Surya Tanpa pendingin

Gambar 7-9 (a) dan (b) Tegangan dan arus yang dihasilkan dari kedua perlakuan tersebut dengan variasi berbeda berbanding lurus dengan tingkat iradiasi. Tegangan dan arus dari panel surya tanpa pendingin lebih dari panel surya dengan pendingin. Salah satu contohnya pada gambar 8 tingkat iradiasi 1092 W/m^2 menghasilkan tegangan dari panel surya tanpa pendingin 8,9 v dan 7,8 v tegangan dari panel surya dengan pendingin sedangkan arusnya senilai 1,39 A dan 1,31 A. Salah satu penyebab menurunnya tegangan dan arus panel surya dengan pendingin yaitu adanya kotoran di dasar cairan yang tidak memungkinkan untuk tertiup angin karena kekentalan cairan mineral oil sebesar 23 at 20°C , 11 at 40°C , 3 at 100°C .

3.4. Analisis Anova

1. Anova Rata-rata Tegangan Panel Surya Tanpa Cairan Pendingin dengan Cairan Pendingin

Tabel 1. Hasil Anova Rata-rata Tegangan

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Ketinggian	2	0,79744	0,398719	106,17	0,009
Variasi	1	0,26460	0,264600	70,46	0,014
Error	2	0,00751	0,003756		
Total	5	1,06955			

Uji Anova dengan aplikasi mini tab menghasilkan nilai P-Value kurang dari nilai alpha, menghasilkan hipotesis tolak H_0 yaitu terdapat pengaruh signifikan dari variabel independent pada variabel dependen secara serentak. Karena nilai ($\text{sig.} < \alpha$) dapat dilanjutkan dengan analisis tukey, dengan hasil dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Tukey Rata-rata Tegangan

Ketinggian	N	Mean	Grouping	Variasi	N	Mean	Grouping
1cm	2	4,42	A	Tanpa Pendingin	3	4,48	A
2cm	2	3,77	B	Dengan Pendingin	3	4,06	B
3cm	2	4,63	A				

Jenis uji anova yang digunakan adalah two way, sehingga mendapatkan 2 hasil analisis lanjutan. Rata-rata ketinggian paling tinggi berada di variasi ketinggian 3 cm berada di kelompok A dengan variasi ketinggian 1 cm. Sedangkan rata-rata variasi tertinggi pada variasi tanpa pendingin sebesar 4,48.

2. Anova Rata-rata Arus Panel Surya Tanpa Cairan Pendingin dengan Cairan Pendingin

Tabel 3. Hasil Anova Rata-rata Arus

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Ketinggian	2	0,012744	0,006372	47,14	0,021
Variasi	1	0,009335	0,009335	69,05	0,014
Error	2	0,00027	0,000135		
Total	5	0,02235			

Hasil uji anova two way pada rata-rata arus nilai P-value < alpha, sehingga hipotesis tolak H0 dimana data sampel independen berpengaruh terhadap data dependen secara signifikan. Oleh karena itu dapat di analisis lanjutan yaitu dengan metode Tukey.

Tabel 4. Hasil Tukey Rata-rata Arus

Ketinggian	N	Mean	Grouping	Variasi	N	Mean	Grouping
1cm	2	0,927	A	Tanpa Pendingin	3	0,94	A
2cm	2	0,83	B	Dengan Pendingin	3	0,86	B
3cm	2	0,935	A				

Analisis tukey pada rata-rata arus serupa dengan hasil analisis tukey pada tegangan. Dimana ketinggi 3 cm dan tanpa pendingin memiliki rata-rata tertinggi dengan kelompok yang sama yaitu "A"

3.5. Rata-rata Hasil Data

Tabel 5. Rata-rata Hasil Data

Jenis Perlakuan		Tanpa Cairan Pendingin			Dengan Cairan Pendingin		
		V	A	P (W)	V	A	P (W)
1 cm	Hari-1	5,35	1,05	5,62	5,11	0,98	5,0078
	Hari-2	3,59	0,9	3,23	3,54	0,8	2,832
	Hari-3	4,82	0,96	4,63	4,11	0,87	3,58
	\bar{x}	4,59	0,97	4,5	4,25	0,88	3,81
2 cm	Hari-1	3,39	0,76	2,58	2,85	0,69	1,97
	Hari-2	5,01	1,04	5,21	5,01	0,99	4,96
	Hari-3	3,55	0,79	2,8	2,83	0,73	2,07
	\bar{x}	3,98	0,86	3,53	3,56	0,8	2,997
3 cm	Hari-1	4,27	0,95	4,06	3,91	0,88	3,44
	Hari-2	5,49	1,06	5,82	4,87	1,01	4,92
	Hari-3	4,89	0,93	4,55	4,35	0,78	3,39
	\bar{x}	4,88	0,98	4,81	4,38	0,89	3,93

Perlakuan panel surya dengan cairan pendingin mineral oil menggunakan teknik immersion cooling menghasilkan output (tegangan, arus dan daya) kurang dari panel surya tanpa cairan pendingin. Panel surya dengan cairan pendingin 3cm menghasilkan daya sebesar 3,93 W sedangkan panel surya tanpa cairan pendingin menghasilkan daya sebesar 4,81 W, sehingga memiliki selisih 0,88 W.

4. Kesimpulan

Suhu berpengaruh terhadap daya keluaran panel surya, apabila suhu panel surya tinggi (panel surya dengan pendinginan) maka daya yang dihasilkan rendah dan sebaliknya jika suhu panel surya rendah (panel surya tanpa pendingin) akan menghasilkan daya tinggi. Kenaikan suhu dipengaruhi oleh iradiasi

jika nilai iradiasi tinggi maka suhu juga mengalami kenaikan. Begitupun dengan hasil tegangan dan arus panel surya yang di pengaruhi oleh iradiasi. Tegangan, arus dan daya yang dihasilkan panel surya tanpa pendingin lebih tinggi dari panel surya dengan pendingin. Uji analisis anova yang dilanjut dengan metode tukey memperkuat bahwa tegangan dan arus panel surya tanpa pendingin lebih unggul yaitu senilai 4,48 v dan 0,94 A. Panel surya dengan cairan pendingin 3cm menghasilkan daya sebesar 3,93 W sedangkan panel surya tanpa cairan pendingin menghasilkan daya sebesar 4,81 W, sehingga penelitian pendinginan panel surya menggunakan cairan mineral oil dengan teknik immersion cooling tidak berhasil meningkatkan kinerja panel surya dan tidak dapat diterapkan pada PLTS.

Referensi

1. A Bukit, F. R. (n.d.). "Analisis Kekuatan Dielektrik Minyak Campuran Metil Ester Bunga Matahari Sebagai Isolasi Cair pada Transformator". In journal of energy and electrical engineering (JEEE) (Vol. 1, Issue 01). Oktober.
2. Atur Rumah. "Equivalent Sun Hour". <https://www.aturrumah.com/panel-surya/equivalent-sun-hour/>. 2021
3. Harahap, P. 2020. "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya yang Dihasilkan dari Berbagai Jenis Sel Surya". 2. Hal. 73-80.
4. Humas EBTKE. "Peluang Besar Kejar Target EBT Melalui Energi Surya". <https://ebtke.esdm.go.id/post/2019/09/26/2348/peluang.besar.kejar.target.ebt.melalui.energi.surya.2022>
5. Istiawan S. "Pengaruh Intensitas dan Temperatur Permukaan Panel Surya Pada Berbagai Jenis Sel Surya. Tugas Akhir". Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. 2019.
6. Isyanto H., Budiyanto, Fadliandi, dan P. G. Chamdareno. "Pendinginan Untuk Peningkatan Daya Keluaran Panel Surya". Dalam Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Fakultas Teknik Uniersitas Muhammadiyah Jakarta. Hal. 1-8. 2017.
7. Kuncoro, I. W. "Peforma Pendinginan Immersion Cooling Menggunakan Mineral Oil pada Server Rackmount Tipe 1U". Skripsi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 2019.
8. Koteswararao B. 2016. "Experimental Analysis of Solar Panel Efficiency With Different Modes of Cooling". 8. 1451-1456.
9. Kersey Roy. (n.d.). Refractive Index List of Common Household Liquids. In <https://www.gemsociety.org/article/refractive-index-list-of-common-household-liquids/>.
10. Mehrotra, S., dkk. "Performance of a Solar Panel With Water Immersion Cooling Technique". Vol. 3, No 3. Hal 1161-1172. 2014.
11. Munajad, Abi., Subroto, Cahyo., dan Suwarno. "Fourier Transform InfraRed (FTIR) Spectroscopy Analysis of Transformer Paper in Mineral Oil-Paper Composite Insulation Under Accelerated Thermal Aging". Bandung, Indonesia. Energies. 2017.
12. Panther. "Pour Point Mineral Oil". http://www.pantherlubes.com/tl_3.html
13. Pasaribu, C., Z. Tharo, dan A.D. Tarigan. "Analisa Pengaruh Pendinginan Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Keluaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Matahari". Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan. 2021.
14. Rahardjo, I dan Fitriana, I. Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia.
15. Septiadi dan W K Ramadhani, dan A. (n.d.). "Penerapan Metode Anova untuk Analisis Rata-rata Produksi Donat, Burger, dan Croissantpada Toko Roti Amino Bakery". 2020.
16. Suryana D., dan M. M. Ali. "Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokrislin". 2. 49-52. 2016.
17. Totten, G. E., Tensi, H.M., dan Lainer, K. "Performance of Vegetable Oils as a Cooling Medium in Comparison to a Standard Mineral Oil". 8 : 409-416. 1999.