

Sistem Pendinginan Panel Surya dengan Metode Penyemprotan Air dan Pengontrolan Suhu Air menggunakan Peltier

EKA PURWA LAKSANA, OKTIVIIYANTO SANJAYA, SUJONO, SUWASTI BROTO, NIFTY FATH

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur, Indonesia
Email: eka.purwalaksana@budiluhur.ac.id

Received 4 Maret 2022 | *Revised* 9 April 2022 | *Accepted* 18 April 2022

ABSTRAK

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi panel surya adalah suhu pada modul panel surya. Efisiensi panel surya akan menurun seiring dengan naiknya suhu panel surya. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu mekanisme pendinginan pada sistem panel surya untuk dapat meningkatkan efisiensi panel surya. Pada penelitian ini, dirancang sebuah sistem pendinginan panel surya dengan metode penyemprotan air dan pengontrolan suhu air. Jika suhu telah mencapai 40°C, pompa yang terdapat pada bak penampungan air akan bekerja mengalirkan air ke permukaan panel surya. Dengan demikian, suhu pada panel surya dapat dikontrol agar sesuai dengan set point yang diinginkan yakni di bawah 40°C. Sistem pengontrolan suhu air dengan peltier dan fan dilakukan untuk mengontrol suhu air di dalam bak penampungan air agar tetap berada pada suhu maksimal 39°C. Sistem pendinginan panel surya pada penelitian ini mampu meningkatkan daya keluaran panel surya sebesar 30,19%.

Kata kunci: panel surya, pendingin, semprotan air, peltier

ABSTRACT

The solar panels efficiency can be affected by the the temperature of the solar panel module. It will decrease as the temperature of the solar panels increases. Therefore, a cooling mechanism in the solar panel system is needed to increase the efficiency of the solar panels. In this study, a solar panel cooling system was designed with the method of spraying water and controlling water temperature. If the temperature has reached 40°C, the pump in the water reservoir will work to circulate water to the surface of the solar panel. Thus, the temperature on the solar panel can be controlled to match the desired set point, which is below 40°C. The water temperature control system with peltier and fan is carried out to control the temperature of the water in the water reservoir so that it remains at the maximum temperature of 39°C. The solar panel cooling system in this study was able to increase the solar panel output power by 30.19% when using the cooling system.

Keywords: solar panels, cooling, water spray, peltier

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara yang berada di garis khatulistiwa mendapat sinar matahari sepanjang tahun sehingga berpotensi memperoleh energi surya yang cukup besar. Teknologi *photovoltaic* (PV) atau yang dikenal dengan panel surya mampu mengonversi energi surya menjadi energi listrik. Potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni 4,8 KWh/m² (**Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, 2012**). Ketika panel surya beroperasi, hanya sekitar 15% dari radiasi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik, sedangkan sisanya dikonversi menjadi panas (**Teo, dkk, 2012**).

Beberapa faktor mempengaruhi efisiensi panel surya, salah satunya adalah suhu pada modul panel surya (**Chikate & Sadawarte, 2015**). Penelitian pada (**Pourakbar & Deldadeh, 2014**) menyelidiki pengaruh panas pada panel surya berdasarkan sifat listrik dari silikon monokristalin dan polikristalin. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah efisiensi pada panel surya menurun disebabkan oleh kenaikan suhu lingkungan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu mekanisme pendinginan pada sistem panel surya untuk dapat meningkatkan efisiensi panel surya.

Berbagai macam mekanisme pendinginan pada sistem panel surya telah dilakukan. Penelitian pada (**Grubisić-Čabo, dkk, 2016**) mengkaji beberapa penelitian mengenai sistem pendingin panel surya dengan berbagai metode. Metode pendinginan dapat diklasifikasikan menjadi metode aktif yakni pendinginan yang membutuhkan energi untuk bekerja dan metode pasif yakni pendinginan yang tidak membutuhkan energi untuk bekerja. Beberapa media yang dapat digunakan sebagai pendingin yakni udara dan air (**Shukla, dkk, 2017**). Alat yang digunakan dapat berupa pipa peniup udara dan pipa penyemprot air.

Pendinginan pasif dengan udara memberikan efisiensi yang lebih rendah jika dibandingkan pendinginan dengan air (**Farhana, 2012**). Efek pendinginan paling signifikan terjadi saat pendinginan aktif menggunakan air (**Smith, dkk, 2014**). Penelitian pada (**Nižetić, dkk, 2018**) memberikan kesimpulan bahwa pendinginan dengan media air merupakan metode pendinginan dengan efisiensi paling tinggi sehingga dapat meningkatkan unjuk kerja panel surya mencapai 10% hingga 20%.

Sistem pendinginan panel surya pada (**Moharram, dkk, 2013**) menggunakan pipa penyemprot air dengan lokasi penelitian di Egypt yang memiliki iklim panas dan lingkungan yang tandus. Dengan metode pipa penyemprot air, maka energi yang dibutuhkan untuk mendinginkan panel PV dapat diminimalisasi. Sistem pendinginan dengan media air juga dilakukan pada (**Smith, dkk, 2014**) (**Tabaei & Ameri, 2015**), dan (**Zilli, dkk, 2018**). Penelitian tentang sistem pendingin menggunakan udara pada (**Teo, dkk, 2012**) dilakukan dengan media pipa untuk melewati udara yang dipasang di bawah modul sel surya. Metode pendinginan dengan udara juga dilakukan pada (**Popovici, dkk, 2016**) dan (**Farshchimonfared, dkk, 2015**). Sistem pendingin hibrid juga dapat dilakukan dengan menggabungkan dua media, seperti pada penelitian (**Hussein, dkk, 2017**) yang menggunakan media air dan *nanofluid* sehingga dapat meningkatkan efisiensi panel surya sebesar 7,8%.

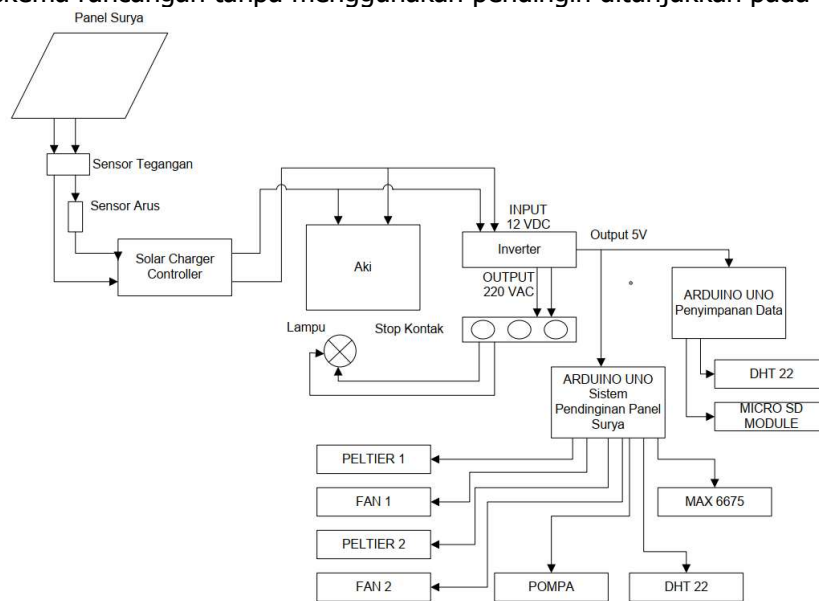
Pada penelitian ini, dirancang sebuah sistem pendinginan panel surya menggunakan metode penyemprotan air. Sistem dirancang dengan metode mengalirkan air pada permukaan panel surya saat suhu pada panel surya telah mencapai suhu 40°C. Sistem pendingin ini mampu menurunkan suhu pada panel surya dan meningkatkan daya keluaran panel surya. Air yang dialirkan pada permukaan panel surya akan ditampung pada bak penampungan. Suhu pada

bak penampungan dikontrol agar dapat bernilai kurang dari 39°C menggunakan pendingin berupa peltier dan *fan*.

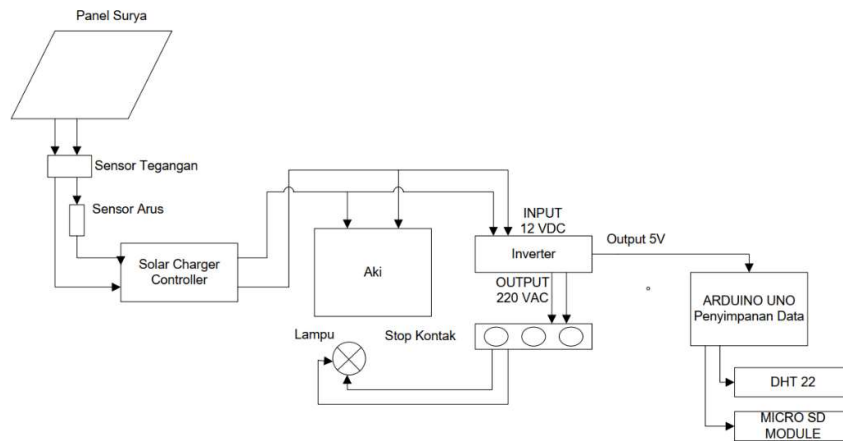
2. PERANCANGAN SISTEM

2.1 Diagram Blok Sistem

Sistem pendinginan panel surya dirancang menggunakan metode penyemprotan air pada panel surya dan pengontrolan suhu air pada bak penampungan dengan peltier. Sistem pendinginan terdiri dari beberapa komponen yakni dua unit panel surya masing-masing berkapasitas 200 Wp, modul Arduino UNO, dua unit sensor arus, dua unit sensor tegangan, dua unit sensor suhu, RTC modul, LCD, dua unit peltier, dua unit *fan*, dan pompa DC. Skema rancangan sistem pendinginan panel surya dengan pendingin ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan skema rancangan tanpa menggunakan pendingin ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Panel Surya dengan Pendingin

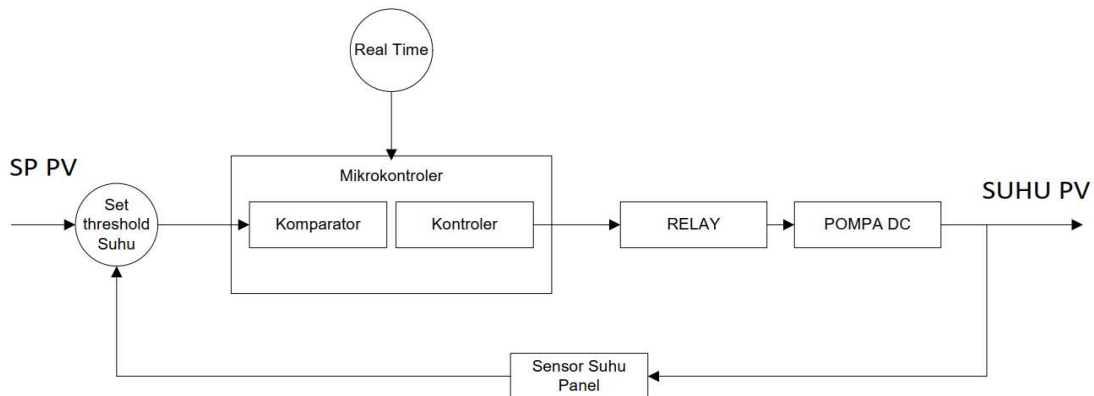


Gambar 2. Diagram Blok Sistem Panel Surya Tanpa Pendingin

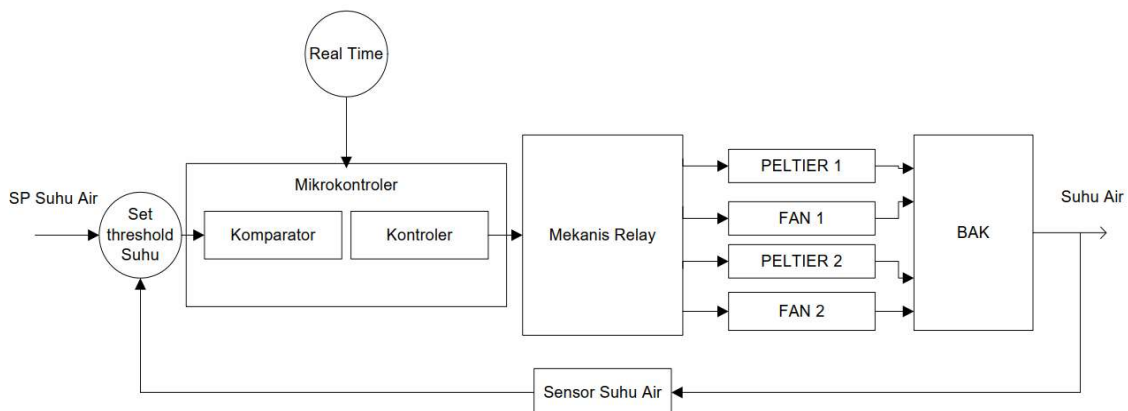
2.2 Prinsip Kerja Sistem

Berdasarkan Gambar 3, prinsip kerja sistem adalah sebagai berikut. Sensor DHT22 adalah sensor suhu yang digunakan untuk memonitoring suhu pada permukaan panel surya. Hasil pembacaan suhu oleh sensor diproses oleh Arduino UNO yang berfungsi sebagai pengendali pompa air DC otomatis. Sistem pendingin dengan penyemprotan air akan aktif mengalirkan air pada permukaan panel surya apabila suhu panel surya telah mencapai 40°C. Air yang menyentuh bidang panel surya akan kembali masuk ke dalam bak penampungan.

Arduino UNO dan sensor MAX6675 adalah komponen yang digunakan sebagai pengendali peltier dan *fan* secara otomatis untuk mengontrol suhu air pada bak penampungan. Suhu pada air di bak penampungan dikontrol agar tidak mencapai lebih dari 39 °C. Apabila suhu air pada bak penampungan lebih dari 39°C atau sama dengan 39°C, maka pompa DC akan bekerja. Akan tetapi, apabila set poin suhu tersebut belum terpenuhi maka pompa DC menjadi tidak aktif. Diagram kontrol suhu pada bak penampungan terlihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Diagram Kontrol Suhu Panel Surya



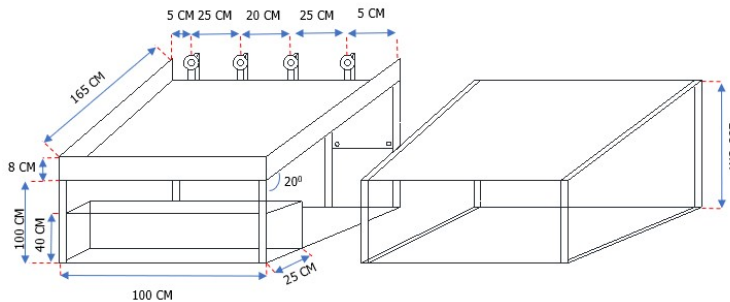
Gambar 4. Diagram Kontrol Suhu Air pada Bak Penampungan

2.3 Rancangan Sistem Mekanik

Perancangan panel surya dibuat menggunakan siku berlubang yang disesuaikan dengan ukuran panel surya. Selang tube yang berfungsi sebagai media untuk mengalirkan air dari bak penampungan ke bagian atas panel surya dipasang pada bagian bawah panel surya. Tabel 1 menjabarkan material sistem mekanik yang digunakan. Rancangan penampang sel surya dapat dilihat pada Gambar 5. Desain Panel Surya dengan Sistem Pendingin.

Tabel 1. Material Sistem Mekanik

No	Material	Kuantitas
1	Siku Berlubang	15 Meter
2	Baut JF 6mm x 20mm + Ring Plat + Mur 6	100 Set
3	Selang <i>Tube</i> 12mm x 8mm <i>Transparant</i>	4 Meter
4	Fritting cabang 3	2 Unit
5	Fritting cabang 2	12 Unit
6	Kabel Ties 100mm	1 Pack
7	Kaca <i>Acrylic</i> 2mm ukuran 100cm x 100cm	1 Lembar

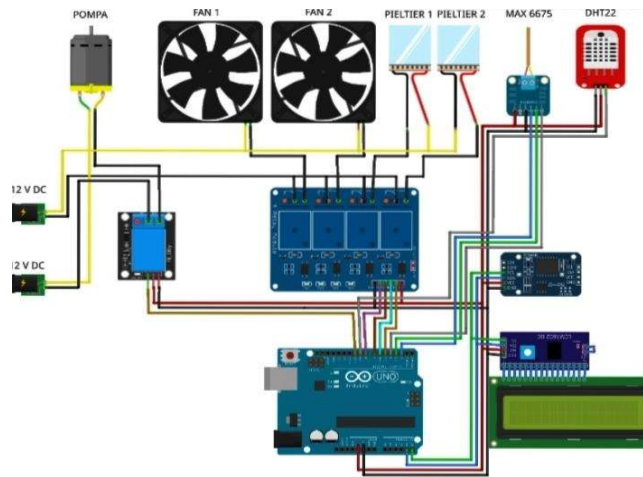


Gambar 5. Desain Panel Surya dengan Sistem Pendingin

2.4 Rancangan Sistem Elektronik

Perancangan sistem elektronik terdiri dari konfigurasi rangkaian panel surya, instalasi rangkaian kontroler, dan otomatisasi pengumpulan dan perekaman data dari sensor menggunakan *data logger*. *Wiring diagram* sistem terlihat pada

Gambar 6.



Gambar 6. Wiring Diagram Sistem

3. HASIL DAN ANALISIS

Beberapa pengujian dilakukan pada panel surya yang telah dirancang, yakni pengujian sensor tegangan, sensor arus, sensor suhu, serta tegangan dan arus keluaran panel surya saat sebelum menggunakan pendingin dan setelah menggunakan pendingin. Rangkaian panel surya dengan menggunakan pendingin dan tanpa menggunakan pendingin dapat dilihat pada

Gambar 7. Rangkaian Panel Surya dengan menggunakan Pendingin (Kiri) dan Rangkaian Panel Surya Tanpa Pendingin (Kanan)



Gambar 7. Rangkaian Panel Surya dengan menggunakan Pendingin (Kiri) dan Rangkaian Panel Surya Tanpa Pendingin (Kanan)

3.1 Pengujian Sensor Tegangan, Sensor Arus, Sensor Suhu Panel Surya

Pengujian sensor tegangan dilakukan pada bagian *output* dari panel surya sebelum menuju *solar charge controller*. Data pembacaan sensor tegangan kemudian dibandingkan dengan hasil pembacaan dari multimeter untuk mengetahui besaran *error*. Salah satu hasil pembacaan tegangan *output* dan arus *output* pada LCD terlihat pada Gambar 8. Tabel 2 adalah hasil pengujian sensor tegangan dan arus *output* serta suhu.



(a)



(b)

Gambar 8. (a) Hasil Pembacaan Tegangan dan Arus *Output* (b) Suhu Panel Surya

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Tegangan, Arus, dan Suhu

Tegangan			Arus			Suhu		
Pengukuran multimeter (V)	Pengujian sensor (V)	Error (%)	Pengukuran multimeter (A)	Pengujian sensor (A)	Error (%)	Pengukuran thermogun (°C)	Pengujian sensor (°C)	Error (%)
23,90	23,27	2,63	0,45	0,44	2,22	49,10	48,90	0,40
15,04	14,80	1,59	0,16	0,15	6,25	42,40	42,00	0,94
14,92	14,56	2,41	0,24	0,22	8,33	40,10	39,50	1,49
15,04	14,76	1,81	0,15	0,14	6,66	37,20	36,90	0,80
14,97	14,62	2,34	0,32	0,30	6,25	41,70	41,50	0,47

3.2 Pengujian dan Analisis Tegangan *Output* Panel Surya Tanpa Pendingin dan dengan Pendingin

Pengujian sistem panel surya tanpa pendingin dan menggunakan pendingin dilakukan selama enam hari, dimulai dari tanggal 22 Juni 2020 hingga 27 Juni 2020 pada pukul 10.00 hingga pukul 14.30 WIB. Beberapa parameter yang diuji adalah suhu panel surya, tegangan *output*, arus *output*, dan daya *output* dari masing-masing panel surya. Proses perekaman data

dilakukan secara otomatis oleh sistem *datalogger* ke dalam microSD setiap enam detik. Kondisi cuaca pada setiap pengujian terlihat pada Tabel 3.

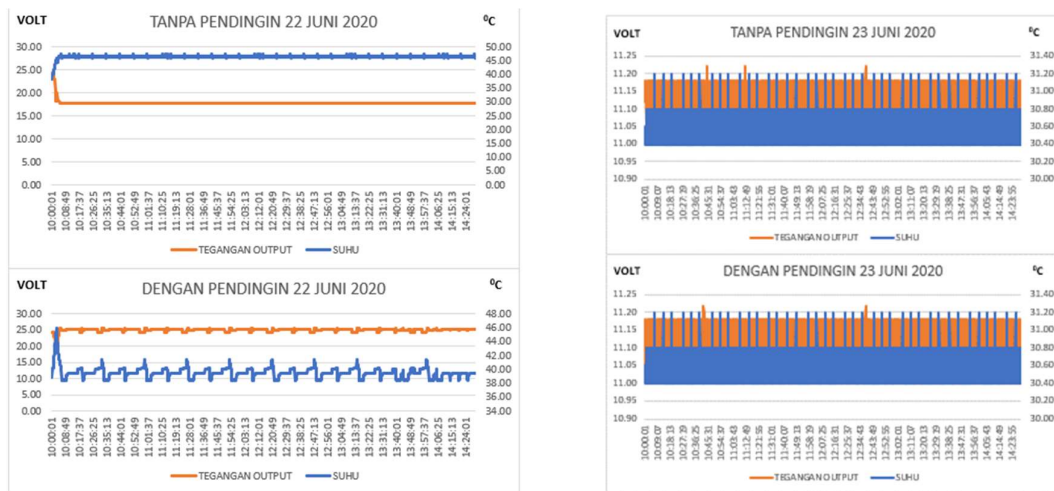
Tabel 3. Kondisi Cuaca Saat Pengujian

Tanggal pengujian	Kondisi Cuaca
22 Juni 2020	Sangat cerah
23 Juni 2020	Hujan dengan intensitas ringan, matahari tertutup awan
24 Juni 2020	Cerah berawan
25 Juni 2020	Cerah berawan
26 Juni 2020	Cerah berawan
27 Juni 2020	Cerah berawan

Pada pengujian tegangan *output* tanggal 22 Juni 2020, diperoleh hasil tegangan rata-rata panel surya tanpa pendingin sebesar 14,63 V sedangkan tegangan rata-rata panel surya dengan pendingin adalah 25,15 V. Pengujian tegangan *output* pada tanggal 23 Juni 2020 pada panel surya tanpa pendingin dan dengan pendingin memiliki hasil yang sama yakni 11,09 V.

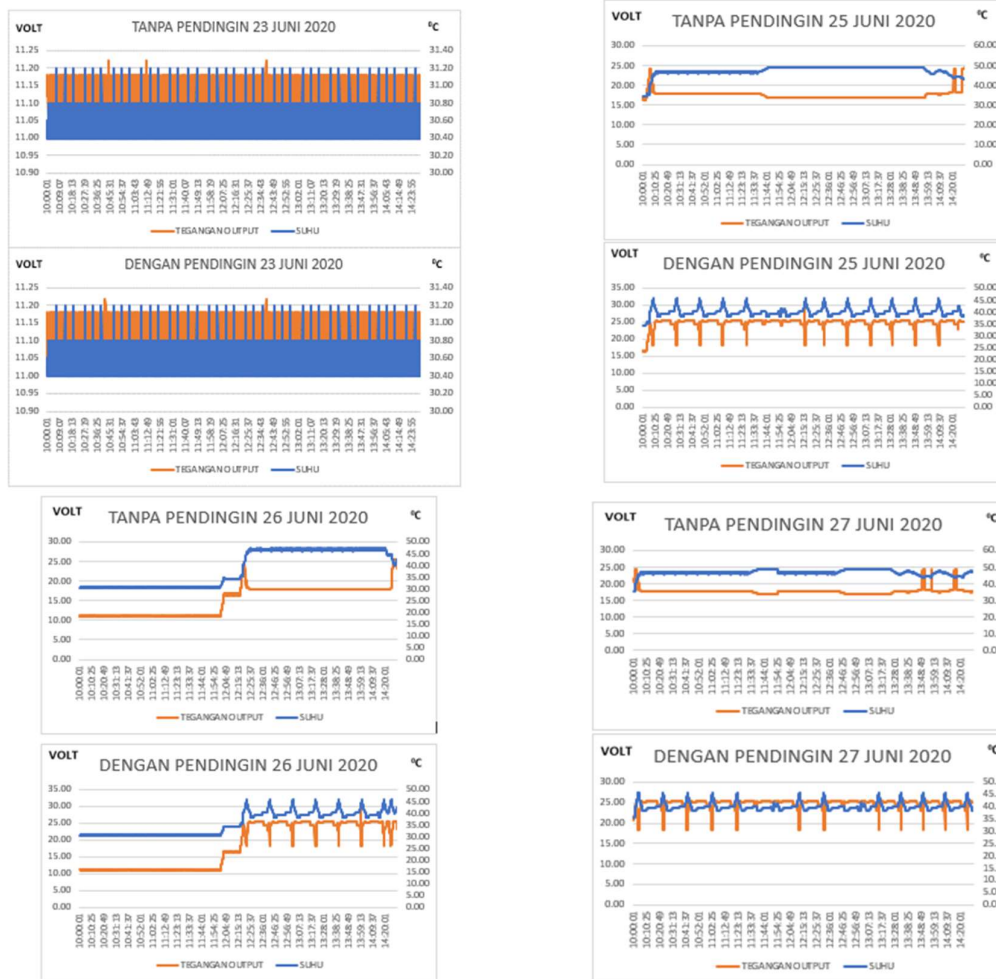
Pada pengujian tegangan *output* tanggal 24 Juni 2020, tegangan *output* pada panel surya dengan pendingin lebih besar 6,44 V dibandingkan dengan tegangan *output* panel surya tanpa pendingin. Tegangan *output* rata-rata panel surya tanpa pendingin pada tanggal 25 Juni sebesar 17,54 V sedangkan tegangan *output* panel surya dengan pendingin adalah 24,54 V. Pada pengujian tegangan *output* tanggal 26 Juni 2020, diperoleh hasil tegangan *output* rata-rata 14,92 V pada panel surya tanpa pendingin dan 18,00 V pada panel surya dengan pendingin.

Bedasarkan pengujian terakhir pada 27 Juni 2020 diperoleh tegangan *output* rata-rata panel surya tanpa pendingin sebesar 17,84 V dan tegangan *output* rata-rata panel surya dengan pendingin sebesar 24,74 V. Dari hasil pengujian secara keseluruhan, seperti yang terlihat pada Gambar 10 dan Gambar 10 serta hasil pengujian rata-rata pada Gambar 11, dapat dibuktikan bahwa sistem pendinginan panel surya yang dirancang mampu memaksimalkan tegangan keluaran pada panel surya.

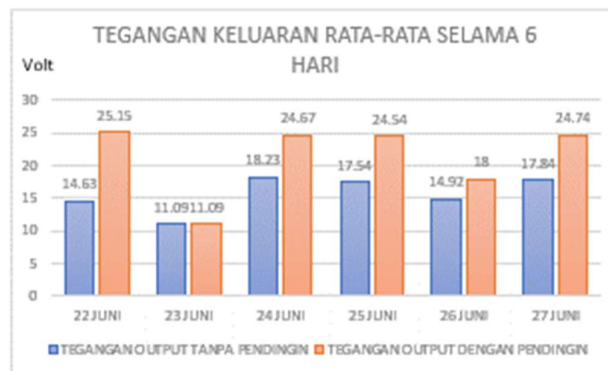


Sistem Pendinginan Panel Surya dengan Metode Penyemprotan Air dan Pengontrolan Suhu Air menggunakan Peltier

Gambar 9. Hasil Pengujian Tegangan *Output* Panel Surya dengan Pendingin dan Tanpa Pendingin (22 Juni dan 23 Juni)



Gambar 10. Hasil Pengujian Tegangan *Output* Panel Surya dengan Pendingin dan Tanpa Pendingin (23 Juni – 27 Juni)



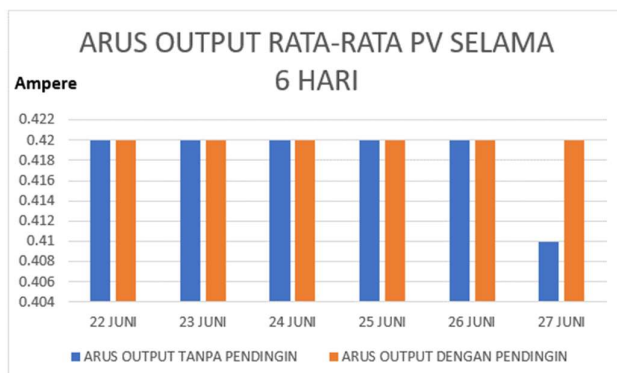
Gambar 11. Grafik Perbandingan Tegangan Keluaran Rata-Rata Panel Surya Selama Enam Hari

3.3 Pengujian dan Analisis Arus *Output* Panel Surya Tanpa Pendingin dan dengan Pendingin

Pengujian arus panel surya dilakukan dengan mengukur arus menggunakan sensor arus yang dipasang pada sisi *output* panel surya sebelum menuju ke *solar charge controller*. Pada pengujian arus *output* tanggal 22 Juni 2020 hingga 27 Juni 2020, diperoleh hasil arus *output* rata-rata yang sama baik tanpa pendingin maupun dengan pendingin yakni sebesar 0,42 A. Hasil pengujian arus panel surya dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12. Hasil Pengujian Arus *Output* Panel Purya dengan Pendingin dan Tanpa Pendingin



Gambar 13. Grafik Perbandingan Arus Keluaran Rata-Rata Panel Surya Selama Enam Hari

3.4 Pengujian Daya Panel Surya Tanpa Pendingin dan dengan Pendingin

Pengujian dan analisis daya pada panel surya dilakukan dengan persamaan perkalian antara tegangan dikalikan dengan arus. Tabel hasil pengukuran daya keluaran panel surya menggunakan pendingin dan panel surya yang tidak menggunakan pendingin pada tanggal 22 Juni - 27 Juni 2020 terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Daya Rata-Rata Panel Surya Selama Enam Hari

Tanggal	Daya Pv Tanpa Pendingin	Daya Pv Dengan Pendingin	Kenaikan daya (%)
22 JUNI 2020	7,62 Watt	10,69 Watt	40,29%
23 JUNI 2020	4,71 Watt	4,71 Watt	0%
24 JUNI 2020	7,75 Watt	10,49 Watt	35,35%
25 JUNI 2020	7,32 Watt	10,43 Watt	42,49%
26 JUNI 2020	6,34 Watt	7,65 Watt	20,66%
27 JUNI 2020	7,39 Watt	10,52 Watt	42,35%

Tabel 4. Daya Rata-Rata Panel Surya Selama Enam Hari. Berdasarkan hasil pengujian, terlihat bahwa sistem pendinginan panel surya mampu memaksimalkan daya keluaran pada panel surya.

4. KESIMPULAN

Proses pendinginan panel surya dengan metode penyemprotan air dan pengontrolan suhu air menggunakan peltier sangat efektif digunakan untuk menjaga suhu panel surya sesuai dengan set poin suhu yang diinginkan yakni 40°C. Pada penelitian ini, terdapat kenaikan daya rata-rata sebesar 30,19% pada saat menggunakan sistem pendingin.

DAFTAR RUJUKAN

Cabo, F. G., Nizetic, S., & Marco, T. G. (2016). Photovoltaic Panels: A Review of The Cooling Techniques: EBSCOhost. *Transactions of FAMENA*, 40(1), 63-74.

- Chikate, B. V., & Sadawarte, Y. A. (2015). The Factors Affecting the Performance of Solar Cell. *International Journal of Computer Applications*, 1–5. <http://research.ijcaonline.org/icquest2015/number1/icquest2776.pdf>
- Farhana, Z. (2012). Experimental Investigation of Photovoltaic Modules Cooling System. *IEEE Symposium on Computers & Informatics*.
- Farshchimonfared, M., Bilbao, J. I., & Sproul, A. B. (2015). Channel depth, air mass flow rate and air distribution duct diameter optimization of photovoltaic thermal (PV/T) air collectors linked to residential buildings. *Renewable Energy*, 76, 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.044>
- Hussein, H. A., Numan, A. H., & Abdulrahman, R. A. (2017). *Improving the Hybrid Photovoltaic / Thermal System Performance Using Water-Cooling Technique and Zn-H₂O Nanofluid*. 2017(3).
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2012). Matahari Untuk PLTS Di Indonesia. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia#:~:text=Potensi energi surya di Indonesia,adalah sebesar 0.87 GW atau>
- Moharram, K. A., Abd-Elhady, M. S., Kandil, H. A., & El-Sherif, H. (2013). Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling. *Ain Shams Engineering Journal*, 4(4), 869–877. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2013.03.005>
- Nižetić, S., Giama, E., & Papadopoulos, A. M. (2018). Comprehensive analysis and general economic-environmental evaluation of cooling techniques for photovoltaic panels, Part II: Active cooling techniques. *Energy Conversion and Management*, 155, 301–323. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.10.071>
- Popovici, C. G., Hudisțeanu, S. V., Mateescu, T. D., & Cherecheș, N. C. (2016). Efficiency Improvement of Photovoltaic Panels by Using Air Cooled Heat Sinks. *Energy Procedia*, 85, 425–432. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.223>
- Pourakbar, A., & Deldadeh, B. (2014). Thermal Effects Investigation on Electrical Properties of Silicon Solar Cells Treated by Laser Irradiation. *International Journal of Renewable Energy Development*, 3, 184–187. <https://doi.org/10.14710/ijred.3.3.184-187>
- Shukla, A., Kant, K., Sharma, A., & Biwole, P. H. (2017). Cooling methodologies of photovoltaic module for enhancing electrical efficiency: A review. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 160, 275–286. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2016.10.047>
- Smith, M. K., Selbak, H., Wamser, C. C., Day, N. U., Krieske, M., Sailor, D. J., & Rosenstiel, T. N. (2014). Water cooling method to improve the performance of field-mounted, insulated, and concentrating photovoltaic modules. *Journal of Solar Energy*

- Engineering, Transactions of the ASME*, 136(3), 5–8.
<https://doi.org/10.1115/1.4026466>
- Tabaei, H., & Ameri, M. (2015). Improving the effectiveness of a photovoltaic water pumping system by using booster reflector and cooling array surface by a film of water. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Mechanical Engineering*, 39(M1), 51–60.
- Teo, H. G., Lee, P. S., & Hawlader, M. N. A. (2012). An active cooling system for photovoltaic modules. *Applied Energy*, 90(1), 309–315.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.01.017>
- Zilli, B. M., Lenz, A. M., de Souza, S. N. M., Secco, D., Nogueira, C. E. C., Junior, O. H. A., Nadaleti, W. C., Siqueira, J. A. C., & Gurgacz, F. (2018). Performance and effect of water-cooling on a microgeneration system of photovoltaic solar energy in Paraná Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 192, 477–485.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.241>