

# Pengaruh Sistem Pendingin terhadap Daya Keluaran Panel Surya

## The Effect of Cooling Systems on the Power Output of Solar Panels

Riyani Prima Dewi<sup>1\*</sup>, Fadhillah Hazrina<sup>2</sup>, Novita Asma Illahi<sup>3</sup>, Putri Maya Maemunah<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Rekayasa Elektro dan Mekatronika, Politeknik Negeri Cilacap

Jln. Dr. Soetomo No. 1, Kab. Cilacap, Jawa Tengah

riyanipd@pnc.ac.id<sup>1\*</sup>, fadhillahazrina@pnc.ac.id<sup>2</sup>, nasmailahi@pnc.ac.id<sup>3</sup>, maya21\_tlb.stu@pnc.ac.id<sup>4</sup>

**Abstrak** – Indonesia memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi surya karena letaknya yang strategis di garis khatulistiwa. Panel surya mengonversi radiasi matahari langsung dengan efisiensi puncak sebesar 9-12%, sementara lebih dari 80% radiasi matahari tidak dapat dikonversi menjadi energi listrik. Salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi panel surya adalah suhu permukaan panel yang tinggi, yang menyebabkan penurunan daya keluaran. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem pendingin panel surya menggunakan fluida air sebagai media pendingin guna mengoptimalkan daya keluaran dan mencegah kerusakan akibat tingginya intensitas radiasi matahari. Sistem pendingin ini dirancang dengan mengalirkan fluida air melalui pipa spiral di belakang permukaan panel surya berkapasitas 50 Wp. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu permukaan panel tanpa pendingin berkisar antara 40°C hingga 49°C. Sementara itu, penggunaan pendingin air aquades menurunkan suhu permukaan panel menjadi 34°C hingga 38°C, dan penggunaan air yang dicampur dengan es batu lebih efektif menurunkan suhu menjadi 27°C hingga 30°C. Tegangan rata-rata pada panel tanpa pendingin adalah 19,9 V dengan daya keluaran sebesar 19,59 W. Dengan penggunaan pendingin air aquades, tegangan meningkat menjadi 20,4 V dengan daya keluaran sebesar 20,48 W, sedangkan penggunaan air campuran es batu menghasilkan tegangan sebesar 20,5 V dan daya keluaran sebesar 20,88 W. Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan sistem pendingin berbasis air aquades dan es batu efektif dalam menurunkan suhu permukaan panel surya dan meningkatkan daya keluaran panel surya.

**Kata Kunci:** daya, panel surya, radiasi, sistem pendingin, suhu.

**Abstract** – Indonesia has great potential for solar energy utilization due to its strategic location along the equator. Solar panels convert direct solar radiation with a peak efficiency of 9-12%, while over 80% of solar radiation cannot be converted into electrical energy. One of the key factors affecting the efficiency of solar panels is the high surface temperature, which leads to a decrease in power output. This study aims to design and test a cooling system for solar panels using water as the cooling medium to optimize power output and prevent damage caused by high solar radiation intensity. The cooling system is designed by circulating water through a spiral pipe behind the surface of a 50 Wp solar panel. The test results show that the surface temperature of the panel without cooling ranges from 40°C to 49°C. Meanwhile, the use of distilled water as a cooling fluid reduces the surface temperature to between 34°C and 38°C, and the use of water mixed with ice is more effective, reducing the temperature to between 27°C and 30°C. The average voltage of the panel without cooling is 19.9 V, with a power output of 19.59 W. With the use of distilled water, the voltage increases to 20.4 V, with a power output of 20.48 W, while the use of water mixed with ice yields a voltage of 20.5 V and a power output of 20.88 W. This research demonstrates that the use of a cooling system based on distilled water and ice is effective in reducing the surface temperature of solar panels and increasing their power output.

**Keywords:** cooling system, power, radiation, solar panel, temperature.

## 1. Pendahuluan

Negara Indonesia adalah negara yang potensial untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya karena terletak pada garis khatulistiwa, sehingga pada Tahun 2021 potensi energi surya di Indonesia sebesar 3.296,4 GWp yang dibagi berdasarkan wilayah dan potensi energi surya didasarkan pada intensitas radiasi berkisar mulai dari 3,75 kWh/m<sup>2</sup>/hari [1]. Pemanfaatan energi surya yang besar dapat mengoptimalkan kinerja panel surya. Panel surya sendiri yaitu sistem yang mengonversi energi sinar matahari menjadi energi listrik yang akan disimpan ke baterai. Dalam hal ini sel surya mengonversi radiasi matahari dengan efisiensi puncak antara 9 hingga 12% sedangkan 80% lebih dari radiasi matahari tidak dapat diubah menjadi listrik, namun dipantulkan menjadi energi panas [2], [3].

Optimalisasi energi listrik yang diperoleh dari panel surya melibatkan tegangan dan arus, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor salah satunya adalah suhu panel surya. Dengan paparan secara berkelanjutan maka permukaan panel surya dapat menyebabkan berkurangnya daya yang dihasilkan sebesar 1°C (dimulai dari 25 °C) akan mengurangi daya keluaran yang diperoleh dari panel surya berada di kisaran 0,5% [4], [5], [6]. Oleh sebab itu, untuk mengoptimalkan daya keluaran panel surya dan mencegah panel surya dari kerusakan akibat meningkatnya intensitas radiasi matahari diperlukan sistem pendingin panel surya.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan dengan tujuan yang sama yaitu menurunkan suhu permukaan panel surya dan meningkatkan daya keluaran pada panel surya. Pada penelitian [7] dirancang sebuah pendingin yang mengalirkan air pada permukaan panel surya 50 WP. Proses mengalirkan air ini dilakukan secara manual dengan jadwal yang telah ditetapkan, kemudian dilakukan pengukuran suhu, tegangan, dan arus dari panel surya. Pada penelitian selanjutnya [2], sistem pendingin dilengkapi dengan fitur tambahan berupa monitoring suhu, arus, dan tegangan panel surya pada smartphone sehingga memudahkan user dalam melakukan pengamatan. Selanjutnya dalam penelitian [4], sistem pendingin dilengkapi dengan sistem otomatis untuk mengalirkan air pada permukaan panel surya. Dalam sistem ini dibuat suatu nilai ambang maksimum suhu panel surya yang diizinkan sistem, yaitu 40°C. Jika sensor membaca suhu permukaan panel surya di atas 40°C maka sistem pendingin akan menyala otomatis untuk mengaktifkan pompa yang mengalirkan air di permukaan panel surya. Pompa akan aktif selama suhu permukaan panel surya di atas nilai 40°C. Dari ketiga percobaan tersebut, diketahui bahwa penurunan suhu permukaan panel surya mempengaruhi daya keluaran panel surya. Akan tetapi, pada penelitian terdahulu sistem pendingin panel surya selalu berfokus pada sisi depan atau permukaan panel. Pada penelitian [8] disebutkan bahwa suhu bagian belakang panel surya justru mengalami kenaikan yang signifikan dibandingkan dengan suhu permukaan panel surya.

Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem pendingin panel surya yang masih tetap menggunakan fluida berupa air tetapi kali ini aliran fluida terjadi di bagian belakang panel surya. Air mengalir melalui pipa yang di desain khusus pada bagian belakang panel surya. Adapun fluida yang digunakan dalam sistem pendingin ini yaitu air dengan suhu normal atau air aquades dan air yang dicampur dengan es batu. Selama sistem pendingin bekerja, akan dipantau suhu permukaan panel surya, tegangan, dan arus keluaran dari panel surya.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Perencanaan Sistem

Perencanaan sistem berisi flowchart dan diagram blok berfungsi untuk memudahkan penjelasan cara kerja sistem alat.

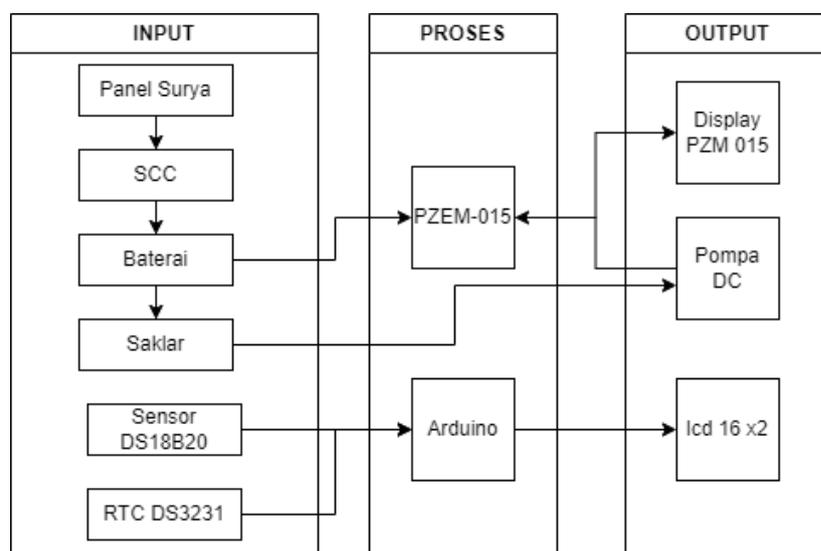
#### 2.1.1. Diagram Blok Perencanaan Sistem

Diagram blok menjelaskan tentang alur sistem pendingin bekerja. Diagram blok ini dapat ditunjukkan pada Gambar 1. Diagram blok dari alat sistem pendingin panel surya dapat dijelaskan bahwa:

1. *Input*: Pada bagian panel surya bekerja apabila ada cahaya matahari yang menyinari. Kemudian *output* panel surya akan di proses oleh SCC agar arus stabil. SCC pada alat ini

berfungsi untuk pengontrol charging baterai dan pengisi daya baterai. Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang diperoleh dari panel surya. Saklar untuk menghidupkan dan mematikan pompa DC, sensor DS18B20 berperan dalam mendeteksi suhu di permukaan panel surya, dan RTC 3231 berfungsi untuk melacak waktu saat pengambilan data.

2. Proses: Pada bagian ini terdapat modul PZEM-015 yang berfungsi untuk mengukur tegangan baterai dan arus pada pompa DC. Arduino uno yang berfungsi sebagai mikrokontroler yang nantinya digunakan untuk kontrol sensor suhu.
3. Output: Pada bagian ini terdapat pompa air sebagai beban panel surya sekaligus untuk mendinginkan panel surya, LCD 16x2 berfungsi untuk menampilkan suhu permukaan panel surya dan menampilkan waktu. Display PZEM-015 yang berfungsi untuk menampilkan tegangan baterai dan menampilkan arus pada pompa DC.

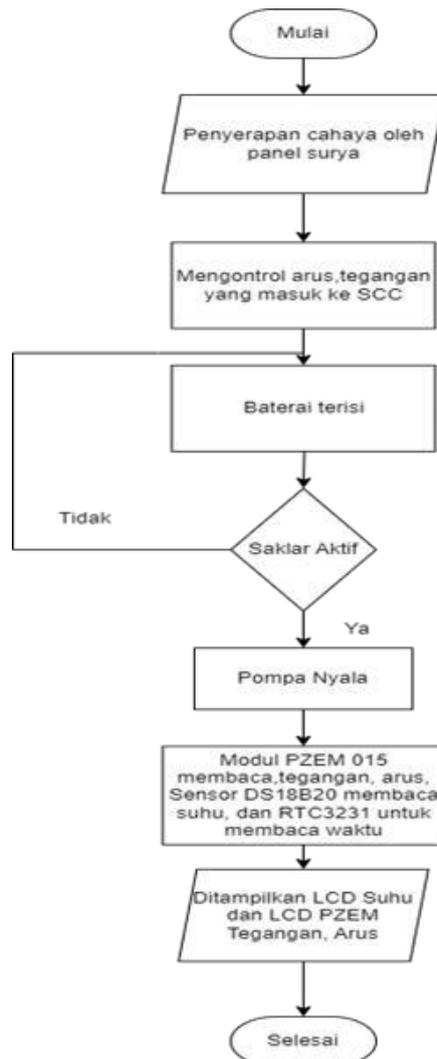


Gambar 1. Digram blok perencanaan sistem pendingin panel surya.

### 2.1.2. Flowchart Perencanaan Sistem

Flowchart atau diagram alir menjelaskan tentang proses dari awal sampai akhir sistem pendingin panel surya bekerja. *Flowchart* sistem pendingin panel surya ditampilkan pada Gambar 2. *Flowchart* tersebut menggambarkan sistem kerja alat yang dimulai dari panel surya bekerja saat di sinari matahari, kemudian *output* panel surya akan diproses melalui SCC yang berfungsi untuk mengontrol arus tegangan yang masuk ke baterai. Baterai digunakan untuk sumber *monitoring* yaitu Arduino uno dan pompa. Saat baterai terisi, saklar diaktifkan maka pompa menyala yang akan mengalirkan air dan air bekerja untuk mendinginkan permukaan panel surya dinamakan sistem pendingin. Saat pendingin bekerja *monitoring* suhu DS18B20 pun mendeteksi suhu permukaan panel surya. Pada saat pompa bekerja terdapat modul PZEM- 015 untuk menampilkan arus dan menampilkan tegangan pada baterai. Setelah melalui semuanya saatnya melakukan pengujian dan pengambilan data, RTC berfungsi menentukan waktu saat mengambil data.

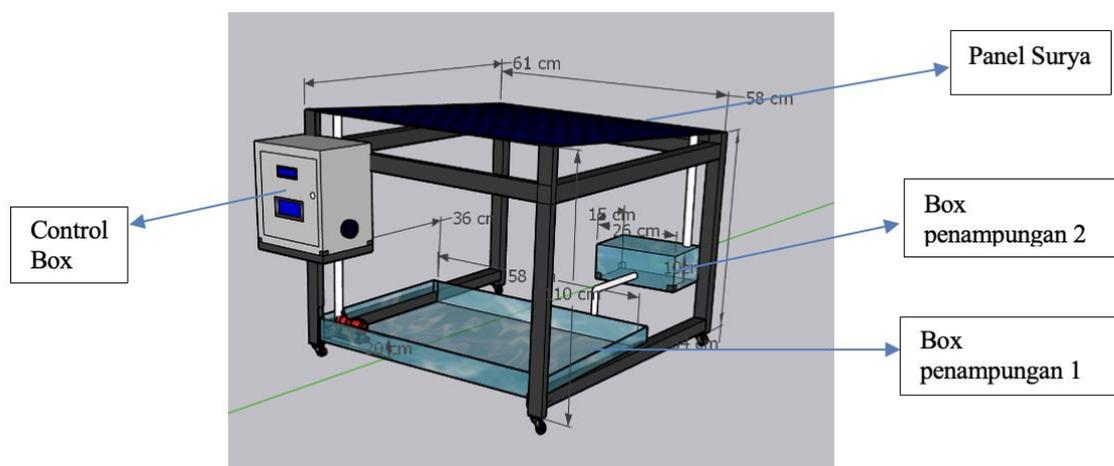
Sistem pendingin panel surya mulai bekerja saat pompa ON. Pompa akan menarik air dari bak penampungan menuju *inlet* dan mengalir melalui pipa spiral di belakang permukaan panel surya. Aliran air ini dibuat spiral dengan tujuan untuk mempertahankan air lebih lama untuk menurunkan suhu. Aliran air dari pipa berakhir pada bagian *outlet* yang terhubung ke bak penampungan 2 yang juga terhubung untuk kembali ke bak penampungan 1. Siklus ini dilakukan berulang sampai pompa dalam keadaan OFF.



Gambar 2. Flowchart sistem kerja alat.

### 2.1.3. Perancangan Mekanikal Sistem Pendingin Panel Surya

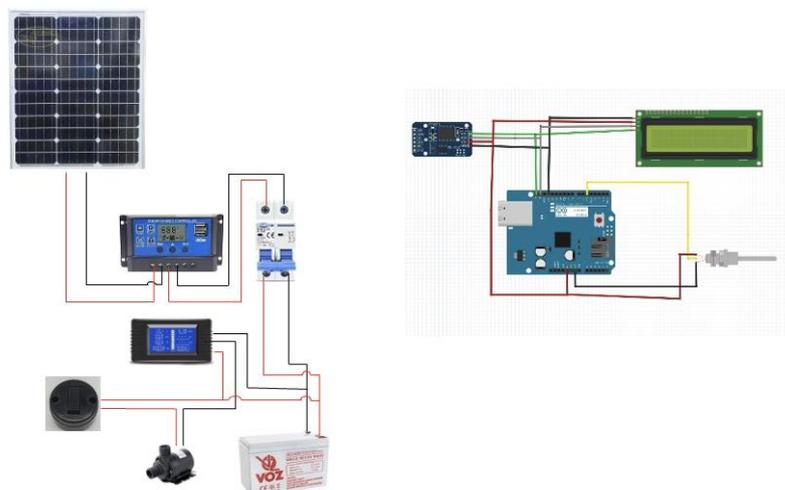
Perancangan rangkaian mekanikal pada sistem pendingin panel surya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan mekanikal sistem pendingin panel surya.

#### 2.1.4. Perancangan Elektrikal Sistem Pendingin Panel Surya

Perancangan rangkaian elektrikal pada sistem pendingin panel surya ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perancangan rangkaian elektrikal sistem pendingin panel surya.

Rangkaian sistem pendingin panel surya ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu panel surya, *controller* pengisian daya, *relay*, sensor suhu, pompa air, baterai, dan mikrokontroler Arduino yang berfungsi mengendalikan seluruh sistem.

1. Panel Surya: Panel surya berfungsi sebagai sumber energi utama yang menangkap radiasi matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Panel surya ini terhubung langsung ke *controller* pengisian daya.
2. *Controller* Pengisian Daya: Komponen ini mengatur aliran listrik dari panel surya menuju baterai untuk pengisian daya yang efisien. *Controller* ini juga berfungsi sebagai pengaman untuk mencegah *overcharging* dan *overvoltage*.
3. *Relay*: *Relay* bertindak sebagai saklar otomatis yang dikendalikan oleh mikrokontroler. *Relay* ini akan mengaktifkan atau mematikan pompa air berdasarkan sinyal dari sensor suhu.
4. Pompa Air: Pompa air dalam sistem ini bertanggung jawab untuk mengalirkan air ke pipa spiral yang terpasang di bagian belakang panel surya. Pompa air diaktifkan ketika suhu panel surya meningkat di atas ambang batas yang telah ditentukan.
5. Sensor Suhu: Sensor suhu dipasang pada permukaan panel surya untuk mendeteksi perubahan suhu. Sensor ini terhubung dengan mikrokontroler Arduino, yang akan membaca data suhu dan memutuskan kapan sistem pendingin (pompa air) perlu diaktifkan.
6. Mikrokontroler Arduino: Arduino berfungsi sebagai pusat pengendalian dari seluruh sistem. Mikrokontroler ini menerima data dari sensor suhu dan memprosesnya untuk mengontrol *relay*. Arduino juga menampilkan data suhu dan status sistem pendingin melalui LCD *display* yang terhubung.
7. Baterai: Baterai digunakan sebagai penyimpanan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Energi dari baterai ini digunakan untuk mengoperasikan komponen lain, termasuk pompa air dan mikrokontroler.

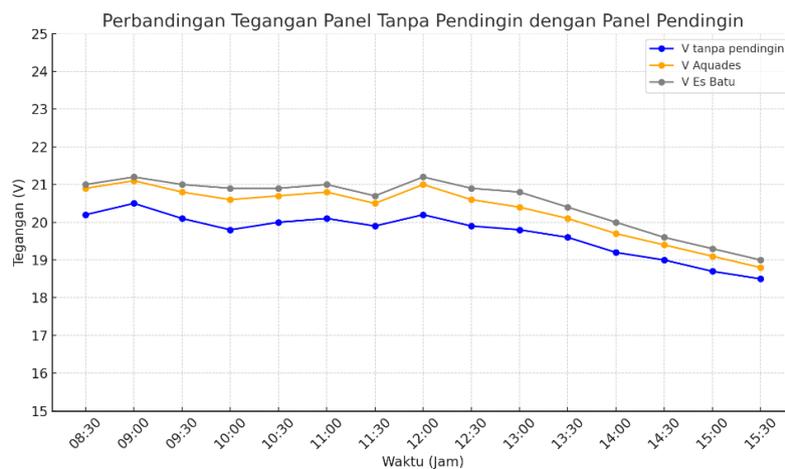
Ketika panel surya menyerap radiasi matahari, energi listrik yang dihasilkan dialirkan ke *controller* pengisian daya untuk mengisi baterai. Selanjutnya, sensor suhu memantau suhu permukaan panel surya. Jika suhu terdeteksi terlalu tinggi, mikrokontroler Arduino mengirimkan sinyal ke *relay* untuk mengaktifkan pompa air. Pompa air kemudian mengalirkan air ke pipa spiral

untuk menurunkan suhu panel. Selama proses ini, data suhu dipantau secara *real-time* dan ditampilkan pada layar LCD.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pembahasan dan data yang diambil yakni pengujian tegangan, arus, dan daya keluaran panel surya, suhu permukaan panel surya menggunakan 3 cara yaitu panel surya tanpa pendingin, panel surya pendingin menggunakan air aquades dan air es batu. Pengambilan data dilakukan tanggal 17 Agustus 2024 dan 20 Agustus 2024. Setiap pengujian sistem akan dijelaskan berikut ini.

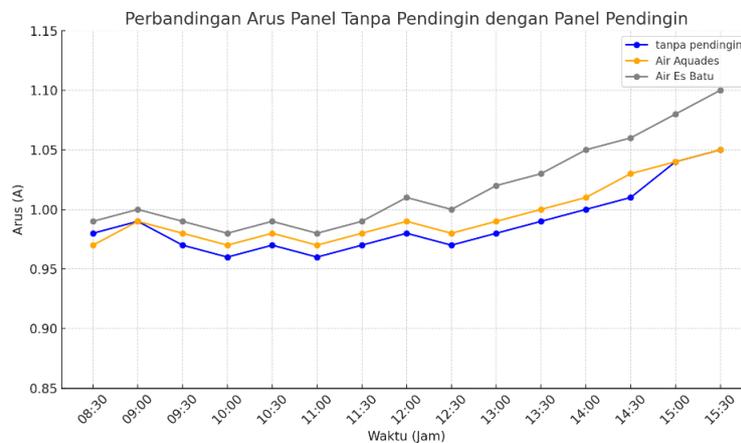
Perbandingan panel surya tanpa pendingin dengan panel surya pendingin menggunakan air aquades dan air es batu bertujuan untuk mengetahui hasil optimalisasi daya keluaran panel surya menggunakan panel surya pendingin. Grafik perbandingan dapat dilihat Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan nilai tegangan panel tanpa pendingin dan panel pendingin.

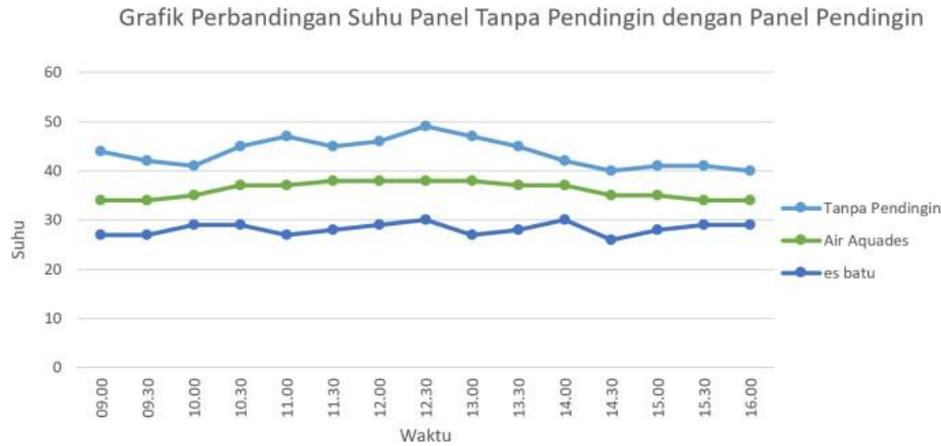
Pada pengujian tegangan keluaran pada tanggal 17 Agustus 2024, diperoleh hasil tegangan rata-rata tanpa pendingin mencapai 19,9 V sedangkan tegangan rata-rata dengan pendingin menggunakan air aquades mendapatkan hasil mencapai 20,4 V pada tanggal 17 Agustus 2024 dan tegangan rata-rata dengan pendingin menggunakan es batu mendapatkan hasil 20,5 V pada tanggal 20 Agustus 2024.

Pada grafik tersebut dijelaskan bahwa tegangan keluaran panel surya tanpa pendingin lebih kecil dari panel surya menggunakan pendingin karena tegangan keluaran panel surya lebih kecil sebab panas yang berlebihan. Panas ini membuat panel bekerja kurang efisien sehingga tegangan turun. Dengan pendingin, panas berkurang dan tegangan tetap stabil.



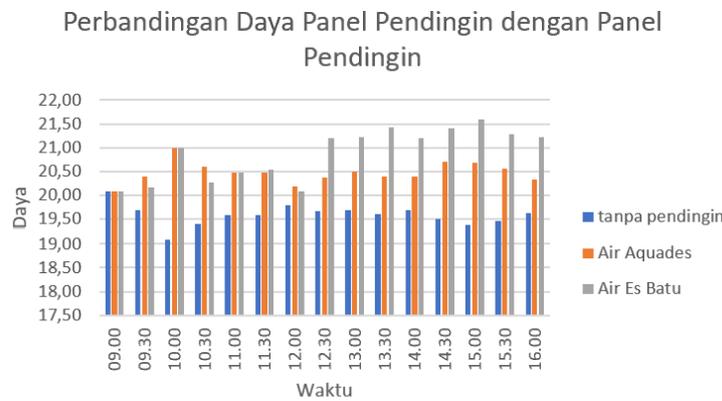
Gambar 6. Perbandingan nilai arus panel tanpa pendingin dengan panel pendingin.

Pada pengujian arus keluaran panel surya pada tanggal 17 Agustus dan 20 Januari 2024 didapatkan hasil rata-rata arus tanpa pendingin mencapai 0,99 A, sedangkan rata-rata arus dengan pendingin menggunakan air aquades mendapatkan hasil 1,01 A dan rata-rata arus dengan pendingin menggunakan air es batu mendapatkan hasil mencapai 1,02 A.



Gambar 7. Perbandingan suhu panel tanpa pendingin dengan panel pendingin.

Pengujian suhu permukaan panel surya didapatkan hasil *maximum* pada panel surya tanpa pendingin mencapai 49 °C dan suhu *minimum* mencapai 40 °C, sedangkan panel surya menggunakan pendingin dengan air aquades *maximum* mencapai 38 °C dan suhu *minimum* mencapai 34 °C. Panel surya menggunakan pendingin dengan air es batu mendapatkan suhu *minimum* mencapai 30 °C dan suhu *maximum* mencapai 34 °C.



Gambar 8. Perbandingan daya panel tanpa pendingin dengan panel pendingin.

Pengujian daya keluaran panel surya didapatkan rata-rata tanpa pendingin mencapai 19,59 W sedangkan rata-rata panel surya menggunakan pendingin air aquades mendapatkan hasil mencapai 20,48 W dan rata-rata panel pendingin air es batu mendapatkan hasil mencapai 20,88 W. Daya optimal pada pendingin panel surya menggunakan air aquades pada pukul Berdasarkan hasil pengujian dari alat sistem pendingin panel surya, terlihat bahwa sistem pendingin panel surya mampu mengoptimalkan daya keluaran panel surya.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem pendingin pada panel surya, baik dengan air aquades maupun es batu, terbukti meningkatkan efisiensi daya keluaran. Tanpa pendingin, suhu panel mencapai 40 °C hingga 49 °C, dengan tegangan rata-rata 19,9 V, arus 0,99 A, dan daya 19,59 W. Dengan pendingin air aquades, tegangan meningkat menjadi 20,4 V, arus 1,01 A, dan daya 20,48 W. Sementara itu, pendingin dengan es batu memberikan hasil terbaik dengan tegangan 20,5 V, arus 1,02 A, dan daya 20,88 W. Penggunaan sistem pendingin ini efektif dalam menurunkan suhu dan meningkatkan performa panel. Peluang pengembangan penelitian ini meliputi penggunaan fluida pendingin yang lebih efisien, analisis pengaruh faktor lingkungan terhadap pendinginan, serta pengembangan sistem otomatisasi berbasis sensor untuk meningkatkan efektivitas pendinginan dan efisiensi energi panel surya.

#### Referensi

- [1] R. P. Dewi, F. Hazrina, and B. Widianingsih, "Optimalisasi Kapasitas Rooftop PV System Skala Rumah Tangga di Perumahan," *Infotekmesin*, vol. 13, no. 1, pp. 67–73, Jan. 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.937.
- [2] R. P. Dewi, U. Karyani, and R. Darpono, "Aplikasi Nodemcu Esp8266 Dan Sensor Suhu Untuk Monitoring Suhu Permukaan Panel Surya Melalui Smartphone," *Jurnal Ilmiah Flash*, vol. 8, no. 2, p. 53, Jan. 2023, doi: 10.32511/flash.v8i2.954.
- [3] R. P. Dewi, H. Purnata, S. Rahkat, "Sistem Pendingin Panel Surya Otomatis Untuk Mengkatkan Daya Keluaran Panel Surya," *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 14, no. 1, pp. 1–10, May 2023, doi: 10.24176/simet.v14i1.8901.
- [4] R. P. Dewi and S. Rahmat, "Feasibility Analysis of the Implementation of a Photovoltaic Water Cooling System," *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, vol. 11, no. 1, pp. 19–28, Apr. 2024, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v11i1.4442.
- [5] M. R. Gomaa, M. Ahmed, and H. Rezk, "Temperature distribution modeling of PV and cooling water PV/T collectors through thin and thick cooling cross-fined channel box," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 1144–1153, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.egy.2021.11.061.
- [6] L. Idoko, O. Anaya-Lara, and A. McDonald, "Enhancing PV modules efficiency and power output using multi-concept cooling technique," *Energy Reports*, vol. 4, pp. 357–369, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.egy.2018.05.004.
- [7] R. P. Dewi, S. Rahmat, and A. A. Musyafiq, "Implementasi Sistem Pendingin Panel Surya Untuk Mempertahankan Suhu Permukaan Panel," in *Prosiding Seminar Nasional Wijayakusuma National Conference*, Cilacap, Dec. 2022, pp. 75–82.
- [8] M. A. Yildirim, A. Cebula, and M. Sułowicz, "A cooling design for photovoltaic panels – Water-based PV/T system," *Energy*, vol. 256, p. 124654, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.energy.2022.124654.