



Comparative Analysis of Solar Panel Output Power Using Water Coolant and Super Coolant in an Immersion Method

Analisa Perbandingan Daya Output Panel Surya Menggunakan Water Coolant dan Super Coolant Metode Direndam

Arivian Fahri Ramadhan¹, Gatot Soebiyakto², Nurida Finahari³

¹⁻³Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang, Indonesia

Email Korespondensi: ¹⁾ nfinahari@widayagama.ac.id

ARTICLE HISTORY

Received [22 Feb 2026]

Revised [13 April 2026]

Accepted [20 Mei 2026]

KEYWORDS

New and Renewable Energy, Solar Panel, Immersion Cooling, Solar Panel Efficiency, Water Coolant vs Super Coolant

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang cukup besar diantaranya, mikrohidro sebesar 450 MW, biomassa 50 GW, energi surya 4,8 kWh/m²/hari, energi angin 3-6 m/det, dan energi nuklir 3 GW. Salah satu EBT yang banyak digunakan masyarakat ialah pemanfaatan energi surya menggunakan teknologi panel surya. Panel surya atau solar cell adalah suatu perangkat yang terdiri dari kumpulan sel surya yang berfungsi untuk menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Panel surya beroperasi secara optimal dengan suhu lingkungan normal sekitar 25°C. Jika suhu panel surya meningkat melebihi 25°C maka daya output panel surya akan menurun. Setiap kenaikan 1°C, efisiensi panel surya akan berkurang sebesar 0,44%. Hal tersebut merupakan permasalahan yang diselesaikan melalui metode perendaman. Perendaman menggunakan dua media pendingin, yaitu water coolant dan super coolant. Dalam penelitian ini dilakukan 4 kali percobaan, dimana panel surya direndam menggunakan setiap coolant sebanyak 3 dan 6 liter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panas tertinggi yang dicapai dengan kedua jenis coolant bisa dikatakan sama yaitu 43°C. Tegangan yang dihasilkan dari kedua jenis rendaman juga sama, yaitu 17, 2 volt. Rendaman super coolant menghasilkan arus yang lebih besar dari water coolant sebesar 0,14A, pada arus tertinggi 1,15 A.

ABSTRACT

Indonesia has significant potential for New and Renewable Energy (NRE), including 450 MW of micro-hydro, 50 GW of biomass, 4.8 kWh/m²/day of solar energy, 3–6 m/s of wind energy, and 3 GW of nuclear energy. One form of NRE widely used by the public is solar energy harnessed through solar panel technology. A solar panel, or solar cell, is a device consisting of a collection of solar cells that absorb sunlight and convert it into electrical energy. Solar panels operate optimally at a normal ambient temperature of around 25°C. If the temperature of the solar panel rises above 25°C, its power output will decrease. For every 1°C increase, the efficiency of the solar panel decreases by 0.44%. This issue is addressed through a cooling method known as immersion. Immersion utilizes two cooling media: water coolant and super coolant. In this study, four experiments were conducted, in which the solar panels were immersed in each coolant using volumes of 3 and 6 liters. The results show that the maximum temperature reached with both types of coolant was essentially the same at 43°C. The voltage generated by both immersion methods was

also the same at 17.2 volts. Super coolant immersion produced a current 0.14 A greater than water coolant immersion, with a maximum current of 1.15 A.

PENDAHULUAN

Dari tahun ke tahun penggunaan listrik di Indonesia selalu mengalami peningkatan seiring dengan penambahan jumlah penduduk. Menurut laporan kementerian ESDM pemakaian listrik di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 1.173 kWh/kapita. Pemakaian listrik tersebut naik $\pm 4\%$ dibanding tahun 2021, dan ditargetkan naik lagi pada tahun 2023 hingga 1.336 kWh/kapita.

Pemakaian energi listrik yang meningkat mengakibatkan konsumsi energi bahan bakar fosil juga ikut meningkat. Dibutuhkan sumber energi baru yang melimpah serta ramah lingkungan, yang biasa disebut Energi Baru Terbarukan (EBT). Potensi EBT di Indonesia cukup besar diantaranya ada mikrohidro sebesar 450 MW, biomassa 50 GW, energi surya 4,8 kWh/m²/hari, dan energi nuklir 3 GW. Menurut Hidranto (1) pembangkit listrik di Indonesia masih didominasi oleh pembangkit berbahan bakar batu bara. Padahal dari beberapa potensi EBT, energi surya merupakan yang terbesar yaitu mencapai 3,2 Megawatt. Pemanfaatan energi surya untuk listrik masih sangat kecil yaitu 0,01%. Dengan adanya potensi energi surya sebesar itu maka diharapkan masyarakat Indonesia bisa mulai memanfaatkan panel surya.

Energi surya sangat berpotensi menjadi energi cadangan untuk mencukupi kebutuhan listrik, dan sangat cocok digunakan di negara Indonesia yang berada di garis khatulistiwa. Kondisi negara Indonesia yang berbentuk kepulauan mempersulit pendistribusian listrik hingga ke pulau-pulau terpencil ataupun ke pelosok desa. Energi surya adalah salah satu solusinya. Keuntungan menggunakan energi surya juga sangat banyak, yaitu ramah bagi lingkungan, mudah didapatkan, tidak ada limbah yang ditimbulkan, dan energinya bisa dikatakan tidak akan habis (2)(3).

Menurut Purwoto (4) dan Krisnawati (5) panel surya atau *solar cell* adalah perangkat yang terdiri dari kumpulan sel surya yang berfungsi untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek *fotovoltaik*. Panel surya sering disingkat dengan PV (*Photovoltaic Cell*). Sel surya pada umumnya tersusun dalam pola seperti kisi-kisi di permukaan panel surya. Sel surya saling terhubung dan kemudian dipasang pada sebuah struktur yang mendukung.

Panel surya konvensional memiliki kelemahan (6). Panel surya dapat beroperasi secara optimal hanya pada suhu 25°C. Jika suhu panel surya meningkat lebih dari 25°C maka efisiensinya akan menurun. Setiap kenaikan suhu 1°C menyebabkan efisiensi panel surya berkurang sebesar $\pm 0,44\%$. Suhu di Indonesia sendiri berkisar antara 25°C sampai 42°C pada siang hari.

Dash dan Gupta (5) meneliti tentang pengaruh suhu terhadap output daya dari berbagai modul fotovoltaik yang tersedia secara komersial. Pengujian tersebut dilakukan di ruang laboratorium untuk suhu 25°C sampai 70°C secara bertahap dengan kelipatan kenaikan 5°C, dan irradianse konstan 1000W/m², dengan tujuan untuk mengetahui koefisien suhu terhadap daya keluaran panel surya. Hasilnya menunjukkan bahwa modul tipe monokristal menghasilkan penurunan koefisien rata-rata sebesar -0,446 %/°C. Modul tipe multikristal menghasilkan penurunan koefisien rata-rata sebesar -0,387 %/°C. Untuk modul tipe silikon amorf menghasilkan penurunan koefisien rata-rata sebesar -0,234 %/°C.

Untuk efek pendinginan, Pasaribu (6) kemudian meneliti tentang pengaruh pendinginan permukaan panel surya 100WP terhadap keluaran pembangkit listrik



tenaga matahari. Dalam hal ini karakteristik arus dan tegangan pada keluaran panel surya dibandingkan untuk kondisi tanpa dan menggunakan pendinginan. Data diambil pada 3 waktu yaitu setiap jam 10:00, 13:00, dan 15:30 waktu setempat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel surya tanpa menggunakan pendingin menghasilkan nilai efisiensi berturut-turut sebesar 9,32%, 9,26% dan 10,38% di ketiga waktu pengukuran. Jika menggunakan pendingin menghasilkan nilai efisiensi sebesar 10,37%, 10,49% dan 10,94%.

Melengkapi kajian sebelumnya, Almada (7) meneliti media pendingin untuk panel surya. Media pendinginan yang digunakan diantaranya *water coolant*, air mineral, dan air laut, yang diterapkan pada panel surya tipe monokristal 20WP. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa arus tertinggi dari pendinginan *water coolant* sebesar 0,71A, air mineral sebesar 0,68A, dan air laut sebesar 0,67 A. Tegangan tertinggi dari pendinginan *water coolant* adalah sebesar 19,59 V, air mineral sebesar 19,47 V, air laut sebesar 19,37 V. Suhu tertinggi dengan pendinginan *water coolant* tercapai 47,3°C, air mineral 55,9 °C, dan air laut sebesar 59,4 °C. Efisiensi pendinginan *water coolant* tercapai sebesar 14,6 %, air mineral sebesar 13,9 %, dan air laut sebesar 13,62 %.

Dari paparan di atas tampak bahwa dibutuhkan suatu sistem pendingin untuk menjaga optimalitas suhu panel surya. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan perbandingan efisiensi panel surya yang lebih baik ketika direndam menggunakan media pendingin *water coolant* dan *super coolant*.

LANDASAN TEORI

Panel Surya

Panel surya atau solar cell adalah perangkat yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui proses efek fotovoltaiik. Panel surya terdiri dari kumpulan sel surya yang tersusun seperti kisi-kisi dan saling terhubung untuk menghasilkan daya listrik (Purwoto et al., 2018; Krisnawati, 2023).

Jenis-jenis Panel Surya

Berdasarkan bahan dan teknologi pembuatannya, panel surya dibedakan menjadi beberapa jenis. Jenis yang pertama adalah panel surya monokristal yang terbuat dari silikon murni dan memiliki efisiensi sekitar 15%, menjadikannya jenis yang paling umum digunakan karena performanya yang cukup baik. Jenis yang kedua adalah panel surya polikristal yang terbuat dari silikon yang dicairkan kemudian dicetak, efisiensinya lebih rendah dibandingkan monokristal namun susunannya lebih rapat. Jenis yang ketiga adalah thin film solar cell yang merupakan sel surya berlapis sangat tipis dan dipasang pada lapisan dasar, efisiensi jenis ini cukup rendah yaitu sekitar 8,5%. Jenis yang keempat adalah compound thin film triple junction yang memiliki tiga lapisan sehingga efisiensinya sangat tinggi, dapat mencapai 45% (Syahrudin, 2024).

Struktur Sel Surya

Sebuah sel surya tersusun atas beberapa lapisan penting yang masing-masing memiliki fungsi tertentu. Lapisan paling bawah adalah substrat atau metal backing yang berfungsi sebagai penopang sekaligus terminal positif dari sel surya. Di atasnya terdapat material semikonduktor yang merupakan bagian inti dari sel surya, biasanya terbuat dari silikon dengan ketebalan ratusan mikrometer, yang berfungsi menangkap energi cahaya matahari. Pada bagian atas semikonduktor terdapat kontak metal atau

contact grid yang berfungsi sebagai terminal negatif, seringkali dilapisi dengan material konduktif transparan. Di atas kontak metal terdapat lapisan anti-reflektif yang bertujuan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan sehingga lebih banyak cahaya yang dapat diserap oleh semikonduktor. Lapisan paling atas adalah enkapsulasi atau cover glass yang berfungsi sebagai pelindung panel surya dari hujan, debu, dan kotoran, karena jika panel surya kotor maka daya serap terhadap sinar matahari akan berkurang dan efisiensi pun menurun (Firmansyah, 2019).

Cara kerja Sel Surya

Cahaya matahari mengandung partikel kecil yang disebut foton. Ketika foton mengenai material semikonduktor, elektron akan terlepas dari atomnya dan menciptakan dua muatan, yaitu elektron bermuatan negatif dan *hole* (lubang) bermuatan positif. Pada pertemuan antara semikonduktor tipe N (negatif) dan tipe P (positif) terbentuk *PN Junction*. *PN Junction* inilah yang mendorong elektron dan *hole* bergerak berlawanan arah, sehingga menghasilkan arus listrik (Firmansyah, 2019).

Pengaruh Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya

Panel surya bekerja optimal pada suhu 25°C. Jika suhu meningkat, efisiensi panel akan menurun. Setiap kenaikan suhu 1°C di atas 25°C dapat menurunkan efisiensi panel surya sekitar 0,44% (Haldianto et al., 2023; Dash & Gupta, 2015). Penurunan ini terjadi karena peningkatan suhu mengurangi celah pita semikonduktor, yang paling berpengaruh terhadap tegangan output panel surya (Dash & Gupta, 2015).

Perhitungan Daya dan Efisiensi Panel Surya

Panel surya adalah suatu peralatan yang menghasilkan energi listrik, Daya Listrik memiliki satuan yaitu Watt. Rumus daya dalam ilmu fisika yaitu adalah hasil perkalian Arus (I) x Tegangan (V) dalam satu rangkaian (10).

Daya listrik dirumuskan : $P = I \times V$.

Dimana:

P = Daya (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Efisiensi (η)

Perhitungan efisiensi panel surya dengan rumus sebagai berikut:

$$\eta = P_{\max} / (I \times A) \times 100\%$$

dimana:

η = Efisiensi

P_{max} = Daya maksimum

I = Irradiance matahari

A = Luas penampang panel surya



Media Pendingin Panel Surya

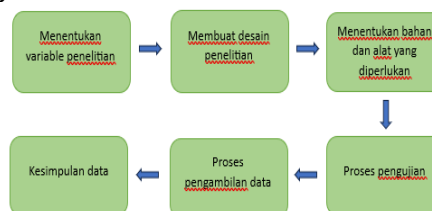
Untuk menjaga suhu panel surya tetap optimal, diperlukan sistem pendinginan. Metode perendaman (*immersion cooling*) adalah salah satu cara yang efektif. Media pendingin yang umum digunakan antara lain air biasa, *water coolant*, *super coolant*, dan *coolant protector*. Air biasa kurang efektif karena dapat menyebabkan korosi, sedangkan *water coolant* lebih baik karena mampu mencegah korosi dan menjaga suhu tetap stabil. *Super coolant* menawarkan performa pendinginan yang lebih unggul dibandingkan *water coolant*, sementara *coolant protector* berfungsi sebagai pelindung tambahan (Hasrul, 2021). Penelitian sebelumnya oleh Almanda, Deni, B., & Doddy (2018) menunjukkan bahwa *water coolant* menghasilkan arus tertinggi 0,71 A, tegangan 19,59 V, dan efisiensi 14,6% pada panel surya 20WP, lebih baik dibandingkan air mineral dan air laut.

METODE PENELITIAN

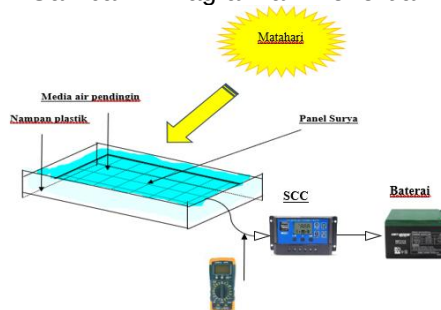
Metode Analisis

Penelitian ini dilakukan dengan cara merendam panel surya menggunakan media pendingin *water coolant* dan *super coolant* dari merk pendingin terbaik yaitu Prestone. Penelitian akan dilakukan 4 kali percobaan yaitu menggunakan *water coolant* dengan kuantitas 3 liter dan 6 liter, dan menggunakan *super coolant* dengan kuantitas 3 liter dan 6 liter. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui perubahan arus, tegangan, daya dan juga perubahan efisiensi pada panel surya.

Metode yang digunakan adalah analisis komparatif dengan membandingkan kinerja panel surya pada dua kondisi pendinginan yang berbeda. Data yang diperoleh dari pengukuran langsung kemudian dianalisis untuk melihat perbandingan performa antara kedua media pendingin.



Gambar 1. Diagram alir Penelitian



Gambar 2. Rencana Desain Penelitian

Pengambilan data terdiri dari; intensitas Cahaya, temperature panel surya, tegangan, arus, daya, dan efisiensi.

Tabel. 1 Rencana Pengambilan Data

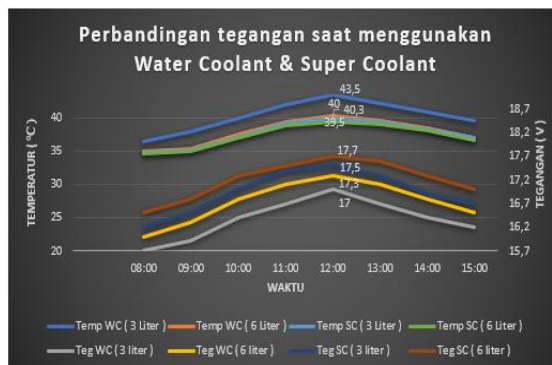
waktu	Intensitas Cahaya (Lux)	Temperatur (°C)	Vmp (V)	Imp (A)	Pmak (W)	efisiensi
08:00	-	-	-	-	-	-
09:00	-	-	-	-	-	-
10:00	-	-	-	-	-	-
11:00	-	-	-	-	-	-
12:00	-	-	-	-	-	-
13:00	-	-	-	-	-	-
14:00	-	-	-	-	-	-
15:00	-	-	-	-	-	-
Rata - rata	-	-	-	-	-	-

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan

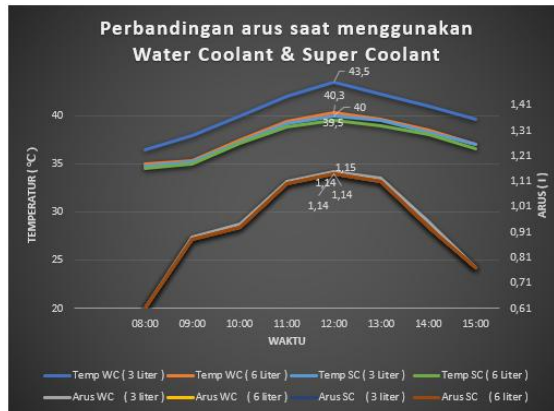
Analisa Grafik

Dari hasil penelitian dan perhitungan dapat dibuat grafik dan Analisa sebagai berikut :



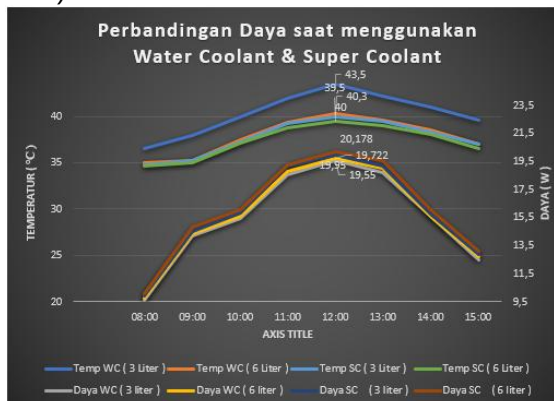
Gambar 3. Perbandingan Tegangan dengan temperatur saat menggunakan *Water Coolant & Super Coolant*

Menggunakan *Super Coolant* menghasilkan *temperature* yang lebih dingin dari pada menggunakan *Water Coolant*. Hal tersebut membuat nilai tegangan yang dihasilkan ketika menggunakan *Super Coolant* lebih tinggi dengan nilai tertinggi sebesar 17,7 Volt, dari pada menggunakan *Water Coolant* dengan nilai tertinggi sebesar 17,3 Volt. Pengaruh temperature terhadap tegangan panel surya juga pernah diteliti oleh (Dash dan Gupta, 2015).



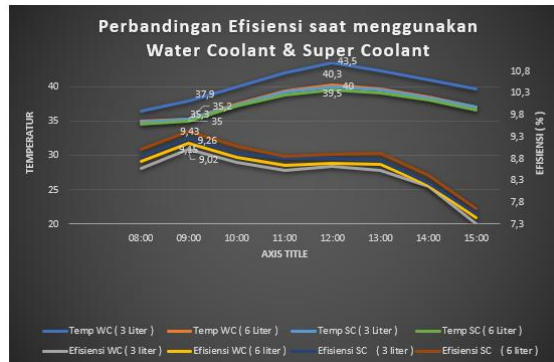
Gambar 4 Perbandingan arus saat menggunakan water coolant dan super coolan

Menggunakan *Super Coolant* menghasilkan *temperature* yang lebih dingin dari pada menggunakan *Water Coolant*. Hal tersebut tidak membuat perubahan arus yang begitu signifikan. Pengaruh *temperature* terhadap arus panel surya juga pernah diteliti oleh (Dash dan Gupta, 2015)



Gambar 5. Perbandingan Daya dengan temperatur saat menggunakan *Water Coolant & Super Coolant*

Menggunakan *Super Coolant* menghasilkan *temperature* yang lebih dingin dari pada menggunakan *Water Coolant*. Hal tersebut membuat tegangan yang dihasilkan ketika menggunakan *Super Coolant* lebih tinggi dari pada menggunakan *Water Coolant*. Perbedaan nilai tegangan tentu berdampak pada daya output yang dihasilkan. Daya tertinggi yang dihasilkan menggunakan *super coolant* sebesar 20,178 Watt, dan menggunakan *water coolant* sebesar 19,95 Watt . Pengaruh *temperature* terhadap daya panel surya juga pernah diteliti oleh (Dash dan Gupta, 2015).



Gambar 6. Perbandingan Efisiensi *Water Coolant* & *Super Coolant*

Menggunakan *Super Coolant* menghasilkan *temperature* yang lebih dingin dibandingkan menggunakan *Water Coolant*. Hal tersebut mempengaruhi nilai tegangan yang didapatkan panel surya, sehingga mempengaruhi daya *output* yang dihasilkan. Dakarenakan ada perbedaan daya output yang didapatkan panel surya tentu mempengaruhi perhitungan efisiensi dari panel surya. Dari hasil penelitian tersebut efisiensi tertinggi yang dihasilkan menggunakan *Super Coolant* adalah 9,43 %, dan efisiensi tertinggi saat menggunakan *Water Coolant* adalah 9,15 %.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan media pendingin berpengaruh terhadap kinerja panel surya. Dari segi temperatur, panel surya yang direndam menggunakan *super coolant* mencapai suhu tertinggi 43°C, sedikit lebih rendah dibandingkan dengan *water coolant* yang mencapai 43,5°C, sehingga *super coolant* terbukti lebih unggul dalam menjaga suhu panel tetap dingin dengan selisih 0,5°C. Dari segi tegangan, kedua jenis pendingin menghasilkan nilai yang sama yaitu 17,2 volt, yang menunjukkan bahwa tegangan *output* tidak terlalu dipengaruhi oleh jenis pendingin yang digunakan. Namun dari segi arus, *super coolant* menunjukkan performa yang lebih baik dengan menghasilkan arus tertinggi 1,15 A, lebih besar 0,14 A dibandingkan *water coolant* yang hanya mencapai 1,01 A. Perbedaan arus ini kemudian berdampak pada daya *output* yang dihasilkan, di mana *super coolant* menghasilkan daya tertinggi 20,178 Watt, lebih tinggi dibandingkan *water coolant* yang hanya mencapai 19,95 Watt.

Dengan demikian, efisiensi panel surya yang menggunakan *super coolant* juga lebih baik, yaitu mencapai 9,43%, sementara *water coolant* hanya mencapai 9,15%. Secara keseluruhan, penggunaan *super coolant* sebagai media pendingin pada metode perendaman memberikan hasil yang lebih unggul dibandingkan *water coolant* dalam hal menjaga temperatur tetap rendah dan menghasilkan arus, daya, serta efisiensi yang lebih tinggi.



Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Pertama, penelitian ini hanya menggunakan dua jenis media pendingin dengan volume 3 dan 6 liter, sehingga disarankan untuk penelitian mendatang menggunakan variasi volume pendingin yang lebih beragam, misalnya 1 liter, 2 liter, 4 liter, dan 5 liter, untuk mengetahui pengaruh kuantitas pendingin terhadap kinerja panel surya secara lebih komprehensif.

Kedua, penelitian ini dilakukan dalam rentang waktu dan kondisi cuaca yang terbatas, sehingga disarankan untuk melakukan pengujian dalam jangka waktu yang lebih lama dan pada kondisi cuaca yang berbeda-beda, seperti saat musim hujan dan musim kemarau, guna memperoleh data yang lebih akurat dan representatif.

Ketiga, untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal, disarankan menggunakan panel surya dengan kapasitas yang lebih besar, misalnya 50 WP atau 100 WP, sehingga pengaruh pendinginan terhadap peningkatan daya *output* dapat terlihat lebih signifikan.

Keempat, penelitian selanjutnya dapat membandingkan metode perendaman dengan metode pendinginan lainnya, seperti sistem *water flow* atau *spray cooling*, untuk mengetahui metode mana yang paling efektif dalam meningkatkan efisiensi panel surya.

Terakhir, disarankan untuk melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan *super coolant* dalam jangka panjang, terutama terhadap kemungkinan terjadinya korosi atau kerusakan pada komponen panel surya, sehingga dapat diketahui tingkat keamanan dan ketahanan material pendingin tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Almanda, D., & Doddy. (2018). Studi Pemilihan Sistem Pendingin pada Panel Surya Menggunakan Water Cooler, Air Mineral dan Air Laut. RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR), 1(2), 43. <https://doi.org/10.24853/resistor.1.2.43-52>
- Biro, E. F. Y. (2023). Perbedaan Tegangan Nominal, Voc, Vmp, Isc, dan Imp. https://www-electronicsforu-com.translate.goog/market-verticals/solar/difference-nominal-voltage-voc-vmp-isc-imp-solar-panels?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc&_x_tr_hist=true
- Candra, D. (2023). Perbedaan radiasi matahari antara siang dan pagi/sore.
- Darno, Simanjutak, Y. M., & Taufiqurrahman, M. (2017). Studi Perencanaan Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Jurnal Untan, 1(1), 1.
- Dash, P. K., & Gupta, N. (2015). *Effect of Temperature on Power Output from Different Commercially available Photovoltaic Modules*. Solar Energy Centre, 5(1), 1.
- Firmansyah, D. (2019). Struktur dan Cara Kerja Panel Surya. <https://id.scribd.com/document/398185152/Struktur-Dan-Cara-Kerja-Panel-Surya>
- Greer, A. (2023). Cara Menghitung Efisiensi Panel Surya. https://solarbc-ca.translate.goog/how-to-calculate-solar-panel-efficiency/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc
- Gunawan, L. A., et al. (2021). Rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya portable. Jurnal Teknik Elektro, 10(1), 65–71.
- Haldianto, et al. (2023). Analisis Pengaruh Suhu Kerja Pada Panel Surya terhadap Daya Keluaran dari Panel. Vertex Elektro, 15, 32–39.
- Harahap, P., Adam, M., & Balisranislam. (2021). Implementasi Trainer Kit Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Pengembangan Media Pembelajaran Instalasi Listrik. ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat), 2(2), 198–205. <https://doi.org/10.53695/jas.v2i2.263>
- Hasrul, R. (2021). Sistem Pendinginan Aktif Versus Pasif Di Meningkatkan Output Panel Surya. Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri, 5(2), 79–87. <https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/index>
- Hidranto, F. (2023). Potensi Raksasa Industri Panel Surya. <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/6913/potensi-raksasa-industri-panel-surya?lang=1>
- Irene, R. S. (2022). Mengenal Panel Surya sebagai Pembangkit Listrik. <https://www.cermati.com/artikel/amp/panel-surya>
- Iskandar, H. R., Zainal, Y. B., & Purwadi, A. (2017). Studi Karakteristik Kurva I-V dan P-V pada Sistem PLTS Terhubung Jaringan PLN Satu Fasa 220 VAC 50 HZ menggunakan Tracking DC Logger dan Low Cost Monitoring System. 174–183. <https://doi.org/10.21063/pimimd4.2017.174-183>
- Islamey, S. (2023). Kenali Perbedaan Istilah Kelistrikan Watt (W), kW, kWh, MWp! <https://xurya.com/News/kenali-perbedaan-istilah-kelistrikan-watt-w,-kw,-kwh,-mw-p-68>
- Krisnawati, R. (2023). Panel Surya: Cara Kerja, Kelebihan dan Kekurangan, serta Harga Pemasangannya. <https://www.detik.com/properti/arsitektur/d-6992794/panel-surya-cara-kerja-kelebihan-dan-kekurangan-serta-harga-pemasangannya>
- Kristiadi, D. (2022). Pengertian Watt Peak. <https://m.icasolar.com/support/solarpedia/watt-peak>
- Mawardi, R. A. (2022). Apa Itu Hipotesis? Ini Pengertian, Ciri-ciri, Jenis, dan Cara Menyusunnya. <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-6126552/apa-itu-hipotesis-ini-pengertian-ciri-ciri-jenis-dan-cara-menyusunnya>



- Muttaqin, I., Irhamni, G., & Agani, W. (2016). Analisa Rancangan Sel Surya dengan Kapasitas 50 WP. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 01(02), 33–39.
- Purwoto, B. H., et al. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(1), 10–14. <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>
- Putri, V. K. M. (2022). 3 Macam Variabel dalam Penelitian. <https://www.kompas.com/skola/read/2022/08/06/090000469/3-macam-variabel-dalam-penelitian>
- Saragi, R., et al. (2022). Analisis Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Penerangan Lampu Jalan. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(1), 68–74. <https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v3i1.705>
- Surya, U. P. (2016). Kinerja Panel Surya, Efisiensi Versus Daya. <https://suryautamaputra.co.id/blog/2016/05/30/kinerja-panel-surya-effisiensi-versus-daya-maksimal/>
- Syahrudin, J. (2024). Jenis Panel Surya, Sumber Energi Sustainable yang Banyak Manfaatnya! <https://www.solarkita.com/blog/jenis-panel-surya-sumber-energi-sustainable-yang-banyak-manfaatnya>
- Syaraf, M. (2022). Tinjauan Teknik Pendinginan yang digunakan untuk Meningkatkan Efisiensi Sistem Tenaga Fotovoltaik. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-18719-9&hl>
- Tasrif, A. (2022). Konsumsi Listrik per Kapita Indonesia. <https://databooks.katadata.co.id/datapublish/2023/02/23/konsumsi-listrik-penduduk-indonesia-naik-pada-2022>
- Utari, E. L., Mustiadi, I., & Yudianingsih. (2018). Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Energi. *Jurnal Pengabdian*, 1(2), 90–99.
- Warsito, A. (2022). Panel Surya: Definisi, Manfaat, dan Cara Kerjanya. <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2022/12/27/panel-surya-definisi-manfaat-dan-cara-kerjanya-dalam-mengubah-energi-cahaya-menjadi-lis>
- Wimatra, A. (2017). Peningkatan Daya Keluaran PLTS Dengan Menggunakan Pendingin Pada Permukaan Panel. *Jurnal Elektro Dan Telekomunikasi*, 69–75.
- Yuniarto, R. (2023). Kenali 4 Jenis Air Radiator Mobil, Kelebihan, Kekurangan dan Fungsinya Masing-Masing. <https://garasi.id/ar>