

Optimalisasi *Output Photovoltaic* Menggunakan Pendingin Air Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terapung

Supriyono^{1*}, Muhamad Yusuf¹, Purwiyanto³

^{1, 2}Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap

³Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Cilacap

^{1,2,3}Jln. Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: supriyono@pnc.ac.id¹, yusuf@pnc.ac.id², purwi_power@pnc.ac.id³

Info Naskah:

Naskah masuk: 29 Mei 2024

Direvisi: 23 Juni 2024

Diterima: 11 Juli 2024

Abstrak

Kebutuhan lahan adalah salah satu kendala pengembangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Salah satu solusinya adalah dengan memanfaatkan permukaan waduk untuk pembangunan PLTS terapung. Panas berlebih dari sinar matahari yang diterima photovoltaic menurunkan efektifitas output PLTS terapung. Panas berlebih pada photovoltaic bisa diturunkan dengan metode pendinginan. Pada penelitian ini dikembangkan sistem pendinginan photovoltaic menggunakan air. Pompa air dipasang untuk menyalurkan air waduk ke permukaan photovoltaic. Sistem pendingin menggunakan dua metode, yaitu metode sensor dan timer. Pada metode sensor, sebuah sensor dipasang pada PLTS untuk mendeteksi temperatur permukaan photovoltaic, jika temperatur yang dideteksi sensor melebihi batas efektifitas photovoltaic maka pompa air dijalankan. Pada metode timer, pompa dijalankan berdasarkan waktu yang telah diatur. Berdasarkan hasil pengujian, sistem pendingin mampu meningkatkan output tegangan photovoltaic. Nilai rata-rata tegangan photovoltaic berpendingin mode timer lebih tinggi 3,79% dibandingkan dengan tegangan photovoltaic tanpa pendingin dan nilai rata-rata tegangan photovoltaic berpendingin mode sensor lebih tinggi 1,02% dibandingkan dengan tegangan photovoltaic tanpa pendingin.

Keywords:

floating solar power plant;
photovoltaic cooler;
solar energy;

Abstract

Land requirements are one of the obstacles to developing solar power plants. One solution is to utilize the surface of the reservoir for the construction of floating solar power plants. Excessive heat from sunlight received by photovoltaics reduces the effectiveness of floating solar power plants output. Excessive heat in photovoltaics can be reduced by cooling methods. In this research, a photovoltaic cooling system using water was developed. A water pump is installed to channel reservoir water to the photovoltaic surface. The cooling system uses two methods, namely the sensor and timer method. In the sensor method, a sensor is installed on the solar power plants to detect the photovoltaic surface temperature. If the temperature detected by the sensor exceeds the photovoltaic effectiveness limit, the water pump is started. In the timer method, the pump is run based on a preset time. Based on the test results, the cooling system is able to increase the photovoltaic voltage output. The average value of the timer mode cooled photovoltaic voltage is 3.79% higher compared to the photovoltaic voltage without cooling and the average value of the sensor mode cooled photovoltaic voltage is 1.02% higher than the photovoltaic voltage without cooling.

*Penulis korespondensi:

Supriyono

supriyono@pnc.ac.id

1. Pendahuluan

Potensi energi baru terbarukan di Indonesia cukup besar, khususnya potensi energi yang bersumber dari energi matahari karena secara geografis Indonesia berada di daerah tropis. Insolasi harian rata-rata di Indonesia adalah 4,5 - 4,8 KWh/m²/ hari [1]. Penggunaan energi matahari di Indonesia juga didukung oleh kebijakan pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden No.79 tahun 2014, dimana Pemerintah Indonesia menargetkan pada tahun 2025 peningkatan penggunaan energi terbarukan dalam bauran energi nasional mencapai 23%. Pengembangan PLTS bisa diterapkan diberbagai lokasi, bisa di daratan (*ground-mounted*) dan atap (*rooftop*) atau bisa juga di atas air (mengapung di area perairan).

Pengadaan lahan adalah salah satu kendala dalam mengembangkan PLTS di Indonesia. Di daerah dengan kepadatan penduduk yang rendah, dimana kebutuhan listriknya juga rendah biasanya masih tersedia lahan yang luas untuk pembangunan PLTS. Sebaliknya, daerah yang kebutuhan listriknya tinggi karena padat penduduk, lahan yang tersedia untuk pembangunan PLTS terbatas. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan PLTS atap, tetapi tidak semua atap dapat dipasang PLTS. Sebagai alternatif untuk mengatasi kendala lahan dalam pengembangan PLTS, dapat dibuat PLTS terapung.

PLTS terapung adalah sistem modul surya yang dipasang mengapung pada platform di permukaan perairan, misalnya pada permukaan waduk, danau, dam, danau irigasi, area pengelolaan air buangan (*water treatment pond*), ataupun lepas pantai [2]. Panel surya adalah kumpulan beberapa modul surya, dan modul surya adalah kumpulan beberapa sel surya [3]. Efisiensi panel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah temperatur pada permukaan panel surya. Kemampuan dalam menghasilkan listrik panel sel surya mengalami penurunan bila terlalu panas atau melawati batas efektifitas. Rata-rata panel surya memiliki efektifitas kerja yang baik pada suhu 25 °C, sedangkan di Indonesia suhu rata-rata berkisar antara 30-35 °C [4].

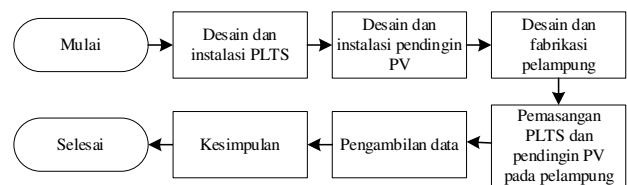
Penelitian tentang sistem pendingin menggunakan air untuk meningkatkan efektifitas output *photovoltaic* telah dilakukan, seperti pada penelitian sistem pendingin *photovoltaic* dengan memanfaatkan kontroler *water spray* yang diterapkan pada 4 modul *photovoltaic* yang masing-masing berkapasitas 100 Wp. Berdasarkan Hasil pengujian, sistem tersebut mampu menghasilkan daya sekitar 1,26 – 7,34 % lebih besar dibandingkan dengan daya yang dihasilkan *photovoltaic* tanpa pendingin [5]. Pada penelitian lainnya, pemanfaatan air sebagai pendingin *photovoltaic* juga sudah dilakukan pada penelitian sistem pendingin otomatis panel surya untuk peningkatan daya output berbasis mikrokontroler. Pada penelitian tersebut air dialirkan pada permukaan belakang panel surya melalui pipa saluran air yang terbuat dari alumunium. Pengujian pada penelitian tersebut menggunakan *photovoltaic* berkapasitas 50 Wp. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan efisiensi *photovoltaic* berpendingin sebesar 2.47% dibandingkan dengan *photovoltaic* yang tanpa pendingin [6].

Berdasarkan permasalahan kebutuhan lahan yang cukup besar untuk pengembangan PLTS dan penurunan

efisiensi *photovoltaic* jika temperatur permukaannya terlalu panas, serta berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya tentang sistem pendingin *photovoltaic* menggunakan air yang sudah berhasil meningkatkan efisiensi output *photovoltaic*, pada penelitian ini dikembangkan sebuah sistem pendinginan permukaan modul surya atau *photovoltaic* pada PLTS terapung menggunakan air untuk mengoptimalkan output *photovoltaic*. Pemanfaatan air untuk pendingin permukaan *photovoltaic* pada PLTS terapung sangat mungkin dilakukan karena tersedianya air waduk atau danau yang cukup banyak di tempat PLTS tersebut dibangun.

2. Metode

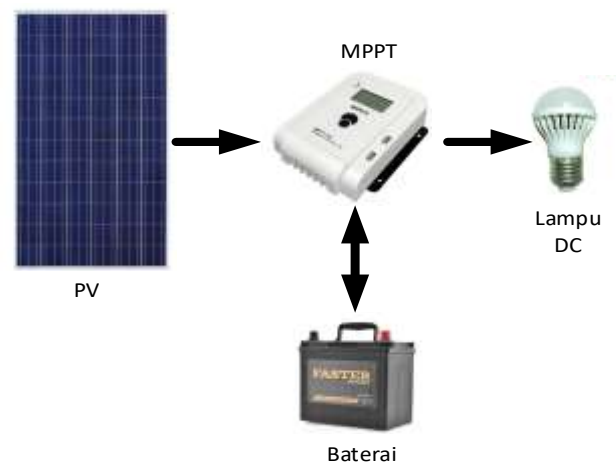
Metode penelitian yang digunakan dijabarkan pada Gambar 1. Diagram alir penelitian dimulai dari mendesain dan instalasi PLTS, desain dan instalasi pendingin *photovoltaic* dan desain serta fabrikasi pelampung. Sistem PLTS dan pendingin *photovoltaic* yang telah diinstalasi kemudian dipasang pada pelampung yang telah dibuat. PLTS terapung yang sudah dibuat kemudian diujicoba pada kolam uji. Langkah terakhir dari penelitian ini adalah pengambilan data, analisa data yang sudah diambil dan penarikan kesimpulan hasil penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1 Desain dan instalasi PLTS

Sistem PLTS untuk penelitian ini menggunakan 2 buah PLTS, dimana 1 PLTS menggunakan sistem pendingin *photovoltaic* dan yang lain tanpa menggunakan sistem pendingin. Spesifikasi masing-masing komponen pada kedua PLTS sama, yaitu terdiri dari *photovoltaic* dengan kapasitas 100 Wp, MPPT 20 A dan baterai 32 Ah. Kedua sistem PLTS tersebut diletakan pada pelampung yang telah dibuat. Blok diagram PLTS dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram PLTS

Umumnya terdapat dua jenis material yang digunakan untuk pembuatan *photovoltaic*, yaitu *crystalline silicon*, dan *thin film* [5]. Tipe *crystalline* terdiri dari *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Kedua tipe *crystalline* ini memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Selain efektifitas kerja *photovoltaic* yang dipengaruhi suhu, intensitas matahari juga mempengaruhi daya output *photovoltaic*. Intensitas matahari yang tinggi menghasilkan daya yang tinggi, sedangkan intensitas yang rendah juga menghasilkan daya yang rendah [7]. Pada penelitian ini, tipe *photovoltaic* yang digunakan adalah tipe *polycrystalline*. Komponen lainnya dari PLTS adalah MPPT. Sistem MPPT adalah sebuah rangkaian peralatan elektronik yang dapat mengubah-ubah titik operasi dari *photovoltaic cell* [8]. MPPT yang digunakan mempunyai *rating* arus 20 A. Selain *photovoltaic* dan MPPT komponen utama dari PLTS ini adalah baterai. Baterai adalah suatu sel elektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik [9]. Baterai pada sistem PLTS ini digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan *photovoltaic*. Spesifikasi baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah baterai 32 Ah 12 V.

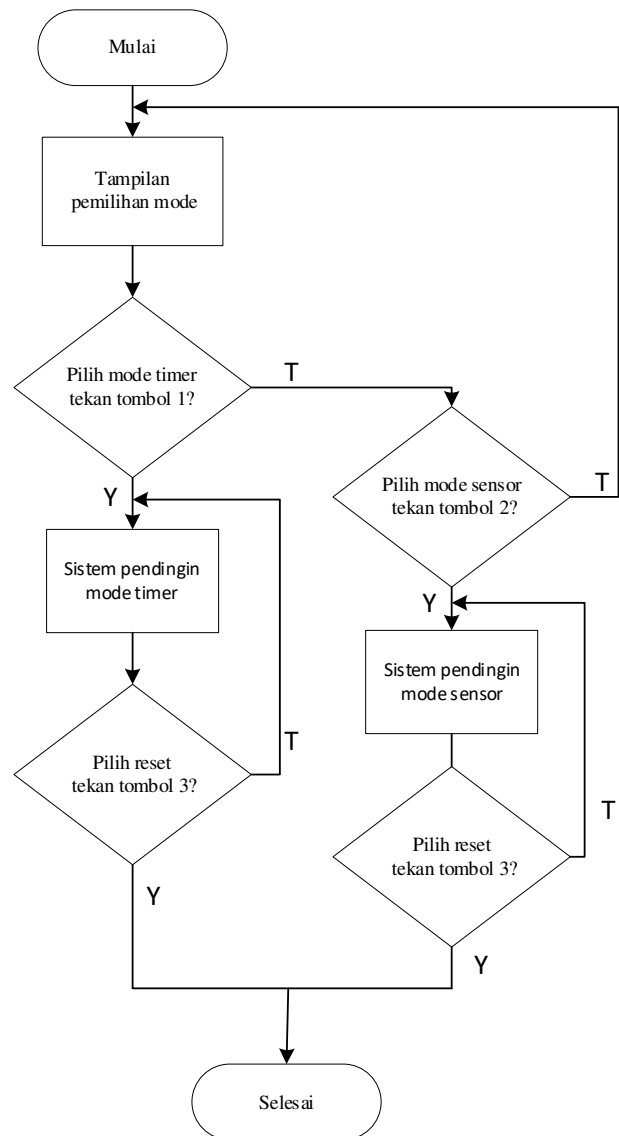
2.2 Desain dan instalasi pendingin photovoltaic

Temperatur yang tinggi karena radiasi matahari yang berlebihan dan temperatur lingkungan yang tinggi menjadi kendala utama dalam pengoperasian modul *photovoltaic* [10]. Kemampuan *photovoltaic* menurun dalam menghasilkan listrik bila terlalu panas atau melewati batas efektifitas. Sehingga diperlukan sistem pendingin untuk mendinginkan atau menurunkan temperatur *photovoltaic*, agar dapat menghasilkan listrik secara efektif dan efisien [11]. Sistem pendinginan *photovoltaic* dibedakan menjadi dua jenis yaitu aktif dan pasif [12]. Pada jenis pendingin *photovoltaic* aktif memerlukan tenaga dari luar untuk menjalankan sistem pendingin tersebut, sedangkan jenis pendingin *photovoltaic* pasif tidak memerlukan tenaga dari luar. Pada penelitian ini, pendingin *photovoltaic* menggunakan jenis aktif. Sistem pendingin pada penelitian ini menggunakan pompa air untuk menyalurkan air sebagai pendingin ke permukaan *photovoltaic* untuk menurunkan temperatur pada permukaan *photovoltaic*, sehingga memerlukan energi listrik untuk menjalankan pompa.

Sistem pendingin *photovoltaic* dirancang menggunakan 2 mode, yaitu mode timer dan mode sensor. Pada mode timer, pompa air bekerja memompa air untuk mendinginkan *photovoltaic* berdasarkan waktu yang telah diset pada kontroler, sedangkan mode sensor, pompa air bekerja berdasarkan besarnya temperatur yang dideteksi sensor, jika temperatur melebihi nilai *setpoint* yang telah diset pada kontroler maka pompa bekerja. Mode pendingin ini bisa dipilih salah satu dengan hanya menekan tombol pada kontroler. Kedua mode pendingin tersebut dibuat aktif mulai pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB. Energi listrik yang digunakan untuk menjalankan sistem pendingin *photovoltaic* ini bukan berasal dari sistem PLTS tetapi berasal dari baterai tersendiri yang terpisah dari sistem PLTS.

Kontroler pada sistem pendingin *photovoltaic* ini menggunakan zelio smart relay. Smart relay zelio logic

adalah suatu perangkat elektronik sejenis Programmable Logic Controller (PLC) yang dapat deprogram untuk melakukan serangkaian urutan kerja [13]. Bahasa pemrograman yang dipakai menggunakan *function block diagram* (FBD). FBD menyediakan *graphical programming* yang berdasarkan kegunaan dari *function block* [14]. Input yang digunakan pada zelio yaitu IB sebagai input sensor temperatur, tombol internal 1 digunakan untuk memilih mode timer, tombol internal 2 untuk memilih mode sensor, dan tombol internal 3 digunakan untuk reset. Output Q1 digunakan untuk pompa air. Sensor temperatur pada sistem pendingin ini menggunakan sensor temperatur LM35. Sensor LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran temperatur menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan [15]. Sensor ini memiliki linieritas yang tinggi dan impedansi keluaran yang rendah. Nilai temperatur yang dideteksi oleh sensor LM35 ditampilkan pada layar zelio smart relay. Pompa air pada penelitian ini menggunakan pompa air DC 12 volt. Diagram alir prinsip kerja dan diagram blok sistem pendingin *photovoltaic* ini ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



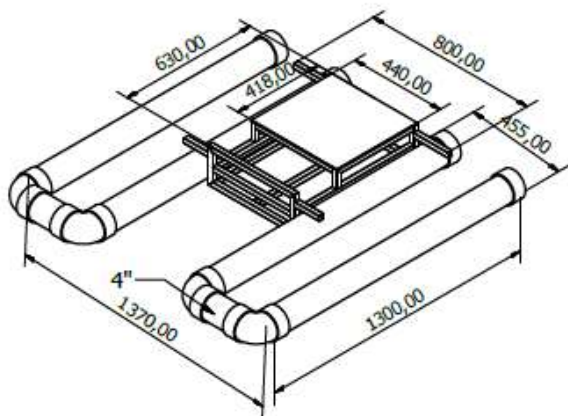
Gambar 3. Diagram alir sistem pendingin photovoltaic



Gambar 4. Diagram blok sistem pendingin photovoltaic

2.3 Desain dan fabrikasi pelampung

Pelampung PLTS pada penelitian ini menggunakan pelampung jenis ponton. Ponton adalah suatu perangkat apung serba guna yang memiliki rongga dan kedap udara sehingga memiliki kemampuan untuk mengapung, dan mampu untuk diberikan beban [16]. Bahan pelampung PLTS menggunakan pipa PVC ukuran 4 inchi. Total dimensi pelampung adalah 1370 mm x 1300 mm. Selain menggunakan pipa PVC, pelampung untuk PLTS juga menggunakan papan kayu yang dilapisi dengan *fiberglass*. Sudut kemiringan photovoltaic didesain 15°. Gambar detail desain pelampung PLTS dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain pelampung PLTS

Selain pipa PVC dan papan *fiberglass*, bahan lainnya yang dipakai untuk pelampung PLTS adalah plat yang digunakan sebagai tempat untuk menempatkan komponen PLTS, seperti MPPT dan baterai serta kontroler sistem pendingin photovoltaic. Hasil fabrikasi pelampung PLTS dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pelampung PLTS

2.4 Ujicoba PLTS terapung pada kolam uji

Kolam uji yang digunakan pada penelitian ini adalah kolam fiber dengan ukuran panjang 2 m, lebar 2 m dan tinggi 0,8 m. Gambar kolam uji ditunjukkan pada Gambar 7 menunjukkan pelampung PLTS pada saat diuji coba pada kolam uji.



Gambar 7. Ujicoba PLTS terapung pada kolam uji

3. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data penelitian PLTS terapung dilakukan selama 4 hari. Tanggal 6 - 7 November 2023 untuk mode timer dan tanggal 13 serta 17 November 2023 untuk mode sensor. Data yang diambil berupa tegangan output PLTS berpendingin dan PLTS tanpa pendingin serta data temperatur lingkungan yang dideteksi oleh sensor. Pengambilan data setiap 1 jam sekali, dimulai pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00.

3.1 Analisa data PLTS berpendingin mode timer

Pengambilan data tegangan output *photovoltaic* pada mode timer dilaksanakan pada tanggal 6 dan 7 November 2023. Pengambilan data dilakukan setiap jam, mulai pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB. Data tegangan output *photovoltaic* dengan pendingin mode timer dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

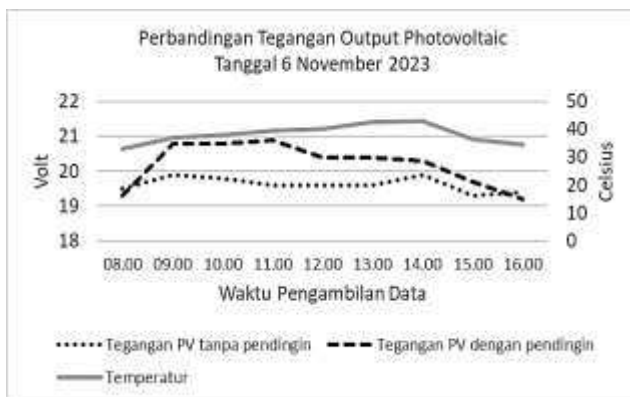
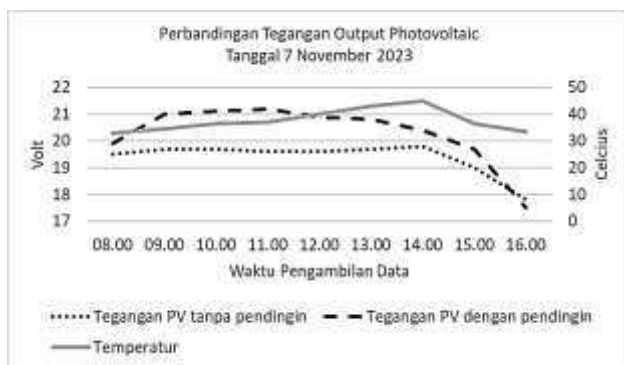
Tabel 1. Tegangan output PLTS tanggal 6 November 2023

Jam	Tegangan <i>photovoltaic</i> tanpa pendingin (V)	Tegangan <i>photovoltaic</i> berpendingin (V)	Temperatur (° C)
08.00	19,5	19,3	33
09.00	19,9	20,8	37
10.00	19,8	20,8	38
11.00	19,6	20,9	39,5
12.00	19,6	20,4	40
13.00	19,6	20,4	42,5
14.00	19,9	20,3	43
15.00	19,3	19,7	36,5
16.00	19,4	19,2	34,5
Rata-rata	19,62	20,2	

Tabel 2. Tegangan output PLTS tanggal 7 November 2023

Jam	Tegangan photovoltaic tanpa pendingin (V)	Tegangan photovoltaic berpendingin (V)	Temperatur (° C)
08.00	19,5	19,9	33
09.00	19,7	21	34,5
10.00	19,7	21,1	36,5
11.00	19,6	21,2	37
12.00	19,6	20,9	40
13.00	19,7	20,8	43
14.00	19,8	20,4	45
15.00	19	19,7	36,5
16.00	17,8	17,5	33,5
Rata-rata	19,38	20,28	

Grafik perbandingan tegangan output PLTS yang berpendingin dan tanpa pendingin ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.

Gambar 8. Perbandingan tegangan output *photovoltaic* tanpa pendingin dan berpendingin pada tanggal 6 November 2023Gambar 9. Perbandingan tegangan output *photovoltaic* tanpa pendingin dan berpendingin pada tanggal 7 November 2023

Berdasarkan data tegangan output *photovoltaic* berpendingin mode timer dan yang tanpa pendingin, didapatkan nilai rata-rata tegangan *photovoltaic* berpendingin lebih tinggi sebesar 3,79% dibandingkan yang tanpa pendingin.

3.2 Analisa data PLTS berpendingin mode sensor

Pengambilan data tegangan output *photovoltaic* pada mode sensor dilaksanakan pada tanggal 13 dan 17 November 2023. Sama seperti mode timer, pengambilan data dilakukan setiap jam, mulai pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB. Data tegangan output *photovoltaic* dengan pendingin mode sensor dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4 berikut ini.

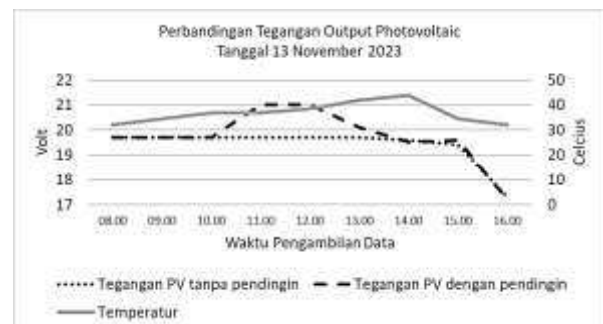
Tabel 3. Tegangan output PLTS tanggal 13 November 2023

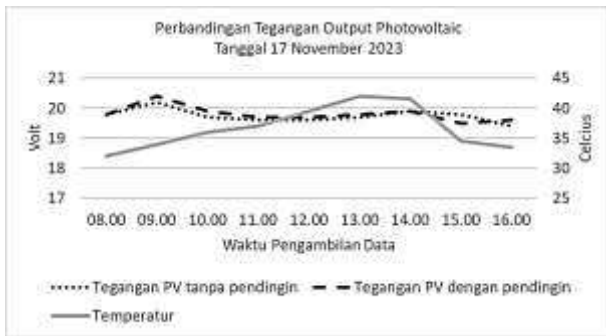
Jam	Tegangan photovoltaic tanpa pendingin (V)	Tegangan photovoltaic berpendingin (V)	Temperatur (° C)
08.00	19,7	19,7	32
09.00	19,7	19,7	34,5
10.00	19,7	19,7	37
11.00	19,7	21	37
12.00	19,7	21	38,5
13.00	19,7	20,1	42
14.00	19,6	19,5	44
15.00	19,4	19,6	34,5
16.00	17,3	17,2	32
Rata-rata	19,39	19,72	

Tabel 4. Tegangan output PLTS tanggal 17 November 2023

Jam	Tegangan photovoltaic tanpa pendingin (V)	Tegangan photovoltaic berpendingin (V)	Temperatur (° C)
08.00	19,8	19,8	32
09.00	20,2	20,4	34
10.00	19,7	19,9	36
11.00	19,6	19,7	37
12.00	19,6	19,7	39,5
13.00	19,7	19,8	42
14.00	19,9	19,9	41,5
15.00	18,8	19,5	34,5
16.00	19,4	19,6	33,5
Rata-rata	19,63	19,81	

Grafik perbandingan tegangan output PLTS yang berpendingin mode sensor dan tanpa pendingin ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11.

Gambar 10. Perbandingan tegangan output *photovoltaic* tanpa pendingin dan berpendingin pada tanggal 13 November 2023



Gambar 11. Perbandingan tegangan output *photovoltaic* tanpa pendingin dan berpendingin pada tanggal 17 November 2023

Berdasarkan data tegangan output *photovoltaic* berpendingin mode sensor dan yang tanpa pendingin, didapatkan nilai rata-rata tegangan *photovoltaic* berpendingin lebih tinggi sebesar 1,02% dibandingkan yang tanpa pendingin.

4. Kesimpulan

Pendingin *photovoltaic* dengan menggunakan air bisa meningkatkan output tegangan *photovoltaic* pada sistem PLTS yang telah dibuat. Berdasarkan data pengujian tegangan output *photovoltaic* yang dilakukan pada tanggal 6 dan 7 November 2023 didapatkan nilai rata-rata tegangan output *photovoltaic* berpendingin air mode *timer* lebih tinggi sebesar 3,79% dibandingkan dengan rata-rata tegangan output *photovoltaic* yang tanpa pendingin. Sedangkan, berdasarkan data pengujian tegangan output *photovoltaic* yang dilakukan pada tanggal 13 dan 17 November 2023 didapatkan nilai rata-rata tegangan output *photovoltaic* berpendingin air mode sensor lebih tinggi sebesar 1,02 % dibandingkan dengan output *photovoltaic* tanpa pendingin.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada P3M dan Jurusan Rekayasa Elektro dan Mekatronika yang telah memberi dukungan dan memfasilitasi penelitian ini, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Daftar Pustaka

- [1] S. Yuliananda, G. Surya, dan R. Retno Hastijanti, Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya,” *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya*, vol. 01, no. 02, pp. 193 - 202, 2015.
- [2] T. d. K. E. Direktorat Jenderal Energi Baru, Panduan Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya PLTS Terapung, Jakarta, 2021.
- [3] D. Almanda dan D. Bhaskara, “Studi Pemilihan Sistem Pendingin pada Panel Surya Menggunakan Water Cooler, Air Mineral dan Air Laut,” *Jurnal RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR)*, vol. 1, no. 2, pp. 43-52, 2018.
- [4] I. Bagus, G. Widiantara, dan N. Sugiarta, “Pengaruh Penggunaan Pendingin Air Terhadap Output Panel Surya Pada Sistem Tertutup,” *JURNAL MATRIX*, vol. 9, no. 3, pp. 110-115, 2019.
- [5] A.- Alhaddad *et al.*, “Perancangan Sistem Pendingin Photovoltaic dengan Memanfaatkan Kontroler Water Spray,” *Jurnal ELKHA*, vol. 12, no. 2, p. 47, Oct. 2020.
- [6] T. Rahajoeningroem dan I. Jatnika, “Sistem Pendingin Otomatis Panel Surya Untuk Peningkatan Daya Output Berbasis Mikrokontroler,” *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, vol. 10, no. 1, pp. 69–77, Sep. 2022.
- [7] A. Gifson, M. Rt Siregar, dan M. P. Pambudi, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid di Ecopark Ancol,” *TESLA*, vol. 22, no. 1, pp. 23-33, 2020.
- [8] I. Winarno, L. Natasari, “Maximum Power Point Tracker (MPPT) Berdasarkan Metode Perturb and Observe dengan Sistem Tracking Panel Surya Single Axis,” dalam *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 2017.
- [9] F. A. Perdana, “Baterai Lithium,” *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, vol. 9, no. 2, p. 113, Apr. 2021
- [10] W. Sri Rahayu dan T. Rijanto, “Rancang Bangun Sistem Pendinginan Menggunakan Air Untuk Meningkatkan Daya Keluaran Pada Modul Photovoltaic Berbasis Arduino Mega 2560 dan Kendali Fuzzy,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 313-320, 2019.
- [11] M. Swatara Loegimin, B. Sumantri, M. Ari Bagus Nugroho, N. Ayub Windarko, “Sistem Pendinginan Air Untuk Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic,” *Jurnal Integrasi*, vol. 12, no. 1, pp. 21-30, 2020.
- [12] G. Marausna, “Pengujian Sistem Pendingin Panel Surya Berbentuk Tubular Cooler Dengan Solar Simulator Untuk Menguji Daya Keluaran Panel Surya,” *Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 7, no. 1, pp. 10-16, 2021.
- [13] T. Siahaan, “Penerapan Simple Application Smart Relay Zelio Logic Pada Start Generator,” *JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA*, vol. 8, no. 1, pp. 29-39, 2019.
- [14] A. D. Laksono dan S. I. Haryudo, “Rancang Bangun dan Analisis Peralatan Pendeteksi Dini Temperatur Motor Induksi 3 Fasa Dengan Sensor LM35 Berbasis PLC Zelio SR2B121BD,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 09, no. 02, pp. 365-373, 2020.
- [15] S. N. Fataha, I. Hamsir, A. Wahab, dan A. P. Sardju, “Perancangan Alat Pengukur Suhu Air Laut,” 2019.
- [16] D. Fianca, A. Fauzan Zakki, dan P. Manik, “Studi Eksperimen Material GRC (Glassfiber Reinforced Concrete) Sebagai Bahan Dasar Pada Modular Floating Ponton,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 3, no. 4, pp. 557-567, 2015.