Implementasi Sistem Kontrol PID pada Sistem Pendingin Suhu Panel Surya

Yosua Gavin Putra[1], Nariyah Silviana Erwanti[2], dan Wahyu Setyo Pambudi[3]

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

e-mail: yosuagavin28@gmail.com

ABSTRACT

Increasing electricity consumption can cause global warming issues, so innovation is needed to provide electricity needs. Utilization of solar energy is one of the innovations in providing electricity by using solar panels. However, solar panels have weaknesses, they cannot work optimally if the panel surface receives excessive heat. The purpose of the study was to create a temperature setting and PID cooling system to optimize panel performance and see the cooling control response on solar panels. The design of the solar panel system was carried out for one week, using two types of water, namely mineral water and coolant water. Coolant spraying is carried out every 10 minutes and is done automatically, recorded on the data logger system and stored in a micro SD. The panel used is a 120 wp panel. The design of the solar panel uses PID to regulate the temperature and drive the fan and motor. The control response to the PID in several water conditions works well. PID can work to drive the fan and motor when the temperature is high, and stops working when the temperature has reached normal temperature. The efficiency of the solar panel in the observations carried out has a value below 22%. Therefore, it can be said that solar panels with and without cooling, both with ordinary water media and coolant water, haven'tt achieved good efficiency values.

Kata kunci: *Solar panels, cooling, timer controller, PID, water spray.*

ABSTRAK

Konsumsi listrik yang semakin meningkat dapat menyebabkan isu global warming, sehingga dibutuhkan inovasi untuk menyediakan kebutuhan listrik. Pemanfaatan energi surya merupakan salah satu inovasi penyediaan listrik dengan penggunaan panel surya. Namun panel surya memiliki kelemahan, tidak dapat bekerja secara maksimal jika permukaan panel menerima panas berlebihan. Tujuan penelitian adalah membuat pengaturan suhu dan sistem pendingin PID untuk dapat mengoptimalkan kinerja panel serta melihat respon kontrol pendingin pada panel surya. Perancangan sistem panel surya dilakukan selama satu minggu, menggunakan dua jenis air yaitu air mineral dan air coolant. Penyemprotan pendingin dilakukan setiap 10 menit dan dilakukan secara otomatis, tercatat pada sistem data logger dan disimpan dalam micro SD. Panel yang digunakan adalah panel 120 wp. Perancangan panel surya menggunakan PID untuk mengatur suhu dan menggerakkan kipas serta motor. Respon kontrol pada PID dibeberapa kondisi air berjalan baik. PID dapat berkerja menggerakkan kipas dan motor ketika suhu tinggi, dan berhenti bekerja ketika suhu telah mencapai suhu normal. Efisiensi panel surya pada pengamatan yang dilakukan memiliki nilai dibawah 22%. Oleh karena itu dapat dikatakan, panel surya dengan pendingin dan tanpa pendingin, baik dengan media air biasa dan air *coolant*, belum mencapai nilai efisiensi yang baik.

Kata kunci: Panel surya, pendingin, pengontrol waktu, PID, semprotan air.

PENDAHULUAN

Panel surya adalah teknologi utama dalam konversi energi matahari menjadi listrik yang menawarkan solusi efisien dan ramah lingkungan. Namun, kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh suhu operasionalnya. Suhu tinggi dapat menyebabkan penurunan daya output panel surya secara signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa setiap kenaikan suhu sebesar 10°C dari suhu standar 25°C dapat mengurangi efisiensi daya panel surya sebesar 0,5% [7]. Suhu optimal untuk panel surya biasanya berkisar antara 40°C hingga 50°C, tetapi suhu yang melebihi batas ini dapat menyebabkan penurunan efisiensi hingga 20% [6], [8]. Hal ini disebabkan oleh pengaruh suhu

terhadap band gap sel surya, yang dapat menurunkan kemampuan konversi energi matahari menjadi listrik [8].

Untuk mengatasi masalah suhu tinggi dan menjaga efisiensi panel surya, sistem pendinginan yang efektif sangat diperlukan. Pendinginan aktif, seperti sistem pendinginan berbasis air dan modul Peltier, merupakan metode yang banyak digunakan untuk menurunkan suhu panel surya dan mempertahankan kinerjanya dalam kondisi optimal [3], [4]. Sistem pendinginan berbasis penyemprotan air telah terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi panel surya dengan menurunkan suhu operasionalnya, sedangkan penggunaan modul Peltier yang dikendalikan oleh Arduino Uno dengan algoritma kontrol PID dapat memberikan kontrol suhu yang lebih presisi [6], [14].

Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem pendinginan panel surya berbasis penyemprotan air dan modul Peltier yang dikendalikan oleh Arduino Uno menggunakan kontrol PID. Kontrol PID dirancang untuk mengatur suhu dengan akurasi yang lebih baik, sehingga efisiensi panel surya dapat meningkat dan kinerjanya dapat dipertahankan dalam rentang suhu optimal [11], [14]. Penelitian ini akan menganalisis efektivitas sistem pendinginan pada berbagai kondisi suhu dan membandingkan kinerja panel surya yang dilengkapi dengan sistem pendingin dengan panel surya tanpa sistem pendingin, serta mengevaluasi dampak sistem pendinginan terhadap efisiensi daya dan performa panel surya secara keseluruhan [11], [14].

TINJAUAN PUSTAKA

Pengaruh Suhu Panas pada Panel Surya

Kinerja panel surya dapat dioptimalkan apabila panel tersebut diposisikan tegak lurus terhadap sinar matahari, memungkinkan radiasi matahari mengenai permukaan panel secara langsung dan maksimal. Namun, ketika suhu yang diterima oleh panel surya meningkat, efektivitas kinerja panel tersebut akan menurun secara signifikan, hingga sebesar 20% [1]. Penelitian menunjukkan bahwa suhu optimal untuk panel surya berkisar antara 25°C hingga 40°C [2]. Pada suhu yang lebih tinggi dari rentang ini, efisiensi panel surya dapat menurun karena suhu berlebih mengakibatkan penurunan celah pita (band gap) pada sel surya [3]. Perubahan suhu yang ekstrem dapat mempengaruhi karakteristik elektrik sel surya, yang berpotensi mengurangi output daya panel [4].

Pendingin Panel Surya

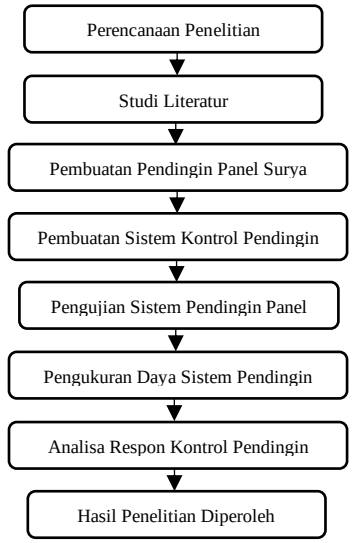
Sistem pendingin bertujuan untuk menurunkan suhu panel surya agar tetap berada dalam rentang optimal dengan memindahkan panas dari permukaan panel menggunakan media seperti air atau udara. Pendinginan yang efektif dapat dilakukan dengan berbagai metode, termasuk heat pipe, pendinginan udara, dan pendinginan air [5]. Efisiensi panel surya merupakan rasio antara daya listrik yang dihasilkan dengan radiasi matahari yang diterima, sehingga meningkatkan efisiensi panel surya sering kali melibatkan pengurangan suhu panel [6]. Selain itu, metode pendinginan dapat diklasifikasikan dalam tiga kategori: pendinginan permukaan panel, pendinginan menggunakan media perantara, dan pendinginan dengan sistem kontrol [7]. Metode ini bertujuan untuk menjaga suhu panel surya tetap mendekati suhu optimal sekitar 25°C, sehingga efisiensi konversi energi matahari menjadi energi listrik dapat dimaksimalkan [8], [9].

Kontrol PID untuk Sistem Pendinginan

Algoritma PID merupakan salah satu metode kontrol yang efektif dalam mengatur suhu operasional pada sistem pendinginan panel surya. PID bekerja dengan tiga parameter utama: Kp (proportional), Ki (integral), dan Kd (derivative) yang mengontrol kecepatan kipas dan pompa air berdasarkan suhu yang terukur. Dengan pengaturan yang tepat, PID mampu menjaga suhu dalam rentang optimal dengan respons yang cepat terhadap perubahan suhu.

METODE

Penelitian ini menggunakan dua media air yaitu air mineral dan air coolant. Beban yang digunakan untuk penelitian yaitu 15 watt dan 70 watt. Adapun alat dan bahan yang digunakan ialah LCD, Fan DC, pompa air, dan SSR. Penelitian ini dilakukan sebanyak tiga kali percobaan. Percobaan pertama dan kedua dilakukan pada pukul 09.00 hingga 14.00 WIB dengan interval 10 menit. Percobaan ketiga dilakukan pada pukul 10.00 WIB hingga 13.00 WIB.



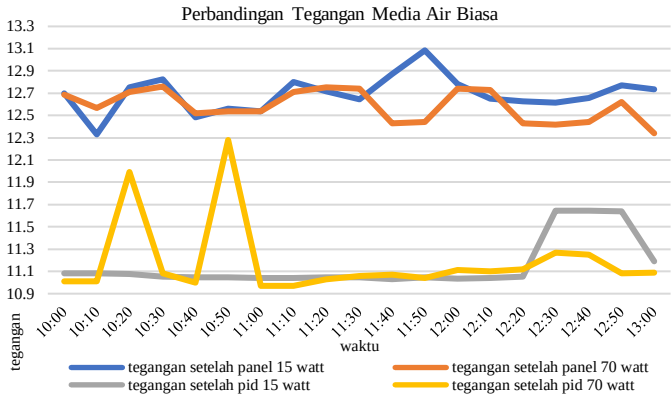
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian.

Alur penelitian, seperti yang digambarkan dalam Gambar 1, dimulai dengan desain panel surya dengan kemiringan 40°. Panel surya dengan pendingin diprogram agar kipas dan motor berfungsi, sementara panel tanpa pendingin terhubung ke SCC untuk memantau tegangan dan arus. Panel dengan pendingin dilengkapi sensor DHT22 untuk suhu dan kelembaban, sensor PWM untuk kontrol kipas dan motor, serta sensor RTC untuk pencatatan waktu. Pendinginan dilakukan dengan penyemprotan air, menggunakan bahasa pemrograman C dan C++. Pompa dan kipas diatur untuk menyemprotkan air pada permukaan panel saat suhu mencapai 40°C.

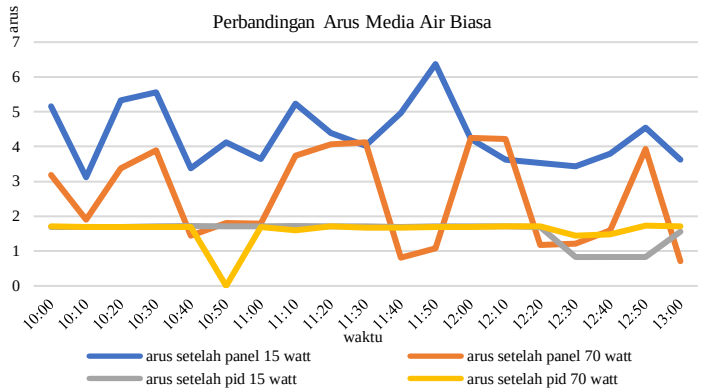
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Daya Output Panel Surya Media Air Biasa

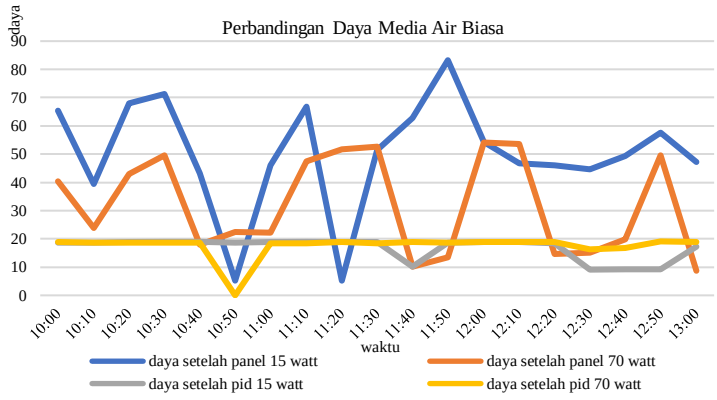
Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diterima oleh panel surya, maka semakin kecil kinerja panel surya yang dihasilkan. Oleh sebab itu, dapat disimpulkan bahwa variasi beban yang diterima panel surya dapat mempengaruhi tegangan dan arus yang dihasilkan. Penelitian dilakukan dengan dua media air. Hasil penelitian media air biasa ditampilan pada Gambar 2.



(a)



(b)



(c)

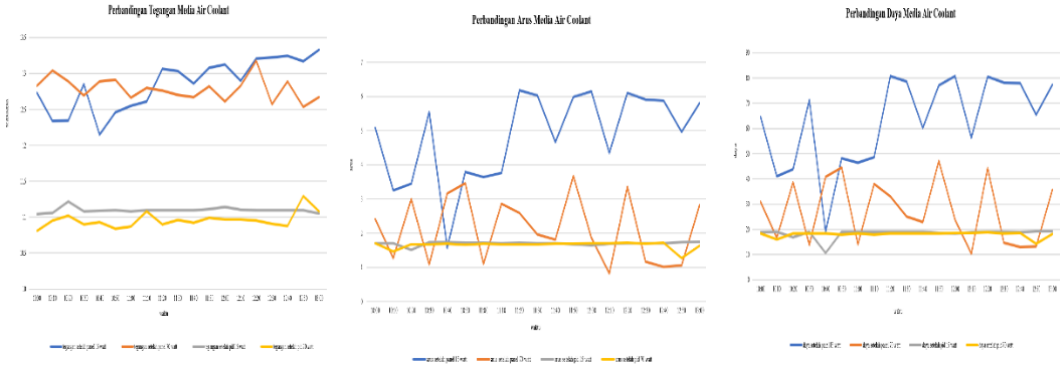
Gambar 2. a) tegangan, b) arus, c) daya, panel surya dengan media air biasa.

Gambar 2 menunjukkan perbandingan antara kondisi setelah panel dan setelah PID. Pada Gambar 2a, tegangan setelah panel lebih stabil pada beban 70 watt dibandingkan dengan beban 15 watt. Namun, setelah PID, tegangan beban 70 watt justru menjadi yang tertinggi dan lebih bervariasi. Arus setelah panel tertinggi pada beban 15 watt dan terendah pada beban 70 watt, tetapi setelah PID, arus pada kedua beban menjadi seragam. Daya setelah panel paling tinggi pada beban

15 watt, sementara setelah PID, daya tertinggi tercatat pada beban 70 watt. Kesimpulannya, beban 15 watt menunjukkan nilai daya output yang berbanding terbalik dengan beban 70 watt secara keseluruhan.

Pengukuran Daya Output Panel Surya Media Air *Coolant*

Pengukuran daya output panel surya media air *coolant* memiliki sifat yang sama dengan pengukuran daya output panel surya media air biasa. Hal itu disebabkan karena variasi beban yang diterima oleh panel surya dipengaruhi oleh tegangan dan arus yang dihasilkan. Hasil penelitian media air *coolant* ditampilan pada Gambar 3.

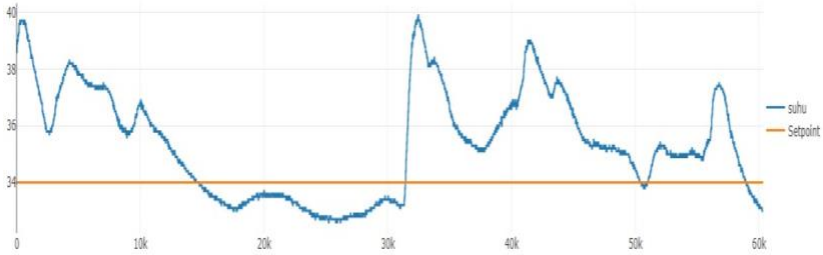


Gambar 3. a) tegangan, b) arus, c) daya, panel surya dengan media air *coolant*

Gambar 3a menunjukkan bahwa tegangan panel pada beban 15 watt cenderung fluktuatif, dengan nilai tegangan tertinggi dan terendah. Setelah diterapkan kontrol PID, tegangan menjadi lebih stabil, terutama pada beban 15 watt dan 70 watt, meskipun tegangan beban 70 watt setelah PID lebih rendah. Arus pada beban 15 watt dan 70 watt setelah panel menunjukkan nilai yang tidak teratur, tetapi setelah kontrol PID, arus menjadi lebih stabil dan hampir sama. Daya panel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3c, juga tidak stabil dengan daya terendah pada beban 70 watt dan daya tertinggi pada beban 15 watt. Setelah PID, daya menunjukkan pola yang lebih stabil dan hampir sama pada kedua beban.

Analisa Repon Kontrol Pendingin PID

PID merupakan sebuah *controller* yang diletakkan pada panel surya berfungsi untuk mengatur kecepatan kipas serta motor, sehingga air yang mengalir pada permukaan air dapat memiliki suhu normal. Pengontrol PID memiliki tiga parameter yang dapat memberikan pengaruh pada kinerja keluaran. Tiga parameter tersebut yaitu nilai Ki, Kp, dan Kd. Secara berturut-turut, Ki, Kp, dan Kd berfungsi untuk menjaga motor dan kipas dapat berfungsi normal (on dan off) pada waktu dan setpoint yang telah ditentukan, serta mengatur kecepatan motor dan kipas dalam merespon set point, mengatur arah robot agar tetap berada pada jalur yang benar dan sudah ditentukan serta mengatur sensitifitas robot, serta membuat kinerja motor dan kipas dalam penelitian bekerja bergerak secara stabil, tidak terlalu cepat dan tidak terlalu lambat. Oleh karena itu, secara keseluruhan, pendingin PID berfngsi untuk mendinginkan permukaan panel yang memiliki panas lebih dari 34^0, sehingga panel surya dapat berkerja dengan optimal.



Gambar 4. Kinerja Kipas dan Motor a) PID dengan setpoin, b) suhu dengan setpoin

Gambar 4a menunjukkan pada 15 menit pertama kipas dan motor dalam kondisi on dan Gambar 4b, menunjukkan 15 menit pertama suhu yang terbaca lebih dari 34^0C. namun pada menit ke 15 hingga menit ke 30, pada Gambar 4a, nilai PID menurun dan Gambar 4b, suhu berada dibawa setpoint. Hal tersebut membuktikan bahwa kinerja kipas dan motor bergerak secara efisien, dimana ketika suhu menunjukkan berada dibawah setpoint, maka kipas dan motor berhenti (off), dan ketika suhu menunjukkan diatas setpoin maka suhu kipas dan motor posisi on (dibuktikan dengan nilai PID sebesar 250).

Efisiensi Daya Panel Surya

Efisiensi merupakan sebuah usaha dalam memaksimalkan hasil dalam sebuah pekerjaan. Oleh sebab itu efisiensi daya panel surya merupakan sebuah upaya yang dilakukan untuk mengetahui dan memaksimalkan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Dalam pengamatan yang dilakukan usaha yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi daya panel surya, maka panel surya diberi tiga perlakuan, perlakuan pertama yaitu panel surya menggunakan pendingin dengan media air biasa, panel surya menggunakan pendingin dengan media air *coolant*, dan panel surya tanpa pendingin. Selain itu, diberikan tambahan perlakuan yaitu dengan menggunakan beban 15 watt dan beban 70 watt. Berdasarkan perlakuan yang diberikan tersebut dapat diketahui perlakuan mana yang dapat memberikan dampak besar dalam memaksimalkan daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya, dengan cuaca pengamatan selama empat hari cerah berawan dan cenderung panas terik. Kondisi cuaca dapat dikatakan panas terik karena suhu yang tercatat melebihi 37^0.

Tabel 1. Efisiensi Daya Panel Surya Berpendingin dan Tanpa Pendingin

Tanggal	Panel Surya	Tegangan rata-rata (V)	Arus rata-rata (A)	Daya rata-rata (W)	Efisiensi	Suhu rata-rata (celcius)
13/12/2023	Berpendingin media air biasa (kondisi setelah panel)	12.44	2,84	33,60	7,223	36,26
	Berpendingin media air biasa (kondisi setelah PID)	11,48	1,16	12,01	2,723	36,26
	Tanpa pendingin	12,8	2,80	36,32	7,328	42,45
18/12/2023	Berpendingin media air biasa (kondisi setelah panel)	12,83	5,25	63,21	13,771	38,38
	Berpendingin media air biasa (kondisi setelah PID)	11,01	1,69	18,54	3,804	38,38
	Tanpa pendingin	12,70	4,60	57,63	11,944	44,00
27/05/2024	Berpendingin media air biasa (kondisi setelah panel)	12,59	2,54	32,12	6,542	37,09

	Berpendingin media air biasa (kondisi setelah PID)	11,19	1,58	17,54	3,621	37,09
	Tanpa pendingin	11,63	2,21	30,13	5,258	41,35
19/12/2023	Berpendingin media air *coolant* (kondisi setelah panel)	12,95	4,96	65,02	13,132	38,20
	Berpendingin media air *coolant* (kondisi setelah PID)	11,09	1,71	18,37	3,877	38,20
	Tanpa pendingin	12,94	5,13	59,41	13,572	44,00
20/12/2023	Berpendingin media air *coolant* (kondisi setelah panel)	12,83	4,65	60,27	12,197	38,21
	Berpendingin media air *coolant* (kondisi setelah PID)	11,08	1,72	18,96	3,896	38,21
	Tanpa pendingin	12,70	4,17	53,50	10,827	44,00
30/05/2024	Berpendingin media air *coolant* (kondisi setelah panel)	12,79	2,14	27,41	5,585	37,51
	Berpendingin media air *coolant* (kondisi setelah PID)	10,96	1,66	18,06	3,711	37,51
	Tanpa pendingin	11,01	2,21	25,24	4,967	41,35

Tabel 1 menunjukkan nilai efisiensi terendah adalah panel surya dengan pendingin media air biasa dalam kondisi setelah PID (2,723), sedangkan nilai efisiensi tertinggi adalah panel surya dengan pendingin dengan media air biasa kondisi setelah panel (13,771). Panel surya berpendingin dengan kondisi setelah PID memiliki nilai yang paling kecil. Panel surya berpendingin dengan kondisi setelah panel memiliki nilai panel surya yang paling tinggi. Jika dilihat secara keseluruhan, nilai efisiensi yang dihasilkan berada dibawah 22%. Berdasarkan penelitian, menyatakan bahwa semakin tinggi nilai efisiensi, maka semakin baik kinerja panel surya. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa semua perlakuan pada panel surya selama pengamatan belum menunjukkan nilai efisiensi yang tinggi, sehingga kinerja panel surya belum maksimal.

Efektivitas Sistem Pendingin dan Perbandingan Daya Output

Penggunaan sistem pendinginan berbasis PID menunjukkan hasil yang signifikan dalam menjaga stabilitas suhu pada panel surya, di mana pada beban 15 watt, tegangan dan arus panel menjadi lebih stabil setelah kontrol PID diterapkan dibandingkan tanpa pendingin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air coolant lebih efektif dalam menurunkan suhu panel dibandingkan air mineral, terutama pada kondisi suhu ekstrem. Selain itu, daya output yang dihasilkan oleh panel surya dengan dan tanpa pendingin juga dianalisis, dan pada beban 70 watt, tegangan setelah PID cenderung lebih bervariasi, namun arus menjadi lebih stabil setelah pendinginan diterapkan. Pengujian juga menunjukkan bahwa penggunaan pendingin air coolant menghasilkan daya output yang lebih tinggi dibandingkan air mineral, meskipun efisiensi panel secara keseluruhan masih di bawah 22%, menandakan bahwa metode pendinginan ini belum sepenuhnya optimal.

KESIMPULAN

Sistem pendinginan berbasis PID berhasil menjaga stabilitas suhu pada panel surya, yang berdampak pada kestabilan daya output, terutama pada penggunaan air coolant sebagai media pendingin. Meskipun demikian, efisiensi panel surya dengan dan tanpa pendingin masih di bawah 22%, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan performa sistem pendingin dan efisiensi daya panel surya secara keseluruhan. Penggunaan pendingin yang lebih efektif, optimasi parameter PID, serta pengujian di berbagai kondisi cuaca dapat menjadi fokus penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] P. Harahap, "Pengaruh temperatur permukaan panel surya terhadap daya yang dihasilkan dari berbagai jenis sel surya," RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro, vol. 2, no. 2, pp. 73–80, 2020, doi: 10.30596/rele.v2i2.4420.

[2] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif," Emit. J. Tek. Elektro, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emitor.v18i01.6251.

[3] Afriandi, I. Yusuf, and A. Hiendro, "Implementasi water cooling system untuk menurunkan temperature losses pada panel surya," J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura, vol. 1, no. 2, pp. 3–5, 2017, [Online]. Available: https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21994%0Ahttp://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21994/17633.

[4] A. R. Readyansyah, "Perancangan pembangkit listrik hybrid (Solar cell - Thermoelectric generator (TEG)) berbasis internet of things (IoT)," J. Tek. Elektro, vol. 11, no. 3, pp. 454–462, 2022.

[5] R. Pido, N. S. Dera, and M. Rival, "Analisa pengaruh kenaikan temperatur permukaan solar cell terhadap daya output," Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng., vol. 2, no. 2, pp. 24–29, 2019, doi: 10.32662/gojise.v2i2.683.

[6] E. P. Laksana, O. Sanjaya, Sujono, S. Broto, and N. Fath, "Sistem pendinginan panel surya dengan metode penyemprotan air dan pengontrolan suhu air menggunakan peltier," ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron., vol. 10, no. 3, pp. 652–663, 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i3.652.

[7] S. Utami and A. Daud, "Pengaruh Temperatur Panel Surya terhadap Efisiensi Panel Surya Sistem Monitoring menggunakan Internet of Things (IoT)," J. Energi, vol. 10, no. 1, pp. 7–10, 2020.

[8] Haldianto, N. Alim, A. H. Lateko, and Adriani, "Analisis Pengaruh Suhu Kerja pada Panel Surya terhadap Daya Keluaran dari Panel," Vertex Elektro, vol. 15, no. 1, pp. 32–39, 2023.

[9] P. D. Rizaldi, "Pemodelan sel surya film tipis zno/cds/cdte menggunakan afors-het : Pengaruh ketebalan cds dan temperatur devais terhadap performansi sel surya," Universitas Negeri Semarang, 2018.

[10] A. Pratomo, "Analisa pengaruh variasi kecepatan aliran water cooling sistem sebagai media pendingin terhadap unjuk kerja solar cell," Universitas Islam Riau, 2021.

[11] R. Rusman, "Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 Wp," Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin, vol. 4, no. 2, 2017, doi: 10.24127/trb.v4i2.75.

[12] Dahliyah, Samsurizal, and N. Pasra, "Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu dan Kecepatan Angin," J. Ilm. Sutet, vol. 11, no. 2, pp. 71–80, 2021, doi: 10.33322/sutet.v11i2.1551.

[13] R. Hasrul, "Sistem Pendinginan Aktif Versus Pasif Di Meningkatkan Output Panel Surya," J. Sain, Energi, Teknol. Ind., vol. 5, no. 2, pp. 79–87, 2021, [Online]. Available: https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/index.

[14] M. Rifaldi, N. R. Alham, N. Izzah, M. N. Ihsan, and M. Sugianto, "Analisis Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan," J. Rekayasa Trop. Teknol. dan Inov., vol. 1, no. 1, pp. 16–24, 2023, doi: 10.30872/retrotekin.v1i1.919.