

# Sistem Monitoring Daya Listrik pada Panel Surya Dengan Penerapan *Internet of Things (IoT)*

Duma Pabiban<sup>1</sup>, Mychael G Pae<sup>2</sup>, Reno Olin<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Kupang  
Lasiana, Kecamatan, Kelapa Lima, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur 85258

<sup>1</sup>dumapabiban77@gmail.com

<sup>2</sup>mychel.pae@mail.ugm.ac.id

<sup>3</sup>rhenololin34@gmail.com

**Intisari** — Penelitian ini merancang sistem monitoring daya listrik panel surya berbasis Internet of Things (IoT) dengan pendinginan otomatis menggunakan water sprayer untuk menjaga efisiensi panel surya. Sistem pendingin berfungsi ketika suhu panel melebihi 25°C, menghasilkan peningkatan efisiensi hingga 27% dibandingkan panel tanpa pendinginan. Sistem monitoring ini mengumpulkan data suhu, tegangan, dan arus panel menggunakan sensor dan Arduino yang terhubung ke aplikasi Blynk, memungkinkan pemantauan kinerja panel secara real-time. Pengujian selama 7 hari menunjukkan bahwa suhu panel yang didinginkan berkisar 28,02°C dengan efisiensi daya 64,1%, sedangkan tanpa pendingin, suhu rata-rata 37,69°C dengan efisiensi 41,74%. Hasil ini mengindikasikan peningkatan signifikan dalam efisiensi dan stabilitas output daya. Sistem IoT ini juga memudahkan pengguna untuk memantau data kinerja panel jarak jauh, yang dapat diaplikasikan di berbagai kondisi cuaca.

**Kata kunci** — IoT, pendingin air, panel surya, pemantauan daya.

**Abstract** — This study designs an Internet of Things (IoT)-based solar panel power monitoring system with automatic cooling using a water sprayer to maintain solar panel efficiency. The cooling system functions when the panel temperature exceeds 25°C, resulting in an efficiency increase of up to 27% compared to panels without cooling. This monitoring system collects panel temperature, voltage, and current data using sensors and Arduino connected to the Blynk application, allowing real-time monitoring of panel performance. Testing for 7 days showed that the temperature of the cooled panel was around 28.02°C with a power efficiency of 64.1%, while without cooling, the average temperature was 37.69°C with an efficiency of 41.74%. These results indicate a significant increase in efficiency and stability of power output. This IoT system also makes it easy for users to monitor panel performance data remotely, which can be applied in various weather conditions.

**Keywords**— IoT, water cooling, solar panels, power monitoring.

## I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan seperti panel surya semakin menjadi pilihan utama dalam upaya mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang terbatas dan berpotensi merusak lingkungan. Panel surya telah menjadi salah satu teknologi yang paling berkembang dalam menyediakan energi listrik yang ramah lingkungan. Namun, efektivitas dan efisiensi penggunaan panel surya ini memerlukan pengelolaan yang baik, termasuk monitoring yang cermat terhadap kinerjanya. Output daya listrik dari pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber energi matahari seperti fotovoltaik akan berfluktuasi dengan cepat dalam skala yang besar ketika intensitas cahaya matahari berubah dengan cepat. Hal ini perlu diantisipasi sehingga efisiensi dari panel surya tetap pada kondisi optimum [1].

Optimalisasi pembangkit tenaga surya dapat dilakukan dengan mengevaluasi parameter kinerja dari photovoltaic, seperti fill factor, Voc, Isc dan max-power. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya saat ini harus dimodernisasi dalam hal teknologi penginderaan, komunikasi, pengukuran, dan otomatisasi [2].

Pada tahun 2023 penulis telah melakukan penelitian dengan merancang sistem pendingin permukaan panel surya yang akan bekerja secara otomatis menggunakan sensor suhu. Pada penelitian tersebut, peneliti merancang sistem pendingin dengan water sprayer untuk mempertahankan kondisi ideal panel surya pada suhu 25oC. Hasil penelitian tersebut menunjukkan peningkatan efisiensi panel surya yang cukup signifikan mencapai 27% dibandingkan dengan panel surya yang tidak menggunakan sistem pendingin. Namun pada penelitian tersebut peneliti

mengalami beberapa kendala dalam memonitoring kinerja dari panel surya terutama pada saat pengambilan data radiasi matahari, suhu panel surya, dan daya keluaran panel surya. Peneliti harus memantau kinerja dari panel surya setiap jam agar dapat mengetahui karakteristik panel surya yang menggunakan sistem pendingin maupun tanpa sistem pendingin. Dengan keadaan cuaca kota kupang yang dapat berubah – ubah setiap saat sangat mempengaruhi kinerja dari panel surya sehingga untuk memonitoring kinerja dari panel surya serta meminimalisir kesalahan pengambilan data baik radiasi, suhu, maupun daya panel surya, maka pada penelitian ini peneliti melakukan penelitian lanjutan yaitu dengan merancang sistem monitoring panel surya dengan menerapkan sistem cerdas yaitu internet of Things (IoT). Sistem ini dilengkapi dengan sensor suhu untuk mengukur suhu pada permukaan panel surya, serta sensor tegangan dan arus untuk mengukur hasil produksi daya listrik dari panel surya tersebut. Hasil monitoring dari sistem ini dapat diakses dimana dan kapan saja menggunakan smartphone maupun laptop selama terkoneksi dengan jaringan internet. Dengan penerapan teknologi ini maka pengguna dapat memantau kinerja dari panel surya dalam memproduksi energi listrik serta dapat membantu para peneliti di bidang photo voltaic terkait data radiasi matahari, maupun karakteristik panel surya yang sesuai dengan kondisi geografis kota Kupang.

## II. PENELITIAN TERDAHULU

Beberapa Penelitian yang telah membahas tentang sistem monitoring kinerja panel surya yang menjadi acuan (State of The Art) perancangan sistem ini adalah: Penelitian yang dilakukan oleh Ivan Fahrezi Pamungkas pada tahun 2022 tentang “Sistem Monitoring Daya Listrik Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT)” [3]. Pada penelitian tersebut, peneliti merancang sebuah sistem monitoring dari panel surya berupa data daya yang dihasilkan dan radiasi matahari yang diterima oleh panel surya. Dimana monitoring dapat dilakukan secara jarak jauh melalui

smartphone dengan menggunakan jaringan internet. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan daya listrik terbesar di hasilkan photovoltaic melalui aplikasi Blynk pada saat hari pertama sebesar 40,08 watt. Pada hari kedua sebesar 36,65 watt. Pada hari ketiga sebesar 17,50 watt dan radiasi matahari terbesar yang diterima photovoltaic secara maksimal sebesar 431,4 W/m<sup>2</sup>. Berdasarkan perhitungan error menggunakan metode perhitungan MSE atau (Mean Square Error). Didapatkan nilai MSE untuk daya listrik sebesar 4.11 dan nilai MSE untuk radiasi matahari sebesar 313,500.04. Perhitungan MSE berdasarkan pengujian selama 3 hari.

Selanjutnya, pada tahun 2015 Tiwari Shruti dkk melakukan penelitian dengan judul “Real Time Monitoring of Solar Power Plant and Automatic Load Control [4]. Pada penelitian tersebut, peneliti menggunakan modul X-Bee sebagai sistem pengirim-penerima data dengan jarak transmisi sekitar 800 mts. Penelitian tersebut menemukan bahwa untuk jarak transmisi yang relatif lebih besar, sistem pengirim-penerima yang lebih kuat dapat meningkatkan jangkauan sistem. Tujuan dari penelitian ini untuk mengembangkan sistem manajemen daya untuk mengoptimalkan daya yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga surya (PV). Sistem ini memudahkan untuk melakukan peralihan beban otomatis, pengukuran & kontrol jarak jauh, dan peralihan berbasis IoT. Penerapan sistem monitoring tersebut, dapat meningkatkan kinerja panel surya dengan signifikan hingga 50%.

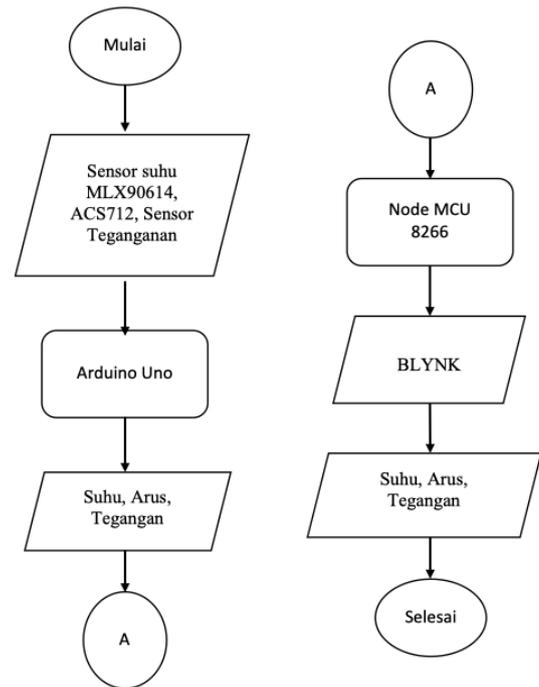
Pada tahun 2023, penulis telah melakukan penelitian dengan judul “Peningkatan Efisiensi Panel Surya dengan Sistem Water Sprayer” [5]. Pada penelitian tersebut, penulis merancang sitem pendingin permukaan panel surya untuk mempertahankan suhu ideal panel yaitu 250C. Hasil penelitian tersebut diketahui bahwa panel yang menggunakan sistem pendingin dengan water sprayer mengalami peningkatan efisiensi mencapai 27% dibawah kondisi goeografis kota Kupang. Namun peneliti dan tim mengalami kesulitan dalam memonitoring kinerja dari panel terutama pada pengambilan data suhu permukaan panel, arus, maupun tegangan dari panel

surya karena penulis beserta tim harus memonitoring kinerja dari panel surya secara manual dilokasi setiap jamnya. Untuk meminimalisir terjadinya fluktuasi radiasi matahari yang akan berdampak pada kinerja panel surya, maka pada penelitian ini, para peneliti dan tim mempunyai sautu terobosan untuk merancang sistem monitoring secara otomatis yang akan diintegrasikan dengan sistem cerdas yaitu internet of things (IoT).

### III. METODE PENELITIAN

Dalam rancang bangun Sistem Monitoring Daya Listrik pada Panel Surya Dengan Penerapan Internet of Things (IoT), penulis akan melakukan penelitian berdasarkan metode yang dijalankan secara bertahap dan terencana. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental. Tahapan perancangan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Dalam perancangan software ini dimulai dari pembacaan data arus, tegangan, dan suhu panel surya.

Pembacaan suhu panel surya menggunakan sensor suhu MLX 90614, sedangkan pembacaan arus menggunakan sensor ACS712 dan sensor tegangan panel surya. Hasil pembacaan dari ketiga sensor ini kemudian diproses pada mikrokontroler Arduino Uno untuk mendapatkan output berupa nilai arus, tegangan, daya, dan suhu pada permukaan panel surya. Selanjutnya nilai hasil pembacaan dari Arduino akan dikirim ke platform IoT Node MCU 8266 yang mempunyai kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga koneksi internet (WIFI). Pengguna/user dapat mengakses data hasil pembacaan dari setiap sensor untuk melihat karakteristik dan kinerja dari panel surya menggunakan aplikasi BLYNK yang telah di instal dan di program pada laptop atau handphone.

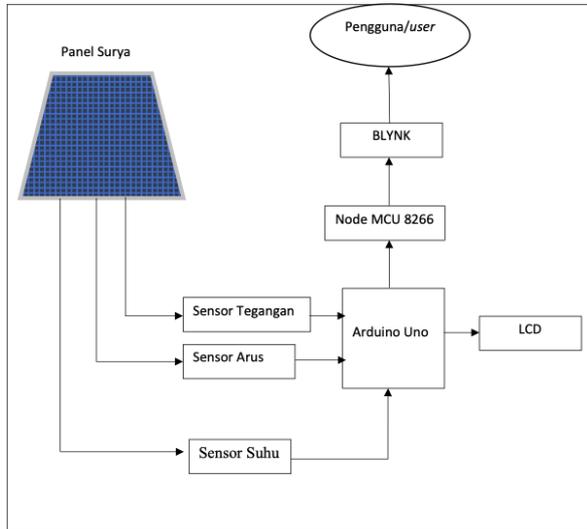


Gbr. 1 Diagram alir penelitian

Teknik Pengolahan data dalam penelitian ini meliputi reduksi data untuk mengurangi atau memilah-milah data yang sesuai dengan topik dimana data tersebut dihasilkan dari penelitian dalam hal ini data radiasi matahari, suhu permukaan panel, arus dan tegangan listrik yang diproduksi oleh panel surya. Tahapan terakhir adalah perancangan sistem sesuai dengan data-data yang telah diperoleh diantaranya radiasi matahari, suhu, dan kelembaban udara. Adapun gambaran rancangan Sistem Monitoring Daya Listrik Panel Surya Dengan Penerapan Internet of Things (IoT) ditunjukkan pada Gambar 2.

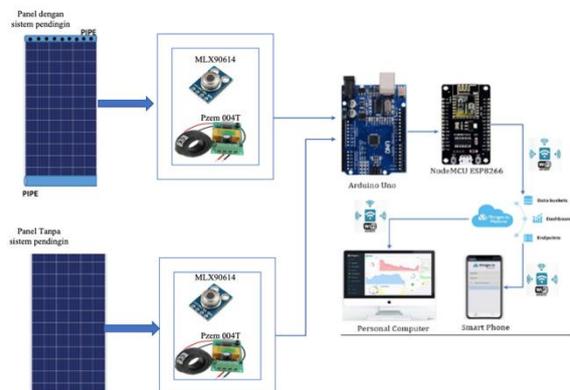
Pada perancangan ini, sensor suhu MLX90614 akan ditempatkan dibawah permukaan panel surya untuk membaca suhu panel surya. Sedangkan sensor arus dan tegangan akan dipasang pada kabel keluaran dari panel surya. Hasil monitoring dari kedua sensor ini akan diproses oleh Arduino dan akan ditampilkan pada LCD sehingga pengguna dapat memonitoring secara langsung pada lokasi dimana panel tersebut ditempatkan. Sedangkan untuk monitoring jarak jauh, data hasil pembacaan dari sensor ini akan dikirimkan ke modul Node MCU8266 yang kemudian akan ditransmisikan melalui jaringan internet.

Modul Node MCU8266 akan terkoneksi dengan aplikasi BLYNK sebagai receiver atau penerima.



Gbr. 2 Diagram perancangan sistem monitoring suhu dan daya listrik panel surya

Aplikasi BLYNK dapat diinstal pada laptop atau handphone sebagai media monitoring dari panel surya. Karena penelitian ini akan diaplikasikan pada penelitian yang telah dilakukan pada tahun 2023 seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, maka sistem monitoring ini akan dipasang pada 2 keadaan panel surya yaitu panel surya yang telah dilengkapi dengan sistem pendingin water sprayer dan panel surya tanpa sistem pendingin. Secara keseluruhan, perancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 3.



Gbr. 3 Perancangan sistem monitoring daya listrik pada panel surya dengan penerapan internet of things (IoT)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN  
Perancangan Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Panel Surya Dengan Penerapan Internet of Things (IoT) ini dibagi menjadi 2 bagian utama yaitu perancangan mounting panel surya sebagaiudukan panel dan perancangan kelistrikan meliputi sistem pengontrolan dan sensor menggunakan Arduino.

A. Perancangan Mounting Panel Surya

Perancanganudukan panel surya menggunakan besi kotak Galvanis hollow dengan ukuran 40 x 60 mm. Tinggi dariudukan panel ini adalah 40 cm. Dudukan panel ini akan ditempatkan 2 buah panel tipe monocrystalline dengan kapasitas masing-masing panel adalah 60 WP. Salah satu panel ini akan dilengkapi dengan sistem pendingin yaitu penyiraman air pada permukaan panel surya dan yang satu lagi tanpa pendingin. Berikut ini adalah hasil perancangan mounting panel surya. Pada perancanganudukan panel ini, dibuat pada sudut kemiringan 150 diposisikan menghadap ke bagian utara. Dipilihnya posisi dan sudut kemiringan ini karena pada posisi inilah panel surya akan mendapatkan penyiraman paling optimal untuk kondisi keadaan geografis di NTT [6]. Berikut ini adalah hasil rancanganudukan dan kemiringan panel surya.



Gbr. 4 Perancangan mounting panel surya



Gbr. 5 Penempatan kemiringan panel surya

Berikut ini adalah data spesifikasi dari kedua modul surya yang digunakan:

Daya Maksimum (Pmax)	: 60 W
Tegangan Maximum (Vmp)	: 18.76 V
Arus Maximum (Imp)	: 2.73 A
Tegangan terbuka (Voc)	: 20.86 V
Arus hubung Singkat (Isc)	: 3.05 A
Teknologi Sell	: Mono-Si
Berat	: 3.8 kg
Dimensi (mm)	:540x680x30 mm

### B. Perancangan Sensor dan Arduino

Sistem monitoring ini akan dilengkapi dengan sensor arus ACS712, Modul sensor tegangan, dan sensor suhu MLX90614, sehingga dapat dilihat pengaruh suhu panel terhadap arus dan tegangan keluaran dari panel surya. Ketiga sensor ini akan diproses di Arduino kemudian akan dikirim ke user menggunakan modul Node MCU8266 yang terkoneksi dengan jaringan Wifi. Berikut ini adalah hasil perancangan Arduino dan sensor. Pada bagian panel yang dilengkapi dengan sistem pendingin water sprayer, akan ditentukan suhu ideal panel suray pada suhu 25°C [7]. Jadi ketika suhu berada di atas 25°C maka pompa akan secara otomatis menyala. Begitupun sebaliknya, ketika penurunan suhu panel akibat system pendingin berbasis water sprayer memiliki nilai dibawah dari 25°C, maka pompa akan secara otomatis berhenti. Berikut ini adalah perancangan sensor dan Arduino serta tampilan interface dari sistem monitoring Blynk.



Gbr. 6 Perancangan dan pemrograman sensor dan tampilan hasil monitoring blynk

### C. Pengujian Kinerja Sistem

Pengujian dilakukan selama 1 minggu (7 hari) dimulai dari pukul 08.00 sampai dengan

pukul 16.00. Masing – masing panel surya akan dihubungkan dengan beban lampu sorot DC 12V/50 Watt sehingga data yang akan diukur adalah suhu pada panel, Arus Maksimum (Imp), dan tegangan maksimum (Vmp). Tabel pengujian berikut ini adalah hasil rekaman monitoring dari sistem selama satu minggu pengujian.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis IoT

Hari	Water Sprayer	T (°C)	Vmp (V)	Imp (A)	Pmax (Watt)	η (%)
1	Dengan	31,2	15,1	2,3	34,73	57,8
	Tanpa	31,2	14,4	2,1	30,24	50,4
2	Dengan	30,04	15,8	2,2	34,76	57,9
	Tanpa	33,53	13,2	1,9	25,08	41,8
3	Dengan	27,16	14,4	2,5	36	60
	Tanpa	38,47	13,6	1,5	20,4	34
4	Dengan	26,14	17,6	2,3	40,48	67,4
	Tanpa	40,5	14,8	2	29,6	49,3
5	Dengan	28,37	15,2	2,5	38	63,3
	Tanpa	41,52	13,3	1,7	22,61	37,6
6	Dengan	27,11	17,1	2,4	41,04	68,4
	Tanpa	38,9	15,4	1,3	20,02	33,3
7	Dengan	26,12	17,7	2,6	44,25	73,7
	Tanpa	39,71	14,4	1,9	27,36	45,6
Rata-rata						
Dengan Water Sprayer		28,02	16,1	2,4	38,46	64,1
Tanpa Water Sprayer		37,69	14,4	1,7	25,04	41,74

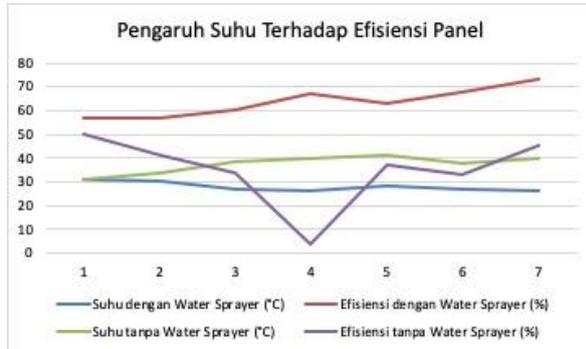
#### 1) Pengaruh Suhu Terhadap Efisiensi Panel

Data menunjukkan bahwa panel surya dengan water sprayer memiliki suhu rata-rata sekitar 28,02°C, sementara panel tanpa water sprayer mencapai suhu rata-rata 37,69°C. Penurunan suhu pada panel yang menggunakan water sprayer ini berdampak pada peningkatan efisiensi. Panel surya pada suhu yang lebih rendah mampu menjaga tegangan maksimum (Vmp) dan arus maksimum (Imp) lebih stabil, yang berkontribusi pada peningkatan daya maksimum (Pmax). Berikut Ini adalah grafik pengaruh suhu terhadap efisiensi panel surya:

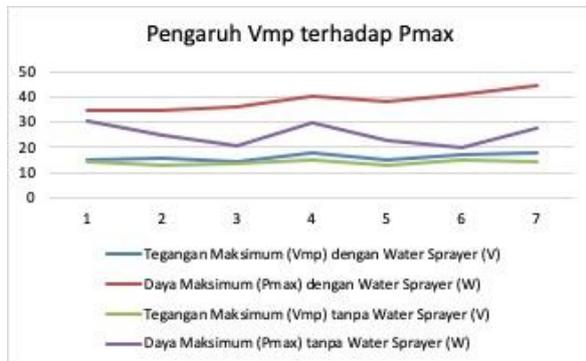
#### 2) Efisiensi Daya (Pmax) dan Tegangan Maksimum (Vmp)

Penggunaan water sprayer menghasilkan daya maksimum rata-rata sebesar 38,46 Watt dengan efisiensi sebesar 64,1%. Sebaliknya, tanpa water sprayer, daya rata-rata yang dihasilkan hanya mencapai 25,04 Watt dengan efisiensi 41,74%. Penggunaan water

sprayer meningkatkan efisiensi panel hingga 22,36% dibandingkan dengan panel tanpa water sprayer.



Gbr. 7 Grafik pengaruh suhu terhadap efisiensi panel surya



Gbr. 8 Grafik pengaruh Vmp terhadap Pmax

### 3) Konsistensi Arus Maksimum (Imp)

Pada panel yang menggunakan water sprayer, arus maksimum rata-rata (Imp) tercatat sebesar 2,4 A, lebih tinggi dibandingkan dengan arus maksimum panel tanpa water sprayer yang hanya mencapai 1,7 A. Arus yang lebih tinggi ini berkontribusi terhadap peningkatan daya output, yang merupakan indikator penting dalam menunjukkan peningkatan kinerja panel surya.

### 4) Efektivitas Water Sprayer

Water sprayer terbukti efektif dalam menurunkan suhu permukaan panel, meningkatkan efisiensi dan daya keluaran panel. Pengurangan suhu ini membantu panel beroperasi lebih dekat pada kondisi optimalnya, menghasilkan lebih banyak energi yang berguna. Penurunan suhu sekitar 9,67°C memberikan dampak positif pada

peningkatan daya sekitar 13,42 Watt atau sekitar 22,36% dalam efisiensi daya yang dihasilkan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji sistem monitoring panel surya berbasis IoT dengan sistem pendinginan otomatis menggunakan water sprayer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pendinginan dapat menurunkan suhu panel secara signifikan, sehingga meningkatkan efisiensi daya hingga 22,36%. Sistem IoT ini memungkinkan pemantauan data secara real-time melalui perangkat digital, meningkatkan akurasi data kinerja panel serta memudahkan evaluasi dalam kondisi cuaca yang beragam. Integrasi teknologi ini tidak hanya meningkatkan kinerja panel surya tetapi juga memberikan solusi praktis untuk kebutuhan energi terbarukan di wilayah dengan intensitas penyinaran tinggi.

### B. Saran

Sistem monitoring daya listrik panel surya berbasis IoT dalam penelitian ini memberikan kemudahan pemantauan kinerja panel secara real-time. Untuk meningkatkan efektivitasnya, disarankan agar sistem ini dilengkapi dengan teknologi manajemen energi yang memungkinkan pengaturan konsumsi daya sesuai kebutuhan beban dan kondisi cuaca. Penambahan sensor lain, seperti sensor kelembaban dan intensitas cahaya, dapat melengkapi data pengaruh lingkungan terhadap kinerja panel, memberikan wawasan yang lebih menyeluruh. Penggunaan teknologi IoT dengan jangkauan lebih luas dan latensi rendah juga direkomendasikan untuk memastikan kestabilan transmisi data, terutama pada instalasi di wilayah yang jauh dari akses internet.

Evaluasi berkelanjutan pada sistem pendinginan juga penting, sehingga konsumsi air dapat lebih efisien dan jadwal pendinginan dapat disesuaikan dengan kondisi cuaca harian. Dengan pengembangan ini, sistem monitoring diharapkan dapat mendukung pemanfaatan energi terbarukan

secara lebih optimal dan efisien di berbagai kondisi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada politeknik Negeri Kupang karena telah mendanai penelitian ini dari dana penelitian rutin Politeknik Negeri Kupang Tahun 2024.

#### REFERENSI

- [1] A. Warsito, E. Adriono, My. Nugroho, and B. Winardi, "Dipo Pv Cooler, Penggunaan Sistem Pendingin Temperatur Heatsink Fan Pada Panel Sel Surya (Photovoltaic) Sebagai Peningkatan Kerja Energi Listrik Baru Terbarukan," *Transient*, vol. 2, no. 3, pp. 499–503, 2013.
- [2] R. Hantoro et al., "Design and Implementation of Real-Time Monitoring System for Solar Power Plant in Surabaya, Indonesia," in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, Sep. 2020. doi: 10.1051/e3sconf/202019000034.
- [3] F. I. Pamungkas, "Sistem Monitoring Daya Listrik Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 236–245, 2022.
- [4] S. Tiwari and R. N. Patel, Real Time Monitoring of Solar Power Plant and Automatic Load Control. Allahabad, India: IEEE, 2015.
- [5] Pabiban Duma, Pae G Mychael, Gah M Ade, Dana Sumartini, and Rewu G R Yohana, "Peningkatan Efisiensi Panel Surya dengan Sistem Water Sprayer," *Seminar Nasional Energi Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO) 2023*, pp. 15–22, 2023, Accessed: Mar. 12, 2024. [Online]. Available: <https://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/sneto/article/view/2296>
- [6] ad Shidqy Aziz, "ANALISIS KEMIRINGAN PANEL SURYA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA TERHADAP HASIL DAYA," *Malang*, Mar. 2020. Accessed: Oct. 25, 2024. [Online]. Available: <https://vidya.wisnuwardhana.ac.id/index.php/vidya/article/view/137>
- [7] Z. Iqtimal, I. D. Sara, and D. Syahrizal, "APLIKASI SISTEM TENAGA SURYA SEBAGAI SUMBER TENAGA LISTRIK POMPA AIR," vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [8] D. Dahliya, S. Samsurizal, and N. Pasra, "Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin," *SUTET*, vol. 11, no. 2, pp. 71–80, Dec. 2021, doi: 10.33322/sutet.v11i2.1551.