

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTYPE WATER SPRAY PEMBERSIH PANEL SURYA BERBASIS INTERNET OF THINGS

Rizki Dwi Yulianto<sup>\*)</sup>, Subuh Isnur Haryudo, Lusya Rahkmawati dan Tri Rijanto

Departemen Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia  
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

<sup>\*)</sup> E-mail: rizkidwi.20055@mhs.unesa.ac.id

### Abstrak

Energi Matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang dapat di rubah menjadi energi listrik menggunakan panel surya, Panel surya merupakan teknologi yang ramah lingkungan. Namun, ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi penurunan kinerja panel surya adalah iradiasi matahari, suhu panel surya, debu, pasir, kotoran, dan elemen lainnya. Konsep Internet of Things (IoT) mencakup ide untuk memperluas jaringan perangkat yang terhubung dengan internet guna mengontrol dan memonitor perangkat secara jarak jauh. Oleh sebab itu maka, pada penelitian ini akan merancang dan membuat prototype water spray pembersih panel surya berbasis Internet of Things (IoT). Hasil pengujian panel surya selama tiga hari, nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya memiliki perbedaan, dimana nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya dengan sistem pembersih memiliki nilai tegangan rata-rata 14,37 volt dan arus rata-rata 0,89 amper, Sedangkan panel surya tanpa sistem pembersih memiliki nilai tegangan rata-rata 13,77 volt dan arus rata-rata 0,77 amper. Panel surya dengan sistem pembersih memiliki peningkatan tegangan rata-rata 4,97%. Dalam jangka panjang selisih tegangan dan peningkatan tegangan akan semakin besar dikarenakan bertambahnya penumpukan kotoran akan mengakibatkan pengurangan daya serap pada panel tersebut pada panel surya tanpa sistem pembersih.

*Kata kunci: ESP32, Internet of Things, Panel Surya*

### Abstract

*Solar energy is one of the renewable energies that can be converted into electrical energy using solar panels, solar panels are an environmentally friendly technology. However, there are several factors that can affect the decline in the performance of solar panels are solar irradiation, solar panel temperature, dust, sand, dirt, and other elements. The Internet of Things (IoT) concept encompasses the idea of expanding the network of internet-connected devices to remotely control and monitor devices. Therefore, this research will design and make a prototype water spray solar panel cleaner based on the Internet of Things (IoT). The results of testing solar panels for three days, the voltage and current values produced by solar panels have differences, where the voltage and current values produced by solar panels with a cleaning system have an average voltage value of 14.37 volts and an average current of 0.89 amperes, while solar panels without a cleaning system have an average voltage value of 13.77 volts and an average current of 0.77 amperes. Solar panels with cleaning systems have an average voltage increase of 4.97%. In the long run, the voltage difference and voltage increase will be greater because the increase in dirt buildup will result in a reduction in the absorption capacity of the panel on solar panels without a cleaning system.*

*Keywords: ESP32, Internet of Things, Solar Panel*

### 1. Pendahuluan

Ketersediaan energi memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia sehari-hari. Energi dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu energi terbarukan dan energi tidak terbarukan[1]. Energi surya merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai cadangan energi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, dan dapat diaplikasikan di Indonesia karena negara ini beriklim tropis yang mendapatkan sinar matahari yang cukup pada setiap tahunnya. Keuntungan

dari penggunaan energi surya antara lain adalah aspek ramah lingkungan tidak menimbulkan polusi atau limbah saat proses konversi energi surya menjadi energi listrik, ketersediaan di mana saja, dan sifatnya yang tidak akan pernah habis[2].

Panel surya adalah perangkat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Cara kerja panel surya menggunakan serangkaian sel surya yang menyerap sinar matahari. Yang dapat mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik. Struktur panel surya terdiri dari

lapisan silikon yang memiliki sifat semikonduktor, anti reflektif, dan konduktor logam yang kuat. Panel surya merupakan teknologi yang ramah lingkungan [3].

Namun, ada beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi penurunan kinerja panel surya adalah iradiasi matahari, suhu panel surya, debu, pasir, kotoran, dan elemen lainnya. Pertama, energi yang dihasilkan panel surya menurun seiring menurunnya iradiasi matahari. Kedua suhu yang tinggi pada permukaan panel surya sebagai akibat paparan sinar matahari secara terus menerus pada permukaan panel surya mengakibatkan penurunan daya listrik yang dihasilkan setiap 1 °C, mulai dari 25 C akan mengurangi daya keluaran panel surya sekitar 0,5% penurunan efisiensi. Ketiga kotoran partikel-partikel yang menempel pada permukaan panel surya karena pergerakan angin, dan jika menutupi luas permukaan, mereka dapat menghalangi intensitas sinar matahari yang masuk, mengakibatkan penurunan daya yang dihasilkan dan efisiensi panel surya.[4][5][6][7]. Konsep Internet of Things (IoT) mencakup ide untuk memperluas jaringan perangkat yang terhubung dengan internet serta dapat saling berbagi data secara real-time guna mengontrol dan memonitoring perangkat secara jarak jauh[8].

Penelitian mengenai alat pembersih panel surya telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Kusuma dkk.[9] Pada penelitian ini membuat alat pembersih panel surya menggunakan wiper sebagai pembersihnya dan penyemprotan air ke permukaan solar panel. Rancangan teknologi yang dibuat dalam penelitian ini bekerja berdasarkan sensor debu dan pengaturan waktu yang telah ditetapkan saat pagi dan sore hari. Rancangan ini bekerja berdasarkan sistem elektronik yang dikendalikan berdasarkan perintah dari mikrokontroler arduino uno yang dilengkapi dengan sensor debu GP2Y1010AU0F dan real time clock (RTC) DS3231. Namun, pada penelitian ini masih belum menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Penelitian lain yang dilakukan oleh Wicaksono dkk.[10] pada penelitian ini, mengadopsi prinsip wiper cleaning pada mobil, penelitian dilakukan dengan menambahkan perangkat Internet of Things (IoT) sebagai kendali tanpa kabel (wireless) untuk mempermudah perawatan panel surya terutama pada instalasi rooftop. Perangkat IoT yang dikombinasikan pada perangkat seluler untuk pengaturan jarak jauh secara real time.

Berdasarkan latar belakang dan dari beberapa penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini akan merancang dan membuat prototype water spray pembersih panel surya berbasis Internet of things (IoT). Penelitian ini merupakan inovasi dengan mengintegrasikan teknologi IoT pada alat pembersih panel surya sebagai interface monitoring. Penelitian ini menggunakan sensor INA219 untuk mengukur arus dan tegangan pada panel surya, Selain itu, penelitian ini menggunakan modul RTC

(Real Time Clock) sebagai pembacaan waktu yang akan digunakan untuk penjadwalan otomatis pada alat. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai kontrol utama yang dapat terhubung dengan platform IoT. Hasil pembacaan sensor INA219 dan modul RTC (Real Time Clock) akan diproses ESP32 dan dikirimkan ke internet untuk di tampilkan pada web server Blynk dan aplikasi Blynk. Alat ini dapat bekerja secara otomatis dan memunculkan notifikasi pada aplikasi Blynk jika alat bekerja. serta dapat memonitoring arus dan tegangan dari jarak jauh menggunakan website dan aplikasi android secara real-time.

### **1.1. Panel Surya**

Panel sel surya adalah lapisan tipis bahan semikonduktor, termasuk silikon murni (Si) dan semikonduktor lainnya. Energi dari sinar matahari yang diserap oleh panel surya ini akan menghasilkan listrik arus searah (DC), yang dapat diubah menjadi listrik arus bolak-balik (AC) jika diperlukan. Yang terpenting, panel surya akan terus menghasilkan listrik bahkan ketika cuaca mendung selama masih ada cahaya."[11].



**Gambar 1. Panel Surya**

### **1.2. ESP32**

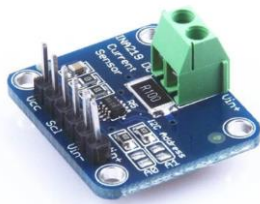
Mikrokontroler ESP32 adalah salah satu perangkat mikrokontroler yang memiliki fitur yang lengkap, terutama dalam mendukung pengelolaan data dan komunikasi antar perangkat. Sebagai penerus dari Mikrokontroler ESP8266, ESP32 dilengkapi dengan fasilitas tambahan, seperti modul wifi yang terintegrasi dalam chip, yang sangat mendukung pembuatan sistem mikrokontrol sendiri untuk mengontrol dan mengelola data yang diterima.[12]



**Gambar 2. ESP32**

### 1.3. Sensor INA219

Sensor INA219 beroperasi pada rentang daya input 3 hingga 5,5 volt. Sensor ini memiliki prinsip kerja dengan menghitung nilai arus yang terdapat pada sambungan seri pada sumber blok terminal Vin+ dan Vin-. Pin-pin tersebut dapat dihubungkan dengan modul NodeMCU ESP agar dapat mengukur parameter arus dan tegangan secara bersamaan. Proses pengukuran parameter tersebut menggunakan pin komunikasi serial Scl dan Sda[13].



Gambar 3. Sensor INA219

### 1.4. RTC (Real Time Clock)

RTC (Real Time Clock) adalah perangkat semikonduktor yang memiliki tingkat konsumsi daya yang rendah. Fungsi RTC adalah menyediakan data waktu dalam format detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun, serta menyimpan informasi yang dapat diprogram. Keunggulan chip RTC ini terletak pada kemampuannya menghitung waktu dengan akurasi hingga tahun 2100. Selain itu, berbagai interface IC-IC yang dimilikinya memudahkan untuk mengintegrasikan chip ini dengan mikrokontroler yang memiliki berbagai macam periferal yang terintegrasi, sehingga memungkinkan penggunaan yang fleksibel dan koneksi yang mudah[14].



Gambar 4. RTC (Real Time Clock)

### 1.5. Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah serangkaian sensor yang terhubung ke internet dan beroperasi layaknya internet dengan membentuk koneksi terbuka setiap saat dan dapat saling berbagi data secara real-time. IoT, atau yang sering disebut sebagai internet of things, memberikan berbagai manfaat, seperti Peningkatan Keterlibatan Pelanggan, Optimalisasi Teknis, dan Pengurangan Pemborosan[8].

### 1.6. Blynk

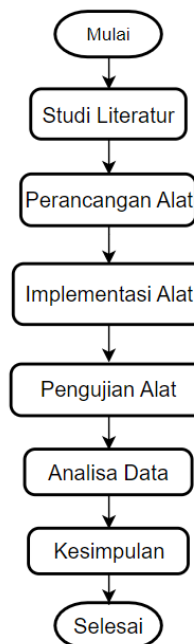
Blynk adalah layanan aplikasi yang memungkinkan pengendalian mikrokontroler melalui internet, yang dapat diakses pada platform iOS dan Android. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memonitor perangkat dari jarak jauh, selama terhubung ke koneksi internet yang stabil. Selain itu, aplikasi ini dapat menampilkan data dari sensor. Blynk terdiri dari tiga komponen utama, yaitu aplikasi, server, dan library. Fungsi utama dari server Blynk adalah menangani semua komunikasi antara smartphone dan mikrokontroler [15].



Gambar 5. Aplikasi Blynk IoT

## 2. Metode

### 2.1. Diagram Tapan Penelitian



Gambar 6. Tahapan Penelitian

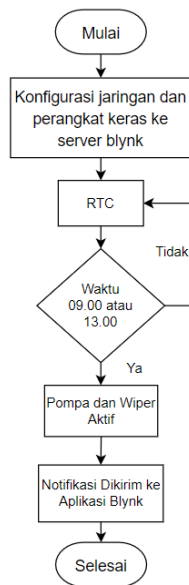
Dari Gambar diagram tahapan penelitian, dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. Studi literatur

Merupakan tahap awal dimana peneliti mencari referensi dari penelitian-penelitian terdahulu terkait dengan penelitian yang akan dilakukan untuk mempelajari dan memahami teori yang berhubungan dengan penelitian.

2. Perancangan alat  
Pada tahap ini meliputi pembuatan alat, perancangan hardware, dan perancangan software yang sudah terintegrasi dengan internet of things.
3. Implementasi alat  
Pada tahap ini merupakan tahap dimana prototype dibuat atau di wujudkan dalam bentuk prototype berdasarkan dari desain sistem dan desain alat.
4. Pengujian alat  
Setelah melewati beberapa tahap, maka dilakukan pengujian pada prototipe. Tahap ini merupakan tahap akhir dari proses perancangan dan pembuatan prototipe water spray pembersih panel surya berbasis internet of things. Apakah prototype dapat bekerja dengan baik sesuai dengan program.
5. Analisa data  
Analisis data merupakan proses pengumpulan data yang diperoleh dari kinerja alat pembersih panel surya.
6. Kesimpulan  
Kesimpulan merupakan ringkasan dari hasil penelitian. Dari hasil analisis data yang dilakukan pada saat pengujian alat.

Pengujian sistem bertujuan untuk menguji alat yang dibuat apakah dapat beroperasi dengan baik dan sesuai dengan rancangan sebelumnya. Pengujian sistem dapat dilihat pada gambar flowchart sistem.

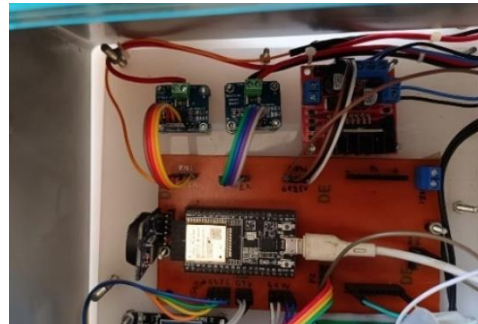


Gambar 7. FlowChart Sistem

Kinerja sistem merupakan, dimana mengkoneksikan perangkat mikrokontroler pada server blynk dan jaringan

internet, modul RTC membaca waktu, pompa dan wiper akan bekerja pada waktu yang telah ditentukan, kemudian notifikasi alat bekerja dikirimkan pada aplikasi blynk.

Prototype alat dibuat menggunakan box berukuran 18,5 cm x 12,5 cm x 26,5 cm. Dimana di dalam box terdiri dari ESP32, Modul RTC (Real Time Clock), Sensor arus dan tegangan INA219, Modul zRelay 2 chanel, dan Modul Driver motor L2195N. Sedangkan pada luar box terdapat motor penggerak wiper pada panel surya.

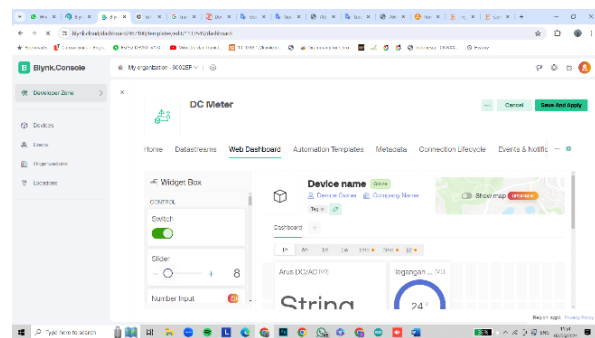


Gambar 8. Desain Mikrokontroler



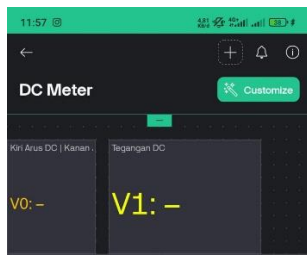
Gambar 9. Alat Pembersih Panel Surya

Desain pada web server blynk, dimana proses ini membuat display yang akan dimonitoring dan membungkus pada virtual kode pada program mikrokontroler ke server blynk.



Gambar 10. Desain Web Server Blynk

Desain tampilan monitoring arus dan tegangan pada aplikasi blynk yang terpasang pada smartphone.



Gambar 11. Desain Aplikasi Blynk

## 2.2. Analisis Data

Setelah melalui tahap pembuatan sistem hardware dan pemrograman, data yang akan diambil dari pengujian alat adalah keakuratan pembacaan sensor arus dan tegangan. Analisis data yang digunakan, yaitu membandingkan hasil tegangan dan arus pada panel surya yang menggunakan alat pembersih dan tidak menggunakan alat pembersih.

Pada pengujian sensor masih terdapat selisih nilai (error) sehingga dilakukan perhitungan nilai error dengan menggunakan rumus persamaan (1) berikut ini[16]:

$$\text{Presentase error} = \frac{|NS-NA|}{NA} \times 100\% \quad (1)$$

NS : Nilai Sensor

NA : Nilai Akurat

peningkatan tegangan pada panel surya dengan sistem pembersih dan tanpa sistem pembersih menggunakan persamaan (2) berikut ini[6]:

$$\text{Selisih} = V_{\text{total DP}} - V_{\text{total TP}} = \dots \text{ Volt} \quad (2)$$

$$\% \text{ Peningkatan } V = \frac{\text{Selisih } V_{\text{total DP}}}{V_{\text{total TP}}} \times 100\% = \dots \%$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

### A. Pengujian Alat

#### 1) Pengujian kinerja sensor

Pengujian dilakukan dengan 5 kali percobaan untuk mengetahui apakah suatu sensor dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan dengan mencatat hasil pengukuran sensor setiap kenaikan tegangan. Pengujian dilakukan pada tabel 1.

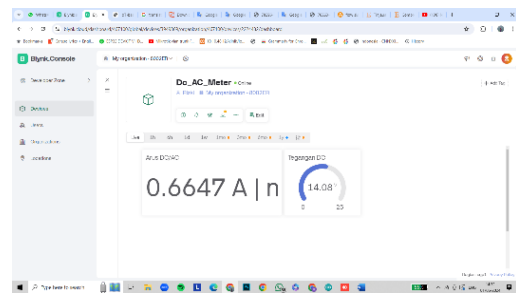
Tabel 1. Pengujian Sensor INA219

Tegangan	Sensor	Multimeter	Error
3 V	3,03 V	3,07 V	0,13 %
5 V	5,04 V	5,08 V	0,78 %
7 V	7,06 V	7,10 V	0,56 %
9 V	9,05 V	9,10 V	0,54 %
12 V	12,05 V	12,10 V	0,41 %
	Rata-rata		0,48 %

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 1. kemudian dihitung presentase error menggunakan persamaan (1). Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, sensor INA219 memiliki rata-rata nilai error tegangan senilai 0,48%. dengan hasil ini sensor INA219 baik untuk digunakan.

#### 2) Pengujian server Blynk

Untuk menentukan apakah server blynk cloud dapat memperoleh dan mengirimkan data yang dihasilkan ESP32 untuk pemantauan online dan real-time, penelitian yang dilakukan menggunakan Blynk IoT.



Gambar 12. Pengujian Web Server Blynk

#### 3) Pengujian koneksi pada aplikasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa aplikasi Blynk dapat menampilkan data dari alat yang telah dibuat. Dan terdapat lampu indikator hijau menyala menunjukkan koneksi aplikasi sudah terhubung dengan internet.



Gambar 13. Pengujian Pada Aplikasi Blynk

### B. Pengambilan Data

Data dapat dipantau secara real-time dan online menggunakan server atau aplikasi. Data ini terdiri dari arus dan tegangan pada panel surya. Pengambilan data dilakukan dengan membandingkan hasil output arus dan tegangan pada panel surya yang menggunakan sistem pembersih dan tanpa sistem pembersih. Pengambilan data dilakukan selama 3 hari dan diambil nilainya setiap 1 jam sekali, pengujian pada hari ke-1 dapat dilihat pada tabel 2.

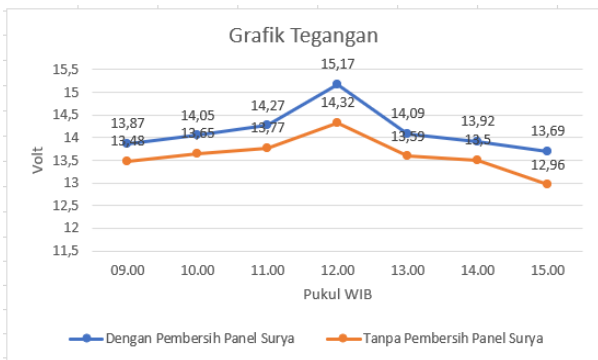


**Tabel 2. Pengujian Panel Surya Hari Ke-1**

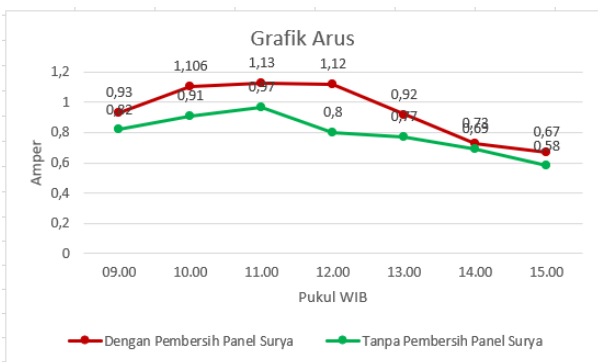
WIB Waktu	Dengan Pembersih		Tanpa Pembersih	
	Tegangan	Arus	Tegangan	Arus
09.00	13,87 V	0,93 A	13,48 V	0,82 A
10.00	14,05 V	1,10 A	13,65 V	0,91 A
11.00	14,27 V	1,13 A	13,77 V	0,97 A
12.00	15,17 V	1,12 A	14,32 V	0,8 A
13.00	14,09 V	0,92 A	13,59 V	0,77 A
14.00	13,92 V	0,73 A	13,5 V	0,69 A
15.00	13,69 V	0,67 A	12,96 V	0,58 A
Rata-rata	99,06 V	0,93 A	94,66 V	0,82 A

Berdasarkan data pada tabel 2. Hasil Pengujian pada panel surya dengan menggunakan pembersih didapatkan total tegangan panel surya sebesar 99,06volt dengan tegangan rata-rata 14,15volt dan tegangan panel surya tanpa pembersih total tegangan sebesar 94,66 dengan rata-rata 13,47 volt.

Berdasarkan data pengujian pada tabel 2. Hasil pengujian kemudian dihitung menggunakan persamaan (2). Peningkatan tegangan dengan pembersih panel surya 4,64%, berikut merupakan grafik tegangan dan arus dari hasil pengujian pada hari ketiga pada gambar 14 dan 15.



**Gambar 14. Grafik Tegangan Pengujian Hari Ke-1**



**Gambar 15. Grafik Arus Pengujian Hari Ke-1**

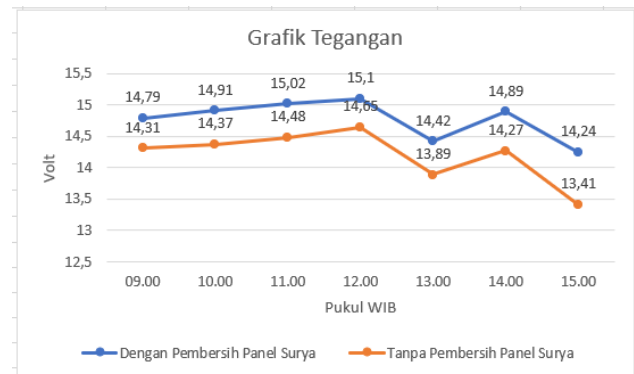
Pengujian Panel surya pada hari ke-2, dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3. Pengujian Panel Surya Hari Ke-2**

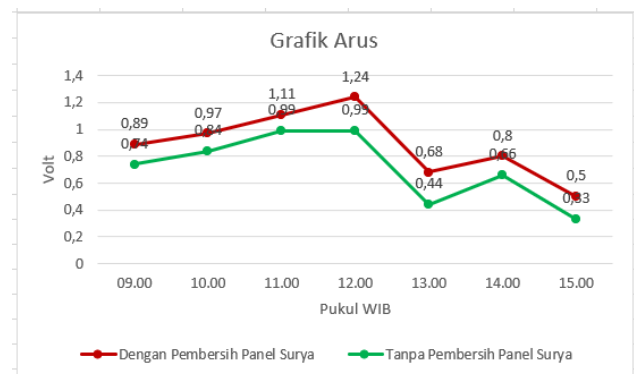
WIB Waktu	Dengan Pembersih		Tanpa Pembersih	
	Tegangan	Arus	Tegangan	Arus
09.00	14,79 V	0,89 A	14,31 V	0,74 A
10.00	14,91 V	0,97 A	14,37 V	0,84 A
11.00	15,02 V	1,11 A	14,48 V	0,99 A
12.00	15,1 V	1,24 A	14,65 V	0,99 A
13.00	14,42 V	0,68 A	13,89 V	0,44 A
14.00	14,89 V	0,80 A	14,27 V	0,66 A
15.00	14,24 V	0,50 A	13,41 V	0,33 A
Rata-rata	103,37 V	0,88 A	99,38 V	0,71 A

Berdasarkan data pada tabel 3. Hasil Pengujian pada panel surya dengan menggunakan pembersih didapatkan total tegangan panel surya sebesar 103,37volt dengan tegangan rata-rata 14,76volt dan tegangan panel surya tanpa pembersih total tegangan sebesar 99,38 dengan rata-rata 14,19 volt.

Berdasarkan data pengujian pada tabel 2. Hasil pengujian kemudian dihitung menggunakan persamaan (2). Peningkatan tegangan dengan pembersih panel surya 4,51%, berikut merupakan grafik tegangan dan arus pengujian pada hari kedua dapat dilihat pada gambar 16 dan 17.



**Gambar 16. Grafik Tegangan Pengujian Hari Ke-2**



**Gambar 17. Grafik Arus Pengujian Hari Ke-2**

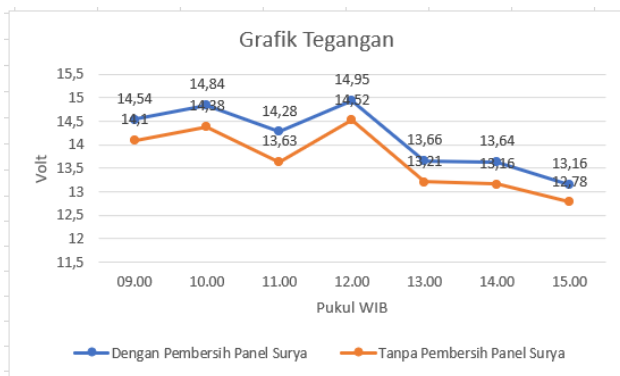
Pengujian pada Panel surya hari ke-3, dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Pada Panel Surya Hari Ke-3

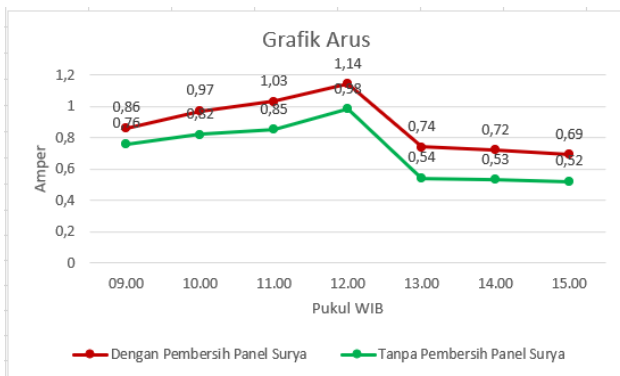
WIB Waktu	Dengan Pembersih		Tanpa Pembersih	
	Tegangan	Arus	Tegangan	Arus
09.00	14,54 V	0,86 A	14,1 V	0,76 A
10.00	14,84 V	0,97 A	14,38 V	0,82 A
11.00	14,28 V	1,03 A	13,63 V	0,85 A
12.00	14,95 V	1,14 A	14,52 V	0,98 A
13.00	13,66 V	0,74 A	13,21 V	0,54 A
14.00	13,64 V	0,72 A	13,16 V	0,53 A
15.00	13,16 V	0,69 A	12,78 V	0,52 A
Rata-rata	99,51 V	0,86 A	95,78 V	0,76 A

Berdasarkan data pada tabel 4. Hasil Pengujian pada panel surya dengan menggunakan pembersih didapatkan total tegangan panel surya sebesar 99,51 volt dengan tegangan rata-rata 14,21 volt dan tegangan panel surya tanpa pembersih total tegangan sebesar 95,58 Volt dengan rata-rata 13,65 volt.

Berdasarkan data pengujian pada tabel 4. Hasil pengujian kemudian dihitung menggunakan persamaan (2). Peningkatan tegangan dengan pembersih panel surya 4,11%, berikut merupakan grafik pengujian tegangan dan arus pada hari ketiga pada gambar 18 dan 19.



Gambar 18. Grafik Tegangan Pengujian Hari Ke-3



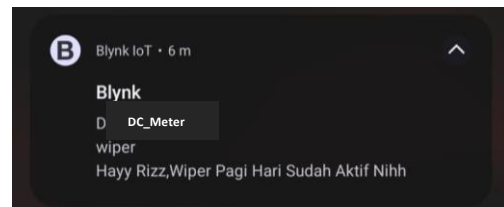
Gambar 19. Grafik Arus Pengujian Hari Ke-3

### C. Kinerja Sistem Pembersih

Kinerja sistem pembersih panel surya Berdasarkan tabel memperlihatkan kinerja sistem pembersih pada panel surya, dimana sistem pembersih bekerja pada waktu yang telah ditentukan. Sistem pembersih ini bekerja dengan menyemprotkan air pada permukaan panel surya dan wiper bekerja untuk membersihkan sisa air pada permukaan panel surya dan mikrokontroler akan mengirimkan notifikasi pada aplikasi. Hasil kinerja alat dapat dilihat pada gambar 14 dan tabel 5.

Tabel 5. Kinerja Sistem Pembersih

Pukul (WIB)	Wiper	Pompa	Lampu	Notifikasi
08.00	OFF	OFF	OFF	Tidak
09.00	ON	ON	ON	Ya
10.00	OFF	OFF	OFF	Tidak
13.00	ON	ON	ON	Ya



Gambar 20. Notifikasi Pada Aplikasi Blynk

### D. Monitoring Pada Web dan Aplikasi

Sistem pembersih panel surya pada sistem monitoring dan notifikasi sudah terintegrasi dengan Internet of Things memperlihatkan bagaimana konsep komunikasi Internet of Things yang sudah terintegrasi dengan sistem telah bekerja dengan baik menggunakan aplikasi blynk, sehingga monitoring sistem dapat dilakukan dari jarak jauh. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada sistem berupa data-data monitoring menggunakan aplikasi blynk yaitu data nilai tegangan dan arus keluaran panel dan notifikasi pada aplikasi jika alat bekerja. Beberapa pengujian ini dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 21. Monitoring Pada Aplikasi Blynk IoT

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan selama penelitian ini, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil antara lain, Sistem pembersih panel surya dengan tanpa sistem pembersih panel surya memiliki perbedaan dari nilai tegangan dan arus yang dihasilkan. Pada panel surya yang menggunakan pembersih memiliki rata-rata nilai tegangan dan arus yang lebih tinggi panel surya yang menggunakan pembersih. Sistem pembersih panel surya memiliki nilai rata-rata 14,37 Volt dan arus rata-rata 0,89 Amper sedangkan panel surya tanpa sistem pembersih memiliki nilai tegangan rata-rata 13,77 Volt dan arus rata-rata 0,76 amper. Panel surya dengan sistem pembersih memiliki peningkatan tegangan rata-rata 4,41%. Dalam jangka panjang tentu akan semakin besar perbedaan output dari panel surya, dikarenakan jika semakin banyak kotoran penumpuk pada permukaan panel surya yang akan mengakibatkan pengurangan daya serap pada panel tersebut.

Saran untuk penelitian selanjutnya menggunakan aplikasi Internet of Things yang berbeda agar tidak terbatas vitur dan interface lainnya.

#### Referensi

- [1]. 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>.
- [2]. I. T. Yuniastuti *et al.*, "Optimasi Perancangan Solar Cell Cleaner Menggunakan Wiper," *Semin. Nas. Has. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. LPPM UNIPMA Tahun 2023 juga*, pp. 38–45, 2023.
- [3]. I. B. G. Widiyantara and N. Sugiarta, "Pengaruh Penggunaan Pendingin Air Terhadap Output Panel Surya Pada Sistem Tertutup," *Matrix J. Manaj. Teknol. dan Inform.*, vol. 9, no. 3, pp. 110–115, 2019, doi: 10.31940/matrix.v9i3.1582.
- [4]. L. D. Jathar *et al.*, "Comprehensive review of environmental factors influencing the performance of photovoltaic panels: Concern over emissions at various phases throughout the lifecycle," *Environ. Pollut.*, vol. 326, no. March, p. 121474, 2023, doi: 10.1016/j.envpol.2023.121474.
- [5]. N. S. Gunawan, N. I.N, and R. Irawati, "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 26,4 KWP Pada Sistem Smart Microgrid UNUD," *SPEKTRUM Univ. Udayana*, vol. 6, no. September, pp. 1–9, 2019.
- [6]. Abdullah, M. Putri, J. Irani, F. Nova Hulu, and Cholist, "Sistem Pendinginan Permukaan Panel Surya Dalam Optimalisasi Kerja Panel Surya Dengan Monitoring Internet of Things," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, 2023, doi: 10.30596/rele.v6i1.15491.
- [7]. H. Isyanto, M. Azra, K. Batubara, and D. Almanda, "Perancangan Alat Pembersih Panel Surya Berbasis Internet of Things," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 6, no. 2, pp. 125–132, 2023.
- [8]. H. H. Rumahorbo and T. Dewayanto, "Pengaruh Transformasi Digital: Kecerdasan Buatan dan Internet of Things Terhadap Peran dan Praktik Audit Internal: Systematic Literature Review," *Diponegoro J. Account.*, vol. 12, pp. 1–14, 2023.
- [9]. M. R. W. Kusuma, E. Apriaskar, and D. Djunaidi, "Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis Pada Solar Panel Menggunakan Wiper Berbasis Mikrokontroler," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 19, no. 01, pp. 23–32, 2020, doi: 10.31358/techn.v19i01.220.
- [10]. D. A. Wicaksono, F. Fitriana, S. Ariyani, R. Nurwahyudin, and F. A. Ajie, "Peningkatan Efisiensi Panel Surya pada Instalasi Rooftop berbasis Internet Of Things (IoT)," *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 3, no. 2, pp. 104–110, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/ELKOM/article/view/5869>.
- [11]. P. Pawitra, T. Dharma, M. F. Zambak, and P. Harahap, "Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP," *J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 48–54, 2021.
- [12]. J. Susanto, M. Aji Wahyu, I. Q. Supardi, and Y. . Apatya Adypaka, "Sistem Monitoring Suhu Block Hater Sealing Pada Mesin Packaging Berbasis IOT Menggunakan Mikrokontroler ESP32," *J. Inkofar*, vol. 7, no. 2, pp. 174–183, 2023.
- [13]. D. H. Wicaksono, D. Djuniadi, and E. Apriaskar, "Monitoring Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis Internet of Things," *J. Teknol. Elektro*, vol. 14, no. 2, p. 118, 2023, doi: 10.22441/jte.2023.v14i2.010.
- [14]. A. Sinaga and Aswardi, "Rancangan Alat Penyiram Dan Pemupukan Tanaman Otomatis Menggunakan RTC Dan Soil Moisture Sensor Berbasis Arduino," *J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 150–157, 2020.
- [15]. Fadilah, Sofiah, and A. Rikardo, "Analisis Kerja LVD (Low Voltage Disconnect) Multisistem Pada Akumulator 12 Volt Pada Panel Surya," *J. Surya Energi*, vol. 07, no. 02, pp. 54–59, 2023.
- [16]. A. Wisnu, A. Kristanto, S. T. Elektro, F. Teknik, and U. N. Surabaya, "Pemodelan Automatic Transfer Switch (ATS) Pada System Smartgrid Pembangkit Photovoltaic," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, pp. 351–360, 2022.