

## **Sistem Monitoring Pendinginan Panel Surya Menggunakan Uap Air Berbasis IoT**

### ***Solar Panel Cooling Monitoring System Using Water Vapor Based on IoT***

**Ajeng Bening Kusumaningtyas<sup>1</sup>, Dezetty Monika<sup>2</sup>, David Alpriando Sihite<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta,  
Jl. Prof.Dr.GA Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16425

[Ajeng.beningkusumaningtyas@elektro.pnj.ac.id](mailto:Ajeng.beningkusumaningtyas@elektro.pnj.ac.id)

#### **ABSTRAK**

Panel surya memiliki suhu efektifitas maksimum, yang dimana apabila suhu permukaan panel surya terlalu panas, maka dapat menurunkan kemampuan panel surya dalam menghasilkan daya listrik. Sistem IOT berfungsi untuk memonitoring data dari system pendinginan yang ada di solar panel. Selain itu, monitoring berfungsi untuk memaksimalkan kinerja pendingin karena alat bekerja secara otomatis berdasarkan hasil pengukuran suhu yang didapatkan dan juga kecepatan kipas pendingin dapat diatur dari jarak jauh. Monitoring pada alat pendingin panel surya menggunakan NodeMCU ESP8266, Blynk dan Google Spreadsheet. Sensor yang digunakan pada alat ini yaitu sensor DHT22 untuk mengukur suhu, kelembapan dan sensor PZEM-004T untuk mengukur tegangan, arus dan daya Alternating Current (AC). Berdasarkan pengujian keakuratan sensor yang dilakukan, sensor DHT22 memiliki rata-rata persentase *error* sebesar 0,034% sedangkan pembacaan tegangan sensor PZEM-004T memiliki rata-rata persentase *error* sebesar 0,007% dan pembacaan arus sensor PZEM-004T memiliki rata-rata persentase *error* sebesar 0,210%. Dalam pengujian penurunan suhu panel surya menggunakan pendingin, rata-rata suhu yang dapat diturunkan selama 5 detik yaitu 0,15°C dan penurunan suhu selama 1 menit yaitu 1,271°C. Lama waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan panel surya dari suhu 45°C ke suhu <40°C yaitu 4-5 menit.

**Kata Kunci :** monitoring, IOT , pendinginan

#### ***ABSTRACT***

*Solar panels have an optimal temperature range, and if the temperature of the solar panel increases, its output power will decrease. The IoT system in this solar panel setup functions to monitor data from the solar panel. Parameters that will be monitored using IoT include voltage output, current, and power. The IoT system utilizes a NodeMCU ESP8266 processor, and the data output can be displayed on Google Spreadsheet and Blynk. Several sensors are integrated with NodeMCU ESP8266 as input components. The DHT22 sensor is used for measuring temperature and humidity in the solar panel, while the PZEM-004T sensor is used for measuring voltage, current, and power output. Based on accuracy tests, the DHT22 sensor has an average percentage error of 0.034%, the PZEM-004T sensor has an average percentage error of 0.007% as a voltage sensor, and 0.210% as a current sensor. According to the experimental results, using water vapor to decrease the temperature of the solar panel can lower the average temperature by 0.15°C in 5 seconds, 1.271°C in 1 minute, and reduce the temperature of the solar panel from 45°C to below 40°C within 4 to 5 minutes.*

**Keywords:** monitoring, IOT, cooling system

### 1. PENDAHULUAN

Energi matahari adalah salah satu energi baru terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menghasilkan listrik. Teknologi yang digunakan untuk memanfaatkan intensitas panas matahari sebagai sumber energi listrik yaitu panel surya [1].

Panel surya (*photovoltaic*) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Walaupun panel surya memanfaatkan intensitas matahari, perlu diperhatikan bahwa terdapat suhu maksimum pada panel surya yang dimana suhu ini dapat mempengaruhi daya *output* yang dihasilkannya. Apabila suhu panel surya terlalu panas, maka dapat menurunkan kinerja dan kemampuannya dalam menghasilkan daya listrik [2]. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut diperlukan sebuah alat pendingin untuk mengontrol suhu dari panel surya sehingga daya listrik yang dihasilkan dapat maksimal [3]. Dalam penelitian ini akan dibuat sebuah alat untuk menjaga efisiensi daya output dari panel surya dengan cara membuat rancang bangun sebuah alat pendingin pada panel surya secara otomatis. Media pendingin yang digunakan pada alat ini yaitu uap air. Ketika suhu permukaan panel tinggi, maka secara otomatis mist maker humidifier dan kipas akan aktif untuk menghasilkan uap air dan mendorong uap ke permukaan bawah panel sehingga uap mendinginkan panel surya. Selain itu, sistem pendingin juga dilengkapi dengan monitoring daya, arus, tegangan dan suhu keluaran yang dihasilkan dari panel surya. Sehingga memudahkan dalam melakukan pengecekan terhadap daya keluaran panel. *Internet Of Things (IOT)* pada alat ini berfungsi sebagai media penghubung atau proses sehingga sistem dapat bekerja secara otomatis. Dan juga digunakan sebagai media penghubung antara aplikasi smartphone dengan alat, sehingga hasil keluaran dari panel surya dapat dimonitoring apabila terdapat anomali terhadap keluaran panel surya

Monitoring daya *output* PLTS menggunakan *software* Blynk dan untuk *database* menggunakan *Google Spreadsheet*. Hasil pembacaan sensor akan masuk ke NodeMCU ESP8266, datanya diolah sehingga *output* dari ESP8266 akan tersambung ke Blynk dan *Google Spreadsheet*. Dengan bantuan *software* Blynk dapat memudahkan penulis dalam hal pengambilan data karena hasil pembacaan sensor dapat dipantau atau dimonitoring dari jarak jauh [4]. Begitu juga dengan hasil pembacaan di hari kemarin dapat dilihat kembali menggunakan *Google Spreadsheet*.

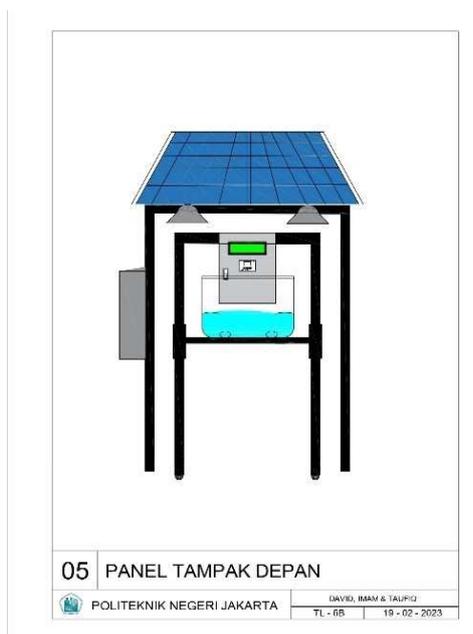
Komponen monitoring yang digunakan yaitu NodeMCU ESP8266, sensor DHT22 dan sensor PZEM-004T. NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai kendali yang terintegrasi dengan ROM, RAM, Prosesor dan I/O dalam satu modul serta dapat terintegrasi dengan internet. Modul ini memiliki isi utama yaitu ESP8266 32-bit 12E dan mikrokontroler ini dapat terkoneksi dengan WiFi [5]. Sensor DHT22 adalah gabungan sensor suhu dan kelembaban yang berfungsi untuk mengukur temperatur dan kelembaban lingkungan sekitar (*ambient*). Sensor DHT22 memiliki 3 pin antara lain pin VCC (+) sebagai pin tegangan *input*, pin GND (-) sebagai pin *ground* dan pin data yang berfungsi sebagai data *output* serial [6]. Sensor PZEM-004T adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur daya, arus, tegangan dan energi listrik AC. Pada sensor ini terdapat transformator arus berbentuk seperti clamp yang berfungsi untuk mengukur arus pada kabel salah satu *phase*. sensor PZEM-004T memiliki 8 terminal yaitu 4 terminal untuk *port* untuk komunikasi TTL serial (VCC, RX, TX dan GND). Sedangkan 4 terminal lagi adalah terminal yang terhubung ke sumber AC dan transformator arus [7].

*Software* yang digunakan untuk membuat kodingan program yaitu Arduino *Integrated Development Environment (IDE)*. Arduino IDE berfungsi sebagai *text editor* untuk membuat, mengedit, dan memvalidasi kode program sebelum diupload. Selain itu, *software* ini bisa digunakan untuk mengupload ke board mikrokontroler [8]. Penampil hasil pembacaan sensor menggunakan Blynk. Blynk adalah *platform* yang digunakan sebagai *interface* untuk mengendalikan atau memantau proyek *hardware* yang dapat diakses menggunakan perangkat Android atau iOS [9]. Sedangkan untuk penyimpan data pembacaan sensor (*database*) menggunakan *Google Spreadsheet*. *Google Spreadsheet* adalah sebuah *software* atau perangkat lunak berbasis *website* yang berfungsi untuk membuat tabel, perhitungan sederhana atau pengolahan data. Selain itu, *software* ini dapat melakukan kolaborasi antar pengguna dan seluruh data dapat tersimpan secara otomatis [10].

Tujuan dari penelitian ini adalah penggunaan sistem monitoring untuk sistem pendinginan PLTS dengan berbasis sistem IOT [11], [12], [13]. Dengan adanya monitoring ini diharapkan dapat memudahkan akses untuk pengambilan data secara otomatis dan juga dapat mengakses data secara jarak jauh. Dari data yang didapatkan dari hasil monitoring dapat menunjukkan waktu yang dibutuhkan panel untuk menurunkan suhu permukaannya sehingga panel surya dapat bekerja lebih optimal di suhu kerja yang efektif [14][15].

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah berdasarkan ekperimental. Tujuan penelitian ini penggunaan sistem monitoring untuk sistem pendinginan PLTS dengan berbasis sistem IOT. Dengan adanya monitoring ini diharapkan dapat memudahkan akses untuk pengambilan data secara otomatis dan juga dapat mengakses data secara jarak jauh. Penelitian dan pengujian dilakukan pada bulan Juli dan Agustus 2023. Model sistem terdiri dari rangkaian panel surya beserta batrai serta rangkaian panel kontrol. Rangkaian solar panel terdiri dari solar PV sebanyak satu buah panel tipe polycrystalin 50 Wp, terdapat 2 panel kontrol, panel PV dan uap air. Alat pengukuran yang digunakan adalah voltmeter DC dan Amperemeter DC untuk mengukur besaran tegangan dan arus panel. Sensor suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu pada permukaan panel surya. Beban panel surya adalah batrai dan 2 buah lampu 5 watt. Sistem pendinginan akan aktif jika sensor DHT22 mendeteksi adanya peningkatan pada suhu panel yang sudah di atur dalam blyink, sehingga sensor DHT22 akan memberi sinyal ke relay dan relay yang terbung untuk mengaktifkan mistmaker dan mengaktifkan kipas untuk mendorong uap air tersebut untuk mendinginkan bawah panel. Berikut ini adalah gambar rancangan sistem pendinginan pada PLTS berbasis IOT.



Gambar 1. Rancangan Sistem Pendinginan PLTS

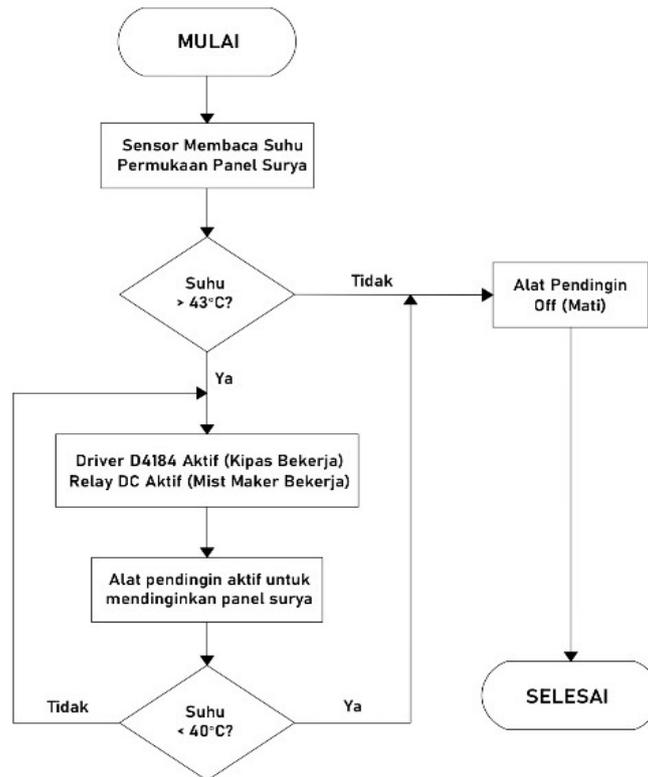
Pada Gambar 1 sistem pendinginan PLTS terdiri dari 2 kerangka yaitu rangkaian PLTS dan rangkaian kerangka pendingin. Ketika suhu panel surya yang terbaca lebih dari 43°C, maka sistem pendingin akan aktif untuk mendinginkan permukaan panel surya dan sistem pendingin akan (*off*) apabila suhu permukaan panel surya telah dibawah 40°C. Sistem pendinginan yang digunakan dengan cara mengubah air menjadi uap air dengan menggunakan *humidifier*, kemudian uap air akan disemburkan di bawah permukaan panel surya dengan bantuan kipas supaya pendinginan merata di seluruh solar panel. Data yang akan dimonitoring dari sistem pendinginan PLTS ini adalah data arus , tegangan , suhu dan daya output panel sebelum dan sesudah di dinginkan. Diharapkan dengan menurunnya suhu solar panel maka daya output akan meningkat.

Teknik pengumpulan data dilakukan menggunakan berbagai jenis sensor yang berfungsi sebagai alat ukur. Hasil pengukuran sensor dapat dilihat melalui *software* Blynk dan *Google Spreadsheet*. Adapun pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur seperti lux meter, multimeter, *thermo gun* dan sensor. Untuk parameter pengukuran yaitu sebagai berikut:

1. Pengukuran suhu dengan satuan derajat celcius (°C) dan kelembapan dengan satuan *Relative Humidity* (RH) menggunakan sensor DHT22 yang dipasang pada bagian bawah panel surya dan *thermo gun*.

## Sistem Monitoring Pendinginan Panel Surya ...

2. Pengukuran tegangan AC dengan satuan Volt (V), arus AC dengan satuan Ampere (A) dan daya AC dengan satuan Watt (W) menggunakan sensor PZEM-004T dan alat ukur seperti voltmeter dan tang amper



Gambar 2. Flowchart cara kerja monitoring

Pada Gambar 2 sensor suhu DHT22 yang diletakkan pada permukaan panel surya akan mengukur dan membaca suhu permukaan panel surya. Ketika suhu panel surya yang terbaca lebih dari 43°C, maka pendingin akan aktif untuk mendinginkan permukaan panel surya dan akan mati (*off*) apabila suhu permukaan panel surya telah dibawah 40°C.

- Deskripsi Alat

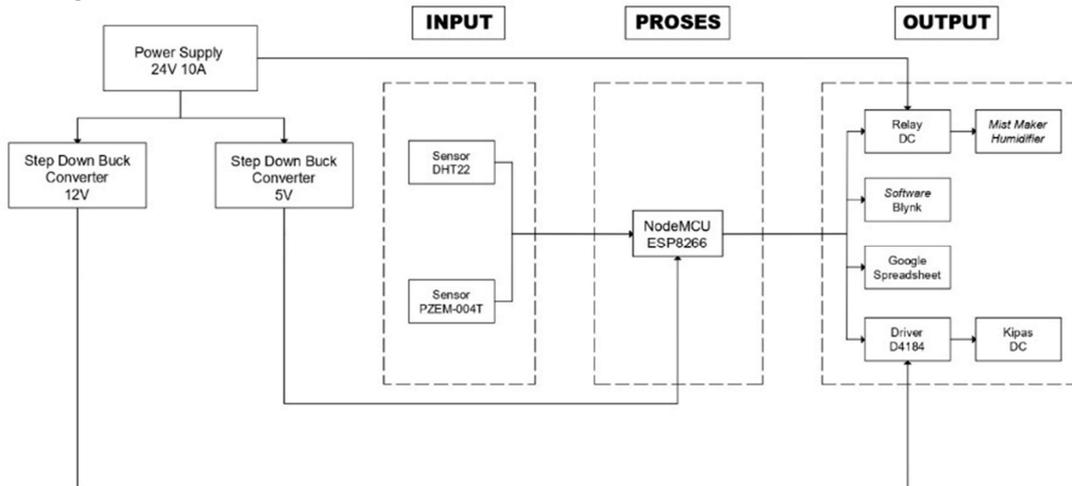
Monitoring alat pendingin panel surya otomatis menggunakan uap air berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan beberapa sensor seperti sensor suhu, sensor kelembapan, sensor tegangan, arus dan daya AC. Dan juga menggunakan beberapa *software* untuk melakukan monitoring seperti *software* Arduino IDE, *software* Blynk dan *Google Spreadsheet*. Alat pendingin panel surya merupakan alat yang dirancang dengan tujuan untuk memaksimalkan daya keluaran panel surya yang turun seiring dengan naiknya temperatur pada permukaan panel surya. Media pendingin yang digunakan pada alat ini yaitu uap air dan kipas. Uap air dihasilkan oleh *mist maker humidifier* yang dimana alat ini akan aktif ketika *relay* bekerja. Dan kipas akan bekerja ketika *driver* MOSFET D4184 bekerja.

- Cara Kerja Alat

Cara kerja alat yaitu suhu permukaan panel surya diukur dan dibaca oleh sensor DHT22. Selanjutnya, ketika sensor DHT22 membaca bahwa suhu permukaan panel surya lebih 43°C, maka NodeMCU ESP8266 akan memberikan perintah kepada *relay* dan *driver* D4184 untuk bekerja, sehingga kipas dan *mist maker humidifier* pun akan bekerja mendinginkan panel surya. Apabila suhu permukaan panel surya turun dibawah 40°C, maka NodeMCU ESP8266 akan memberi perintah kepada *relay* dan *driver* D4184 untuk berhenti bekerja, sehingga *mist maker humidifier* dan kipas juga akan berhenti bekerja untuk mendinginkan panel surya.

## Sistem Monitoring Pendinginan Panel Surya ...

- Diagram Blok



Gambar 3 Diagram Blok Kontrol dan Monitoring Pendingin Panel Surya

Gambar 3 merupakan diagram blok dari sistem monitoring dan kontrol pendingin panel surya. Sumber tegangan kontrol dan monitoring alat pendingin panel surya berasal dari *power supply* 24V 10A. Terdapat 3 jenis besaran tegangan yaitu 24V, 12V dan 5V. *Output power supply* 24V masuk ke *relay* DC untuk menjalankan *mist maker humidifier* (*input* tegangan 24V), masuk juga ke *step down buck converter* 12V dan 5V. *Buck converter* 12V terhubung ke *driver* D4184 untuk menjalankan kipas DC (*input* tegangan 12V) dan *buck converter* 5V sebagai *input* tegangan NodeMCU ESP8266. Seperti yang terlihat pada Gambar 2, sensor PZEM-004T dan sensor DHT22 mendapatkan *input* tegangan dari NodeMCU ESP8266, ada yang *input* tegangannya 3,3V yaitu sensor DHT22 dan ada yang 5V yaitu sensor PZEM-004T. Hasil pembacaan sensor masuk ke NodeMCU ESP8266. Selanjutnya, NodeMCU ESP8266 akan memproses data dan dikirimkan ke *output* seperti *relay* DC dan *driver* MOSFET D4184, *software* Blynk untuk monitoring dan *Google Spreadsheet* untuk menyimpan data dan melihat *story* data.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

- Pengujian Aksesibilitas

Berdasarkan hasil pengujian *Google Spreadsheet* seperti yang terlihat pada Gambar 4 menunjukkan bahwa setiap partisipan yang memiliki link dan izin akses *Google Spreadsheet* dapat memonitoring hasil dari pembacaan sensor. Pembacaan sensor akan masuk dan di update setiap 9 - 10 detik.

T	Date	Time	Suhu (C)	Kelembapan (RH)	Tegangan AC (V)	Arus AC (A)	Daya AC (W)
902	2023/08/01	11:28:31 PM	36.3	47.2	224.5	0.14	24.3
903	2023/08/01	11:28:19 PM	36.3	47.1	224.4	0.14	24.5
904	2023/08/01	11:28:08 PM	36.3	47.3	224.3	0.14	24.7
905	2023/08/01	11:27:46 PM	36	47.7	224.2	0.14	25.1
906	2023/08/01	11:27:30 PM	36	47.6	224.1	0.14	25.4
907	2023/08/01	11:27:14 PM	35.8	48.4	224	0.15	25.8
908	2023/08/01	11:27:01 PM	35.7	48.8	224	0.15	26.1
909	2023/08/01	11:26:48 PM	35.5	48.8	223.8	0.15	26.4
910	2023/08/01	11:26:35 PM	35.4	49.1	223.9	0.15	26.7
911	2023/08/01	11:26:23 PM	35.3	49.2	223.7	0.15	27.1
912	2023/08/01	11:26:19 PM	35.3	49.6	223.5	0.15	27.8
913	2023/08/01	11:26:08 PM	35.2	49.6	223.3	0.15	28.3
914	2023/08/01	11:25:44 PM	35.1	49.4	223.1	0.15	29.2
915	2023/08/01	11:25:27 PM	35.3	48.8	222.9	0.16	30.8
916	2023/08/01	11:25:11 PM	35.6	47.5	220.5	0.05	9.4
917	2023/08/01	11:24:59 PM	35.1	45.6	220.6	0.05	9.3
918	2023/08/01	11:24:43 PM	36.6	45.8	220.6	0.05	9.3
919	2023/08/01	11:24:30 PM	37	45.4	220.8	0.05	9.3
920	2023/08/01	11:24:15 PM	37.1	45.5	221	0.05	9.3

Gambar 4 Hasil Pengujian Aksesibilitas *Google Spreadsheet*

Berdasarkan hasil pengujian aksesibilitas *Google Spreadsheet* yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa setiap partisipan yang memiliki link dan izin akses *Google Spreadsheet* dapat memonitoring hasil dari pembacaan sensor dimanapun dan kapanpun seperti yang terlihat pada Tabel 1. Untuk melihat data pembacaan sensor secara *real time*, perangkat harus terhubung dengan jaringan internet. Pembacaan sensor akan masuk dan di *update* setiap 9 - 10 detik.

Tabel 1 Partisipan dalam Pengujian Aksesibilitas Google Spreadsheet

Partisipan	Lokasi	Keterangan
David Alpriando Sihite	Kukusan	Berhasil Diakses
Imam Mutaqin	Ciracas	Berhasil Diakses
Taufiq Syarma Hidayat	Beji	Berhasil Diakses
Ibu Ajeng Bening K.	Beji	Berhasil Diakses
Ibu Dezetty Monika	Beji	Berhasil Diakses

• **Pengujian Keakuratan Sensor DHT22**

Pengujian ini dilakukan untuk melihat berapa besar selisih *error* dan rata-rata persentase *error* yang dihasilkan dari pembacaan sensor terhadap alat ukur. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur yaitu *thermo gun*. Persentase *error* pengukuran diperoleh dari nilai selisih pembacaan sensor dengan alat ukur dibagi nilai *thermo gun* dikali 100%. Berdasarkan hasil perbandingan suhu yang terdapat pada Tabel 2, didapati bahwa nilai pembacaan suhu antara sensor DHT22 dan *thermo gun* tidak terlalu jauh, selisih perbedaan yang didapatkan paling besar yaitu 3,32°C pada jam 12:30 dan paling rendah yaitu 0,11°C pada jam 13:30. Rata-rata persentase *error* yang didapatkan yaitu 0,034%. Pada jam 12:30 hasil pembacaan sensor yang didapatkan yaitu *nan (error)* dikarenakan terdapat masalah pada saat proses pengiriman data ke Blynk ataupun *Google Spreadsheet*.

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor DHT22 dengan *Thermo Gun*

Pengujian	Waktu	DHT22 (°C)	<i>Thermo Gun</i> (°C)	Selisih (°C)	Persentase <i>Error</i> (%)
1	12:00	38,48	38,6	0,12	0,003
2	12:15	42,43	40,3	2,13	0,0529
3	12:30	nan	44,43	nan	-
4	12:45	41,13	39,86	1,27	0,0319
5	13:00	42,96	42,66	0,3	0,0070
6	13:15	45	44,68	0,32	0,0072
7	13:30	36,93	37,04	0,11	0,0030
8	13:45	39,8	38,12	1,68	0,0441
9	14:00	39,35	37,6	1,75	0,0465
10	14:15	38,4	36,68	1,72	0,0469
11	14:30	38,5	35,18	3,32	0,0944
12	14:45	39,56	38,2	1,36	0,0356
13	15:00	39,93	38,46	1,47	0,0382
Persentase rata-rata <i>error</i> (%)					0,034

• **Pengujian Keakuratan Tegangan Sensor PZEM-004T**

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur yaitu voltmeter digital. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapati bahwa rata-rata persentase *error* yaitu 0,007%, selisih pengukuran yang didapatkan yaitu 0,35 V – 3,17 V. Berdasarkan perbandingan tegangan yang terlihat pada Tabel 3, didapati bahwa nilai pembacaan tegangan antara sensor PZEM-004T dan voltmeter digital tidak terlalu jauh, selisih perbedaan yang didapatkan paling besar yaitu 3,17 V pada jam 12:30 dan paling rendah yaitu 0,35 V pada jam 15:00. Pada jam 14:15 hasil pembacaan sensor PZEM-004T yang didapatkan *nan* atau *error* dikarenakan terdapat gangguan pada jaringan internet sehingga terdapat gangguan saat proses pengiriman data ke Blynk ataupun *Google Spreadsheet*.

Tabel 3 Hasil Pengujian Tegangan Sensor PZEM-004T dengan Voltmeter Digital

Pengujian	Waktu	PZEM-004T (V)	Voltmeter (V)	Selisih (V)	Persentase Error (%)
1	12:00	232,11	234,4	2,29	0,0098
2	12:15	230,42	232,4	1,98	0,0085
3	12:30	229,63	232,8	3,17	0,0136
4	12:45	231,86	234	2,14	0,00915
5	13:00	235,23	237,3	2,07	0,00872
6	13:15	236,63	238,1	1,47	0,00617
7	13:30	231,13	231,6	0,47	0,00203
8	13:45	229,63	231,3	1,67	0,00722
9	14:00	231,75	233,2	1,45	0,00622
10	14:15	nan	231,1	nan	-
11	14:30	232	233,2	1,2	0,00515
12	14:45	230,3	232,1	1,8	0,00776
13	15:00	231,25	231,6	0,35	0,00151
Persentase rata-rata error (%)					0,007

• **Pengujian Keakuratan Arus Sensor PZEM-004T**

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur yaitu tang ampere. Berdasarkan hasil pengujian perbandingan arus yang terlihat pada Tabel 3, didapati bahwa selisih perbedaan yang didapatkan paling besar yaitu 0,04 A pada jam 13:00 dan paling rendah yaitu 0 A pada jam 12:00, 12:45 dan 15:00. Rata-rata persentase *error* yang didapatkan yaitu 0,210%. Sama seperti pembacaan tegangan, pada jam 14:15 hasil pembacaan arus sensor PZEM-004T yang didapatkan yaitu 0 atau *error*. Hal tersebut dikarenakan terdapat gangguan pada jaringan internet sehingga pada saat proses pengiriman data ke Blynk.

• **Pengujian Keakuratan Tegangan Sensor PZEM-004T**

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur yaitu voltmeter digital. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapati bahwa rata-rata persentase *error* yaitu 0,007%, selisih pengukuran yang didapatkan yaitu 0,35 V – 3,17 V. Berdasarkan perbandingan tegangan yang terlihat pada Tabel 3, didapati bahwa nilai pembacaan tegangan antara sensor PZEM-004T dan voltmeter digital tidak terlalu jauh, selisih perbedaan yang didapatkan paling besar yaitu 3,17 V pada jam 12:30 dan paling rendah yaitu 0,35 V pada jam 15:00. Pada jam 14:15 hasil pembacaan sensor PZEM-004T yang didapatkan *nan* atau *error* dikarenakan terdapat gangguan pada jaringan internet sehingga terdapat gangguan saat proses pengiriman data ke Blynk ataupun *Google Spreadsheet*.

Tabel 4 Hasil Pengujian Arus Sensor PZEM-004T dengan Tang Ampere

Pengujian	Waktu	PZEM-004T (A)	Tang Ampere (A)	Selisih (A)	Persentase Error (%)
1	12:00	0,05	0,05	0	0
2	12:15	0,05	0,03	0,02	0,667
3	12:30	0,05	0,07	0,02	0,286
4	12:45	0,05	0,05	0	0
5	13:00	0,05	0,09	0,04	0,444
6	13:15	0,05	0,07	0,02	0,286
7	13:30	0,05	0,06	0,01	0,167
8	13:45	0,05	0,06	0,01	0,167
9	14:00	0,05	0,06	0,01	0,167
10	14:15	nan	0,05	nan	-
11	14:30	0,05	0,06	0,01	0,167
12	14:45	0,05	0,06	0,01	0,167
13	15:00	0,05	0,05	0	0
Persentase rata-rata error (%)					0,210

## Sistem Monitoring Pendinginan Panel Surya ...

- Pengujian Penurunan Suhu Panel Surya  
 Pengujian ini dilakukan untuk melihat seberapa besar penurunan suhu yang dihasilkan oleh pendingin dan berapa lama waktu yang dibutuhkan alat pendingin untuk menurunkan suhu ke suhu *settingan*.

Tabel 5 Hasil Pengujian Penurunan Suhu Panel Surya

Waktu	Suhu (°C)	Penurunan Suhu		
		5 Detik (°C)	10 Detik (°C)	1 Menit (°C)
14:00-14:11	44,9 - 44,8	0	0,1	0,6
	44,8 - 44,8	0	0	
	44,8 - 44,6	0,1	0,2	
	44,6 - 44,3	0,2	0,3	
14:11-14:12	44,1 - 43,9	0,1	0,2	0,8
	43,9 - 43,8	0	0,1	
	43,8 - 43,6	0,1	0,2	
	43,6 - 43,5	0	0,1	
14:12-14:13	43,5 - 43,3	0,1	0,2	2
	43,1 - 42,8	0,2	0,3	
	42,8 - 42,5	0,2	0,3	
	42,5 - 42	0,3	0,5	
14:13-14:14	42 - 41,5	0,3	0,5	1
	41,5 - 41,1	0,2	0,4	
	40,7 - 40,3	0,2	0,4	
	40,3 - 40	0,2	0,3	
14:38-14:39	40 - 39,7	0,2	0,3	1,5
	45 - 44,6	0,2	0,4	
	44,6 - 44,4	0,1	0,2	
	44,4 - 44	0,2	0,4	
14:39-14:40	44 - 43,8	0,1	0,2	1,4
	43,8 - 43,5	0,2	0,3	
	43,2 - 42,9	0,1	0,3	
	42,9 - 42,6	0,1	0,3	
14:40-14:41	42,6 - 42,2	0,2	0,4	1,6
	42,2 - 41,8	0,2	0,4	
	41,5 - 41,2	0,2	0,3	
	41,2 - 40,9	0,2	0,3	
	40,9 - 40,6	0,2	0,3	
	40,6 - 40,4	0,1	0,2	
14:40-14:41	40,4 - 40,1	0,2	0,3	1,6
	40,1 - 39,9	0,1	0,2	

Berdasarkan Tabel 5, didapati bahwa rata-rata penurunan suhu panel surya per 5 detik menggunakan pendingin uap air yaitu sekitar 0,15°C. Rata-rata penurunan suhu per 10 detik yaitu sekitar 0,278°C dan rata-rata penurunan suhu per 1 menit yaitu sekitar 1,271°C. Lama waktu pendinginan aktif untuk menurunkan suhu panel surya dari suhu 45°C ke suhu <40°C yaitu sekitar 4-5 menit. Semakin tinggi suhu permukaan yang ingin diturunkan, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan alat pendingin untuk mendinginkan panel surya

### 4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian alat pendingin panel surya yang telah dilakukan, didapatkan hasil pembacaan antara sensor DHT22 dan *thermo gun* menunjukkan rata-rata persentase *error* yang didapatkan yaitu sebesar 0,034%. Hasil pembacaan tegangan AC antara sensor PZEM-004T dan voltmeter digital menunjukkan rata-rata persentase *error* sebesar 0,007%. Hasil pembacaan arus AC antara sensor PZEM-004T dan tang ampere menunjukkan rata-rata persentase *error* sebesar 0,210%. Rata-rata suhu yang diturunkan selama 5 detik yaitu 0,15°C dan penurunan suhu selama 1 menit yaitu 1,271°C. Lama waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan panel surya dari suhu 45°C ke suhu <40°C yaitu 4-5 menit.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Warsito, E. Adriono, M. Nugroho, O. 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, SEPTEMBER 2013, ISSN: 2302-9927, 500*, Vols. 2, No. 3, pp. 1-5, 2013.
- [2] D. Almanda and D. Bhaskara, "Studi Pemilihan Sistem Pendingin pada Panel Surya Menggunakan Water Cooler, Air Mineral dan Air Laut," *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTRik kOmpuTeR)*, e-ISSN : 2621-9700, p-ISSN : 2654-2684, vol. Vol. 1 No. 2, pp. 43-52.
- [3] M. S. Loegimin, B. Sumantri, M. . A. B. Nugroho, H. and N. A. Windarko, "SISTEM PENDINGINAN AIR UNTUK PANEL SURYA DENGAN METODE FUZZY LOGIC," *Jurnal Integrasi*, e-ISSN: 2548-9828, vol. Vol. 12 No. 1, pp. 21-30, 2020.
- [4] G. B. Pramudita and A. Budiyanto, "KONTROL RELAY DAN KECEPATAN KIPAS ANGIN DIRECT CURRENT (DC) DENGAN SENSOR SUHU LM35 BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," *ojs.jurnaltechne.org*, pp. 1-6, 2018.
- [5] E. A. Prasetyo, "I/O Node MCU ESP8266 Lolin," *arduino.biz.id*, 10 Agustus 2022. [Online]. Available: <https://www.arduino.biz.id/2022/08/io-node-mcu-esp8266-lolin.html>. [Accessed Juli 2023].
- [6] M. A. R. Effendy, "SISTEM MONITORING KINERJA PANEL SURYA BERBASIS IoT MENGGUNAKAN ARDUINO UNO PADA PLTS PEMATANG JOHAR," Januari 2021.
- [7] V. "PZEM-004T-V3.0-Datasheet-User-Manual.pdf," *github*, 2021. [Online]. Available: <https://github.com/vortigont/pzem-edl/blob/main/docs/PZEM-004T-V3.0-Datasheet-User-Manual.pdf>. [Accessed 15 Juli 2023].
- [8] M. F. Ferizki, "RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN UDARA MENGGUNAKAN METODE PENGUAPAN AIR DAN KONTROL LOGIKA FUZZY," *TUGAS AKHIR - TE 141599*, Januari 2017.
- [9] E. J. Setiawan, "RANCANG BANGUN IOT TEMPERATURE CONTROLLER UNTUK ENCLOSURE BTS BERBASIS MICROCONTROLLER WEMOS DAN ANDROID," *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana ISSN: 2086-9479*, vol. Vol. 8 No. 2, pp. 145-150, 2017.
- [10] R. D. Arifin, "Pengertian Google Sheets – Fungsi, Fitur, Kelebihan, Kekurangan," *dianisa*, 2 Maret 2023. [Online]. Available: <https://dianisa.com/pengertian-google-sheets/>. [Accessed 8 Juli 2023].

- [11] C. A. Matias, L. M. Santos, A. J. Alves, and W. P. Calixto, "Electrical performance evaluation of PV panel through water cooling technique," *EEEIC 2016 - International Conference on Environment and Electrical Engineering*, 2016, doi: 10.1109/EEEIC.2016.7555643.
- [12] S. S. Konjare, R. L. Shrivastava, R. B. Chadge, and V. Kumar, "Efficiency improvement of PV module by way of effective cooling - A review," *2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control, ICIC 2015*, no. Icic, pp. 1008–1011, 2015, doi: 10.1109/IIC.2015.7150893.
- [13] E. Saputra, D. Purwanto, S. R. Rahim, and A. I. Bakhtiar, "Peningkatan Performa Panel Surya Dengan Sistem Pendingin Untuk Mereduksi Panas Permukaan," *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, vol. 23, no. 1, pp. 28–35, 2022, doi: 10.23917/mesin.v23i1.16390.
- [14] Z. L. Edaris, M. F. Mohammed, M. S. Saad, S. Yusoff, and M. F. N. Tajuddin, "Experimental and Simulated Evaluation of Temperature Effect on Panel Efficiency Performance with Front Water Cooling," *2018 International Conference on Computational Approach in Smart Systems Design and Applications, ICASSDA 2018*, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/ICASSDA.2018.8477625.
- [15] P. K. Dash and N. C. Gupta, "Effect of Temperature on Power Output from Different Commercially available Photovoltaic Modules," *Journal of Engineering Research and Applications www.ijera.com*, vol. 5, no. 1, pp. 148–151, 2015, [Online]. Available: [www.ijera.com](http://www.ijera.com)