

## ***Prototype Cooling System pada PLTS Berbasis ESP32 dengan Metode Moving Average Filters (MAF)***

**Pujianto<sup>\*1</sup>, Zidny Alfyan Barik<sup>2</sup>, Wasis Waskita Adi<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup>Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Indonesia

Email: <sup>1</sup>pujianto@esdm.go.id, <sup>2</sup>zidnyab21@gmail.com

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan sebagai pengembangan sistem pendingin pada PLTS menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan *Moving Average Filter (MAF)*. Permasalahan yang dihadapi adalah suhu operasional yang tinggi pada panel surya dapat mengurangi efisiensi energi yang dihasilkan. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan sistem pendingin yang efektif yang bisa menjaga suhu operasional panel surya sehingga efisiensi energi yang dihasilkan dapat meningkat. *Metode* yang digunakan meliputi desain dan implementasi sistem pendingin berbasis ESP32 yang dilengkapi dengan sensor suhu. Data suhu yang diukur oleh sensor akan diproses menggunakan *metode MAF* untuk mengurangi fluktuasi data yang tidak diinginkan dan memberikan nilai suhu yang lebih stabil dan akurat. Dari hasil eksperimen pada panel surya Sunlite 20WP dengan menggunakan *metode Moving Average Filter (MAF)* menunjukkan bahwa sistem pendingin yang di rancang mampu menjaga menjaga suhu panel untuk meratakan data sensor yang fluktuatif. Data pengamatan menunjukkan bahwa tegangan panel surya stabil pada rentang tertentu namun mengalami penurunan konsisten ketika suhu naik dari 34°C ke 35°C, mengindikasikan adanya korelasi invers antara suhu dan tegangan. Meskipun kelembaban relatif stabil, tidak ada pengaruh signifikan terhadap fluktuasi tegangan. Dengan menggunakan *MAF* dengan 5 periode, data sensor yang fluktuatif dapat dihaluskan, mengurangi *noise*, dan memberikan hasil yang lebih akurat. Analisis error menunjukkan bahwa *metode MAF* cukup akurat dengan nilai rata-rata error (*MAE*) sebesar 0.0589%, menunjukkan kemampuan *MAF* dalam menghasilkan data yang lebih presisi. Selain itu, analisis terhadap spesifikasi panel surya Sunlite 20W menunjukkan bahwa tegangan dan arus maksimum berkurang pada suhu tinggi, konsisten dengan karakteristik panel yang memiliki NOCT sebesar 45°C.

**Kata kunci:** Energi Matahari, Panel Surya, Sistem Pendingin

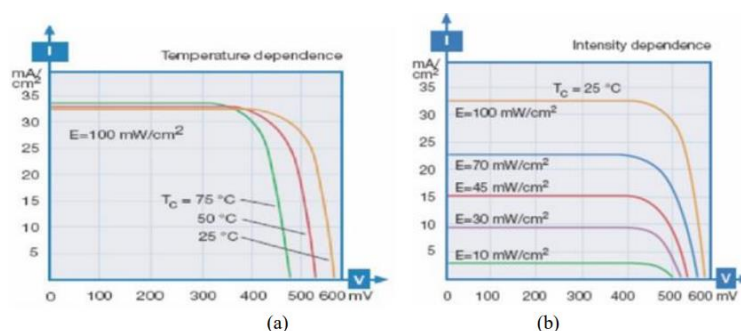
### **Abstract**

This study aims to develop a cooling system for solar power plants using the ESP32 microcontroller with *Moving Average Filter (MAF)*. The problem faced is that the high operating temperature of the solar panels can reduce the efficiency of the energy produced. To overcome this, an effective cooling system is needed that can maintain the operating temperature of the solar panels so that the efficiency of the energy produced can increase. The methods used include the design and implementation of an ESP32-based cooling system equipped with a temperature sensor. The temperature data measured by the sensor will be processed using the *MAF* method to reduce unwanted data fluctuations and provide more stable and accurate temperature values. The results of experiments on the Sunlite 20WP solar panel using the *Moving Average Filter (MAF)* method show that the designed cooling system is able to maintain the panel temperature to even out fluctuating sensor data. Observation data shows that the solar panel voltage is stable in a certain range but experiences a consistent decrease when the temperature rises from 34 ° C to 35 ° C, indicating an inverse correlation between temperature and voltage. Although the humidity is relatively stable, there is no significant effect on voltage fluctuations. By using *MAF* with 5 periods, fluctuating sensor data can be smoothed, reducing noise, and providing more accurate results. Error analysis shows that the *MAF* method is quite accurate with a mean error (*MAE*) value of 0.17%, indicating the ability of *MAF* to produce more precise data. In addition, analysis of the Sunlite 20W solar panel specifications shows that the maximum voltage and current decrease at high temperatures, consistent with the characteristics of the panel which has a NOCT of 45°C.

**Keywords:** Cooling System, Photovoltaik, Solar Energy

## 1. PENDAHULUAN

Matahari merupakan sumber alam yang tak pernah habis sehingga tepat sekali dijadikan sumber energi masa depan yang ,bersih,bebas polusi, gratis dan tak ada habisnya(Sofijan, 2021). Prinsip kerja dari PLTS untuk menghasilkan energi Listrik dengan memanfaatkan teknologi sel surya atau *fotovoltaik*.(Nugroho Tri Santosa et al., 2022), sistem PLTS ini sangat berkembang karena menghasilkan emisi karbon yang rendah dan tidak menimbulkan kebisingan. (Saputra et al., 2022). Menurut BPPT Indonesia berada di daerah katulistiwa dengan radiasi matahari rata-rata 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/h.(Achmad et al., 2023) yang menyinari wilayah hampir sepanjang tahun sehingga sangat cocok untuk penggunaan panel surya (Kusumaningtyas et al., 2023).permasalahan yang sering terjadi jika masuk musim kemarau suhu panasnya mencapai 40°Celsius. Beberapa faktor yang bisa mempengaruhi tingkat efisiensi pada *Photovoltaik(PV)* yang salah satunya adalah karena panas yang berlebihan. Pengaruh panas pada panel surya berdasarkan sifat listrik dari silikon *monokristalin* dan *polikristalin*.(LAKSANA et al., 2022). Peningkatan panas sebagai fungsi termal yang berlebihan melampaui limit termal panel PV akan berdampak buruk pada efisiensi PV/T. Sesuai dengan hasil pengujian yang terdapat pada spesifikasi PV modul mampu untuk merubah energi surya menjadi energi listrik pada suhu modul sebesar 25°C dengan kapasitas produksi 1 kW/m<sup>2</sup>.(Janna & Widodo, 2021). Melihat efektifitas suatu panel surya bekerja pada suhu kurang lebih 25°C maka perlu sistem pendingin.(Jatmiko et al., n.d.). Sistem pendingin adalah suatu sistem yang bekerja menjaga atau menurunkan suhu pada kondisi ideal.(Loegimin et al., 2020). Prinsip kerja PLTS mengubah energi matahari menjadi energi listrik ,bentuk Sel surya berupa lapisan-lapisan tipis terbuat dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni, atau bahan sejenisnya, yang kemudian tersusun menjadi modul surya.(Kristi et al., 2020). Dalam spesifikasi panel surya ada parameter yang disebut efisiensi panel surya, efisiensi ini mengindikasikan seberapa besar energi matahari yang bisa dikonversi menjadi listrik.(Abdul Rozak et al., 2023). Radiasi matahari yang masuk ke permukaan panel surya dipengaruhi oleh kondisi cuaca, posisi matahari dan sebagainya.(Julian et al., 2023).Tegangan sel surya berbanding lurus dengan radiasi yang diterima sel surya, semakin besar radiasi yang diterima oleh sel surya maka semakin besar output daya yang dihasilkan,semakin besar intensitas matahari maka arus yang dihasilkan akan semakin besar.(Janna & Widodo, 2021). Gambar 1 menunjukkan hubungan kurva arus dan tegangan yang dipengaruhi beberapa faktor-faktor diantaranya intensitas radiasi matahari dan temperatur kerja panel surya.(Dewi et al., 2023).



Gambar 1. Kurva Arus dan Tegangan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun prototype cooling sistem pada PLTS berbasis PLC MHI FX3U dan esp32 dengan *methode Moving Average Filter*. Dipilih ESP 32 sebagai kontroler utama karena memiliki banyak fungsi namun berdaya rendah dan pada boardnya sudah terdapat *Wi-Fi* terintegrasi dan *Bluetooth Low Energy (BLE)*.(Prafanto et al., 2021) dan juga memiliki kemampuan untuk mengatur dan memonitor kondisi suhu secara akurat,serta memiliki kemampuan komunikasi yang baik dan dapat diintegrasikan dengan berbagai sensor dan aktuator yang dibutuhkan dalam sistem pendinginan. *Methode Moving Average Filter( AMF)*digunakan untuk penghalusan data yang efektif dan merupakan filter digital yang digunakan untuk mengurangi random noise.(Choa, 2023).(RIFANTI et al., 2020). Dan *Methode* ini juga bisa dipakai untuk mengurangi *error* pada *output sensor* dan mendapatkan data terbaik dari-data-data yang ada sehingga diharapkan bisa meningkatkan kesetabilan

pembacaan *sensor*. (Pambudi et al., 2022). bekerja dengan menghitung rata-rata dari sejumlah sampel terakhir dari data suhu yang diukur. Penggunaan *MAF* dalam sistem pendinginan PLTS diharapkan dapat menyediakan respons yang stabil terhadap perubahan suhu PV.

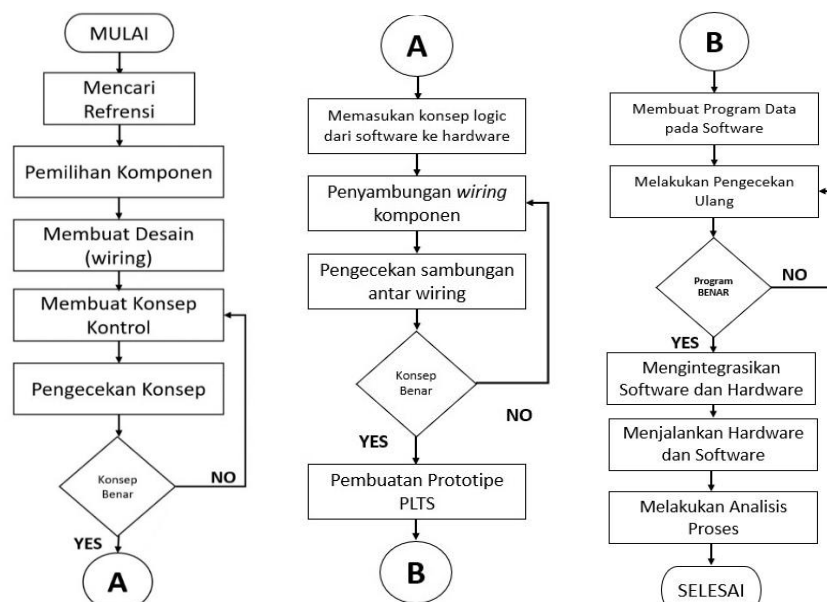
## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dikerjakan di laboratorium listrik Politeknik Energi dan Mineral Akamigas (PEM Akamigas) dengan waktu 5 bulan. Langkah-langkah penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur tentang penelitian sebelumnya, dan juga mengenai komponen elektronik pendukung yang akan digunakan. (Dewi et al., 2022). Adapun peralatan dan bahan dalam penelitian ini adalah seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Peralatan dan bahan

| No | Nama              | Jumlah ( Unit) |
|----|-------------------|----------------|
| 1  | Photovoltaik 20WP | 1              |
| 2  | ESP 32            | 1              |
| 3  | RS485             | 1              |
| 3  | PLC               | 1              |
| 4  | Arduino           | 1              |
| 5  | Sensor DS18B20    | 1              |
| 6  | Sensor INA        | 1              |
| 7  | Sensor Lux        | 1              |
| 8  | Sensor DHT-11     | 1              |
| 9  | LCD Nextion       | 1              |
| 10 | Pompa 12V         | 1              |

Tahab berikutnya perancangan yaitu analisis kebutuhan sistem, perancangan, pembuatan dan pengujian. (Gunawan et al., 2023). Berikut adalah gambar *flowchart* diagram alir penelitian



Gambar 2. Flowchart Diagram Alir

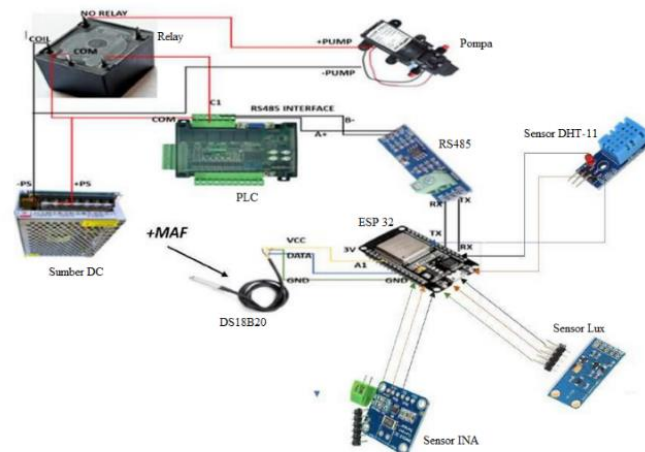
Keterangan *Flowchart Diagram Alir*:

- Pencarian Refrensi / Studi *Literatur* : Merupakan salah satu tahapan awal untuk membuat sistem dengan memperkuat dasar teoritis
- Pemilihan Komponen: Mencakup beberapa aspek komponen lain seperti *hardware* dan *software*

- c. Membuat *Desain / Wiring*: Desain ini mencakup hardwarenya seperti penyangga dan lain-lain
- d. Membuat Konsep Kontrol: Adalah sebuah penentuan sistem perancangan penelitian
- e. Pengecekan Konsep: ini dilakukan inspeksi pada setiap komponen yang digunakan
- f. Memasukan konsep logic dari *software* ke *hardware*: pada *personal computer (PC)*
- g. Penyambungan *Wiring* Komponen: untuk mengintegrasikan antar peralatan
- h. Pengecekan *Wiring*: salah satu inspeksi yang penting pada *hardware*
- i. Pembuatan *Prototipe* PLTS: *Prototipe* ini menggunakan PLTS dengan sensor suhu pada panel
- j. Membuat program data pada *software*: pembuatan *coding* agar integrasi antara *software* dan *hardware* berjalan dengan baik.
- k. Melakukan Pengecekan Ulang: Merupakan tahap inspeksi lagi pada coding yang telah dibuat
- l. Mengintegrasikan *Software* dan *Hardware*: penyambungan komponen *software* dan *Hardware*
- m. Menjalankan *Software* dan *Hardware*: *mengcompile source code* dan disertai simulasi penjalanan *hardware* secara kontinyu
- n. Melakukan Analisis Proses: mencakup data dan monitoring peralatan seperti suhu dan lain-lain.

## 2.1. Wiring Diagram system

Berikut adalah wiring diagram sistem dari prototype.



Gambar 3. Wiring Diagram Sistem

Pada gambar 3 diatas menerangkan bahwa terdapat 2 *controller* yaitu *ESP-32* dan *PLC*, dimana *ESP* sebagai input pada sensor serta *interface IoT* sedangkan untuk *PLC* sebagai penggerak relay / pompa dengan pengiriman data lewat *RS485*, adapun urgensi peletakan *PLC* sebagai berikut bahwa penggunaan *ESP32* dalam proyek PLTS cooling tower sebagai implementasi antarmuka pengiriman data antara *PLC* dan *ESP 32*. *ESP32* sebagai perangkat yang untuk mengumpulkan data dari sistem atau sensor , dan kemudian mentransfernya ke *PLC* untuk pengolahan lebih lanjut

## 2.2. Moving Average Filter( MAF)

*MAF* berfungsi untuk memperbaiki sinyal dan mendapatkan nilai yang mendekati aslinya. Filter ini memiliki kelebihan yaitu mampu meredam noise dan meratakan hasil pembacaan sensor yang fluktuatif. Pengujian ini menggunakan *MAF* periode 5 sebagaimana rumus berikut:

$$V(5) = \frac{x1 + x2 + x3 + x4 + x5}{5} \quad (1)$$

Sistem *MAF* dengan periode 5 merujuk pada penggunaan filter *Moving Average* dengan rentang waktu atau periode sebanyak lima data terbaru. Dalam konteks ini, "periode" mengacu pada jumlah data atau waktu yang digunakan dalam perhitungan rata-rata bergerak. Jadi, sistem *MAF* dengan 5 periode

akan mengambil lima data terbaru, kemudian menghitung rata-ratanya untuk menghasilkan nilai outputnya. Dengan tujuan menghaluskan fluktuasi atau noise yang mungkin terjadi dalam data mentah. Setelah diketahui nilai rerata sensor lalu dilakukan percobaan perhitungan error sensor dengan persamaan berikut:(Pambudi et al., 2022)

$$Error (\%) = \frac{Nilai\ Sensor - Nilai\ Asli}{Nilai\ Asli} \times 100\% \quad (2)$$

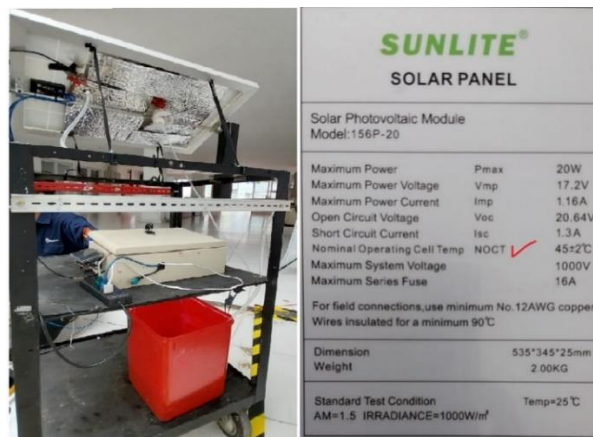
Dari persamaan diatas memiliki urutan yang sama yaitu untuk menampilkan pembacaan rerata dengan menggunakan persamaan turunan dari *MAF* tersebut sebagai berikut:

$$Rata - rata\ Error (\%) = \frac{(Error\ Percobaan\ ke\ 1 + error\ Percobaan\ ke\ 2 + Error\ n)}{Total\ Percobaan\ (n)} \quad (3)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Rancangan Hardware dan Software

Rancangan hardware/prototype. Gambar 4 di bawah ini adalah gambar *prototype* yang di rancang



Gambar 4 *Prototype* dan Spesifikasi PV

Rancangan *software* menggunakan *Arduino IDE* merupakan perangkat lunak *open source* yang digunakan untuk menulis kode,perangkat lunak ini dibuat menggunakan java dan dapat bekerja diberbagai *platform* seperti *Window*, *Mac* dan *Linux*. (Jakaria & Fauzi, 2020).dan merupakan perangkat lunak atau *Integrate Development Environment* yang berjalan pada komputer yang digunakan untuk menulis dan meng-*upload* kode dari komputer ke perangkat arduino.(Normah et al., 2022). Dengan dukungan untuk berbagai model *PLC Mitsubishi*, *GX Works2* memberikan kemampuan untuk menciptakan program kontrol yang sangat canggih serta mengelola sistem otomatisasi dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Berikut pada gambar 5 adalah tampilan sistem *software Arduino IDE*



Gambar 5. Sistem *Software Arduino IDE*

Output pada LCD berubah nilai suhu dan grafik. Pada display ini menghasilkan tampilan berupa grafik output sensor dapat dilihat pada garis merah dan hijau merupakan grafik *MAF* yaitu hasil sebelum difilter atau raw data dan hasil setelah di filter terlihat perbedaan toleransi sekian % yang akan menjadi nilai akhir.

### 3.1. Hasil Pengujian

Berikut adalah hasil pengujian *Prototipe Cooling system* pada PLTS berbasis *Plc Mhi Fx3u* dan *ESP-32* dengan *Metode Moving Average Filters*.

Tabel 2. Hasil pengujian

| Tegangan<br>PV (V) | Arus<br>(mA) | Daya P<br>(Watt) | Suhu<br>(°C) | Kelembaban<br>(Rh) | Suhu Permukaan Panel  |                        | Nilai<br>error (%) |
|--------------------|--------------|------------------|--------------|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
|                    |              |                  |              |                    | Sebelum<br>Filter(°C) | Setelah<br>Filter (°C) |                    |
| 12.83              | 162.90       | 2.09             | 35           | 60                 | 44.17                 | 44.16                  | 0,0226             |
| 12.75              | 175.50       | 2.23             | 35           | 61                 | 44.16                 | 44.14                  | 0,0423             |
| 12.74              | 180.10       | 2.29             | 35           | 64                 | 44.14                 | 44.11                  | 0,0680             |
| 12.81              | 191.80       | 2.44             | 35           | 65                 | 44.13                 | 44.09                  | 0,0906             |
| 12.71              | 194.00       | 2.46             | 35           | 65                 | 44.09                 | 44.06                  | 0,0681             |

Dari hasil tabel 2 di atas diketahui bahwa terdapat beberapa error yang terindikasi oleh sistem, lalu dari segi keandalan *methode MAF* sangat cocok di implementasikan kedalam sensor *DS18B20* karena untuk mencegah kekeliruan data yang fluktuatif dan berubah ubah mengingat keluaran dari sensor terdampak oleh *hysteresis*.

$$\text{Rata - rata Error (\%)} = \frac{(0,0226+0,0423+0,0680+0,0906+0,0681)}{5} = 0,0589 \%$$

Perhitungan error sensor didapatkan dengan rumus:

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Asli}}{\text{Nilai Asli}} \times 100\% \quad (4)$$

Didapatkan hasil seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil error sensor

| Percobaan | Nilai Asli (°C) | Nilai Sensor (°C) | Error (%) |
|-----------|-----------------|-------------------|-----------|
| 1         | 44.17           | 44.16             | -0.0226%  |
| 2         | 44.16           | 44.14             | -0.0453%  |
| 3         | 44.14           | 44.11             | -0.0680%  |
| 4         | 44.13           | 44.09             | -0.0906%  |
| 5         | 44.09           | 44.06             | -0.0681%  |

### Mean Absolute Error (MAE)

Dari data diatas didapatkan nilai *Mean Absolute Error( MAE)* seperti pada tabel 4

Tabel 4. Nilai *absolute*

| Percobaan | Nilai Asli (°C) | Nilai Sensor (°C) | Nilai absolut |
|-----------|-----------------|-------------------|---------------|
| 1         | 44.17           | 44.16             | 0,01          |
| 2         | 44.16           | 44.14             | 0,02          |
| 3         | 44.14           | 44.11             | 0,03          |
| 4         | 44.13           | 44.09             | 0,04          |
| 5         | 44.09           | 44.06             | 0,03          |

Total Nilai *Absolute* = 0.01+0.02+0.03+0.04+0.03= 0.13

Sehingga nilai rata-rata *absolute* = 0,026

Jadi, nilai *Mean Absolute Error (MAE)* dari data tersebut adalah 0.026°C

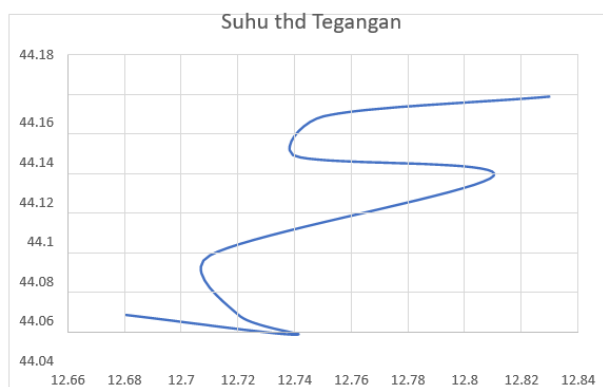
Sedangkan nilai rata-rata dari nilai asli:

$$\text{Rata - rata (\%)} = \frac{(44.17+44.16+44.14+44.13+44.09)}{5} = 44.138^{\circ}\text{C}$$

Dan *Mean Absolute Error (MAE)* dalam %

$$\text{MAE(\%)} = \frac{0.026}{44.138} \times 100\% = 0.0589\%$$

Ini menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan absolut antara Nilai Asli dan Nilai Sensor adalah sekitar 0.0589% dari nilai rata-rata Nilai Asli. Perbandingan respon suhu terhadap tegangan seperti pada gambar 6.



Gambar 6 Respon Perbandingan Suhu Terhadap Tegangan

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara suhu dan tegangan. Ketika suhu meningkat dari sekitar 12.66 hingga 12.84, tegangan mengalami perubahan, ini menunjukkan pola yang tidak linier, artinya tegangan tidak berubah secara konsisten dengan perubahan suhu. Terdapat beberapa bagian di mana tegangan meningkat saat suhu meningkat, dan sebaliknya, ada bagian di mana tegangan menurun saat suhu meningkat. Secara umum, grafik menunjukkan kurva yang berkelok-kelok, menandakan adanya fluktuasi tegangan yang signifikan dengan perubahan suhu. Terlihat ada beberapa titik di mana tegangan mencapai nilai maksimum atau minimum sebelum berbalik arah. Misalnya, sekitar suhu 12.72, tegangan turun drastis sebelum naik kembali. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan hubungan kompleks antara suhu dan tegangan, di mana perubahan kecil pada suhu dapat menyebabkan perubahan yang signifikan pada tegangan. Dari hasil pengujian diatas terlihat bahwa tegangan stabil di sekitar rentang tertentu, namun mengalami penurunan yang konsisten ketika suhu naik dari 34°C ke 35°C. Korelasi invers antara suhu dan tegangan menjadi lebih jelas. Meskipun kelembaban relatif stabil, tidak terlihat pengaruh yang signifikan terhadap fluktuasi tegangan. Selain itu, tidak terdapat korelasi yang kuat antara tegangan dengan parameter lain seperti *amper*, *watt*, atau *lux*.

#### 4. KESIMPULAN

Pengaruh suhu kerja panel surya yang cenderung meningkat selama operasi. dapat menyebabkan penurunan efisiensi konversi energi dari sinar matahari menjadi energi listrik, serta memperpendek umur operasional panel surya tersebut. dengan menggunakan *methode Moving Average Filter (MAF)* untuk meratakan data sensor yang fluktuatif. Data pengujian menunjukkan tegangan panel surya mengalami penurunan ketika suhu naik dari 34°C ke 35°C, yang artinya adanya korelasi invers antara suhu dan tegangan. Dengan menggunakan *MAF* dengan 5 periode, data sensor yang fluktuatif dapat dihaluskan,

mengurangi *noise*, dan memberikan hasil yang lebih akurat. dengan nilai rata-rata *error* (*MAE*) sebesar 0.0589 %, menunjukkan kemampuan *MAF* dalam menghasilkan data yang lebih presisi. Selain itu, analisis terhadap spesifikasi panel surya *Sunlite* 20W menunjukkan bahwa tegangan dan arus maksimum berkurang pada suhu tinggi, konsisten dengan karakteristik panel yang memiliki *NOCT* sebesar 45°C

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rozak, O., Tri Mulyadi, R., & Nurfadilah, H. (2023). Analysis The Effect of Solar Radiation on The Efficiency of PV Plant 50 kWp Rooftop UNPAM Viktor. *Journal of Renewable Energy and Mechanics*, 6(02), 63–76. <https://doi.org/10.25299/rem.2023.vol6.no02.12181>
- Achmad, M. I., Syarif, A., Ashari, D., & Zuliadin, Z. (2023). Analisa pengaruh pendingin panel surya 50 WP terhadap daya yang dihasilkan. *Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME)*, 2(1), 8–16. <https://doi.org/10.54297/sjme.v2i1.356>
- Choa, F. R. O. O. (2023). *P Rofiting With P Ivot- B Ased M Oving a Verages*. 19(1), 37–44.
- Dewi, R. P., Elektronika, J. T., Studi, P., Listrik, T., Cilacap, P. N., Rahmat, S., Elektronika, J. T., Studi, P., Listrik, T., Cilacap, P. N., Purnata, H., Elektronika, J. T., Studi, P., Elektronika, T., Cilacap, P. N., Daya, O., Surya, P., & Pendingin, S. (2023). *Sistem Pendingin Panel Surya Otomatis Untuk*. 14(1), 1–10.
- Dewi, R. P., Rahmat, S., & Musyafiq, A. A. (2022). Implementasi Sistem Pendingin Panel Surya Untuk Mempertahankan Suhu Permukaan Panel. *Prosiding Seminar Nasional Wijayakusuma National Conference*, 3(1), 75–82. <https://proceeding.winco.cilacapkab.go.id/index.php/winco/article/view/138/30>
- Gunawan, W., Purwiyanto, P., & Sumardiono, A. (2023). Prototipe Sistem Pendingin Air Dan Penghilang Kotoran Pada Panel Surya. *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 5(1). <https://doi.org/10.37058/jeee.v5i1.8482>
- Jakaria, D. A., & Fauzi, M. R. (2020). Aplikasi Smartphone Dengan Perintah Suara Untuk Mengendalikan Saklar Listrik Menggunakan Arduino. *JUTEKIN (Jurnal Teknik Informatika)*, 8(1). <https://doi.org/10.51530/jutekin.v8i1.462>
- Janna, N. M., & Widodo, D. A. (2021). Analisis Karakteristik Modul Panel Surya Dengan Sistem Pendingin Air. *Jurnal Fokus Elektroda : Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika Dan Kendali*, 6(1), 37. <https://doi.org/10.33772/jfe.v6i1.16200>
- Jatmiko, A., Marausna, G., & Setiawan, F. (n.d.). *Rancangan Sistem Pendingin Panel Surya Jenis Box Dengan*. 9(1), 181–188.
- Julian, B. R., Muliadi, & Syukri. (2023). Analisis Pengaruh Radiasi Matahari Dan Temperatur Terhadap Daya Keluaran Fotovoltaik Menggunakan SPSS. *Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology*, 3(1), 14–18. <https://ejournal.unida-aceh.ac.id/index.php/ajeetech/article/view/531>
- Kristi, A. A., Alhaddad, A., Abdurrahman, M., & Arief, N. (2020). Perancangan-Sistem-Pendingin-Photovoltaic. *Perancangan Sistem Pendingin Photovoltaic Dengan Memanfaatkan Kontroler Water Spray*, 12(2), 47–53.
- Kusumaningtyas, A. B., Wardhono, S., & Eka Ananda, R. (2023). Analisis Sistem Pendinginan Panel Polycrystalline Dan Monocrystalline. *Jurnal Poli-Teknologi*, 22(1), 17–22. <https://doi.org/10.32722/pt.v22i1.4971>
- LAKSANA, E. P., SANJAYA, O., SUJONO, S., BROTO, S., & FATH, N. (2022). Sistem Pendinginan Panel Surya dengan Metode Penyemprotan Air dan Pengontrolan Suhu Air menggunakan Peltier. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 10(3), 652. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v10i3.652>
- Loegimin, M. S., Sumantri, B., Nugroho, M. A. B., Hasnira, H., & Windarko, N. A. (2020). Sistem Pendinginan Air Untuk Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Integrasi*, 12(1), 21–30. <https://doi.org/10.30871/ji.v12i1.1698>
- Normah, Rifai, B., Vambudi, S., & Maulana, R. (2022). Analisa Sentimen Perkembangan Vtuber

- Dengan Metode Support Vector Machine Berbasis SMOTE. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, 8(2), 174–180. <https://doi.org/10.31294/jtk.v4i2>
- Nugroho Tri Santosa, A., Hani, S., & Santoso, G. (2022). Perancangan Sistem Plts Off-Grid Kapasitas 100 Wp Sebagai Sumber Energi Alternatif Charging 220 V Di Daerah Terdampak Bencana Semeru. *Prosiding Snast, November*, A35-43. <https://doi.org/10.34151/prosidingsnast.v8i1.4102>
- Pambudi, R. N., Indriyanto, S., & Pramono, S. (2022). Implementasi Moving Average Filter Untuk Monitoring Ketinggian Air Pada Tandon Air Menggunakan Antares. *Journal of Electronic and Electrical Power Application (JEEPA)*, 2(2), 108–144.
- Prafanto, A., Budiman, E., Widagdo, P. P., Putra, G. M., & Wardhana, R. (2021). Pendeteksi Kehadiran menggunakan ESP32 untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 7(1), 37. <https://doi.org/10.31884/jtt.v7i1.318>
- RIFANTI, U. M., PUJIHARSONO, H., SETIAWAN, A., & HENDRY, J. (2020). Implementasi Moving Average Filter untuk Koreksi Kesalahan Sensor Pengukur Kedalaman Air. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 8(2), 432. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v8i2.432>
- Saputra, E., Purwanto, D., Rahim, S. R., & Bakhtiar, A. I. (2022). Peningkatan Performa Panel Surya Dengan Sistem Pendingin Untuk Mereduksi Panas Permukaan. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 23(1), 28–35. <https://doi.org/10.23917/mesin.v23i1.16390>
- Sofijan, A. A. (2021). Desain Passive Cooling Menggunakan Perforated Aluminum Plate Pada Fotovoltaik Monokristalin. *Jurnal Surya Energy*, 5(1), 23–30. <https://doi.org/10.32502/jse.v5i1.2953>

**Halaman Ini Dikosongkan**