

# Implementasi Sistem Pendingin Panel Surya Untuk Mempertahankan Suhu Permukaan Panel

Riyani Prima Dewi<sup>1\*</sup>, Saepul Rahmat<sup>2</sup>, Afrizal Abdi Musyafiq<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Listrik, Politeknik Negeri Cilacap

<sup>1,2,3</sup>Jl. Dr. Soetomo No. 1, Sidakaya, Kab. Cilacap, 43212, Indonesia

E-mail: <sup>1</sup>riyanipdewi@gmail.com, <sup>2</sup>saepulrahmat06@gmail.com, <sup>3</sup>afrizal.abdi.m@gmail.com

\*penulis korespondensi

**Abstrak** – Energi surya merupakan jenis energi ramah lingkungan yang tergolong mudah dalam segi instalasi. Karena kemudahan inilah energi surya menjadi sangat diminati di kalangan masyarakat Indonesia. Dengan wilayah geografis Indonesia yang mendukung, yakni memiliki sinar matahari sepanjang tahun, maka penggunaan energi surya merupakan pilihan yang paling tepat untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan. Dalam hal konversi listrik, panel surya merupakan komponen utama bagi energi surya. Di panel surya lah terjadi perubahan energi cahaya matahari menjadi listrik. Sayangnya, efisiensi panel surya dipengaruhi beberapa faktor salah satunya suhu permukaan panel surya. Saat suhu permukaan panel surya mengalami kenaikan, justru output dayanya menjadi menurun. Dalam penelitian ini suhu permukaan panel surya akan dipertahankan tidak lebih dari 40°C guna mengurangi rugi-rugi daya akibat suhu panas permukaan panel. Suhu permukaan panel diukur oleh sensor suhu DS18B20 kemudian dikirimkan ke NodeMCU ESP8622 sehingga dapat ditampilkan melalui aplikasi bylink di smartphone. Saat suhu panel surya diatas 40°C maka sistem pendingin akan menyala secara otomatis. Dari 3 hari percobaan, diketahui bahwa sistem pendingin dan monitoring suhu yang dibuat berhasil berjalan dengan baik. Sensor suhu dapat membaca suhu permukaan panel, sistem pendingin dapat bekerja secara otomatis, dan aplikasi dapat menampilkan hasil pembacaan sensor. Terdapat selisih pembacaan suhu antara alat dengan alat ukur suhu sebesar 1,6 °C.

**Kata kunci:** Monitoring Suhu, NodeMCU ESP8622, Panel Surya, Sensor DS18B20

**Abstract** - Solar energy is a type of environmentally friendly energy that is relatively easy in terms of installation. Because of this convenience, solar energy has become very popular among the people of Indonesia. With Indonesia's supportive geographical area, which has sunlight throughout the year, the use of solar energy is the most appropriate choice to increase the use of renewable energy. In terms of electricity conversion, solar panels are the main component of solar energy. It is in the solar panel that the energy of sunlight is converted into electricity. Unfortunately, the efficiency of solar panels is influenced by several factors, one of which is the surface temperature of the solar panels. When the surface temperature of a solar panel increases, its power output decreases. In this study, the surface temperature of the solar panel will be maintained at no more than 40°C in order to reduce power losses due to the heat of the panel surface. The panel surface temperature is measured by the DS18B20 temperature sensor and then sent to the NodeMCU ESP8622 so that it can be displayed via the bylink application on the smartphone. When the solar panel temperature is above 40°C, the cooling system will turn on automatically. From the 3 days of experimentation, it was found that the cooling system and temperature monitoring that were made were running well. The temperature sensor can read the panel surface temperature, the cooling system can work automatically, and the application can display the sensor readings. There is a difference in temperature readings between the tool and the temperature measuring instrument of 1.6°C

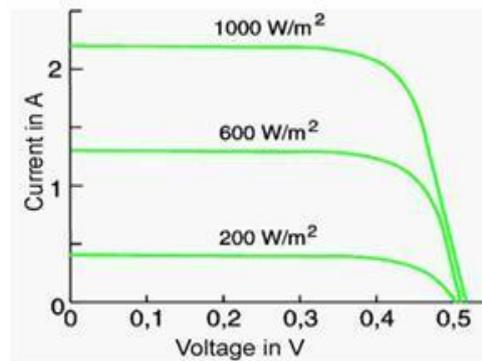
**Keywords:** monitoring, nodeMCU ESP8622, solar panel, solar energy, DS18B20

## 1. PENDAHULUAN

Energi terbarukan atau renewable energy merupakan energi yang berasal dari sumber-sumber terbarukan seperti matahari, air, angin, biomassa, laut, dan panas bumi [1]. Menurut data ESDM, Indonesia memiliki potensi renewable energy sebesar 432 GW. Untuk penggunaan komersial baru dimanfaatkan hanya sekitar 7 GW dari total potensi ini. Pada 2028, PLN berencana akan menambah sebanyak 29 GW berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2019-2028. Rencana Umum Energi Daerah (RUED) yang disusun oleh 34 pemerintah

negara bagian menyebutkan bahwa total kapasitas terpasang energi terbarukan akan mencapai 48 GW pada tahun 2025[2].

Indonesia memiliki potensi energi surya yang cukup besar[3]. Menurut Indonesia Energy Outlook (OEI) 2019 potensi energi surya sebesar 207,8 GWP. Potensi ini merupakan yang terbesar di antara jenis energi terbarukan lainnya[4]. Hal ini dikarenakan Indonesia merupakan negara yang terletak tepat di garis khatulistiwa. Berdasarkan data penyinaran energi surya, potensi energi surya rata-rata wilayah Indonesia adalah 4,8 kWh/m<sup>2</sup>[5]. Panel surya adalah komponen utama dari sistem fotovoltaik. Panel surya bertanggung jawab untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Kinerja panel surya dapat ditentukan dengan mengukur parameter keluaran seperti tegangan, arus, dan daya. Dalam pembangkit listrik, panel surya memiliki karakteristik yang ditunjukkan pada kurva arus-tegangan Gambar 1. Ini mewakili kekuatan yang dapat dihasilkan. Karakteristik arus-tegangan suatu panel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti intensitas radiasi matahari dan temperatur operasi panel surya[6][7].



Gambar 1. Kurva karakteristik arus dan tegangan panel surya

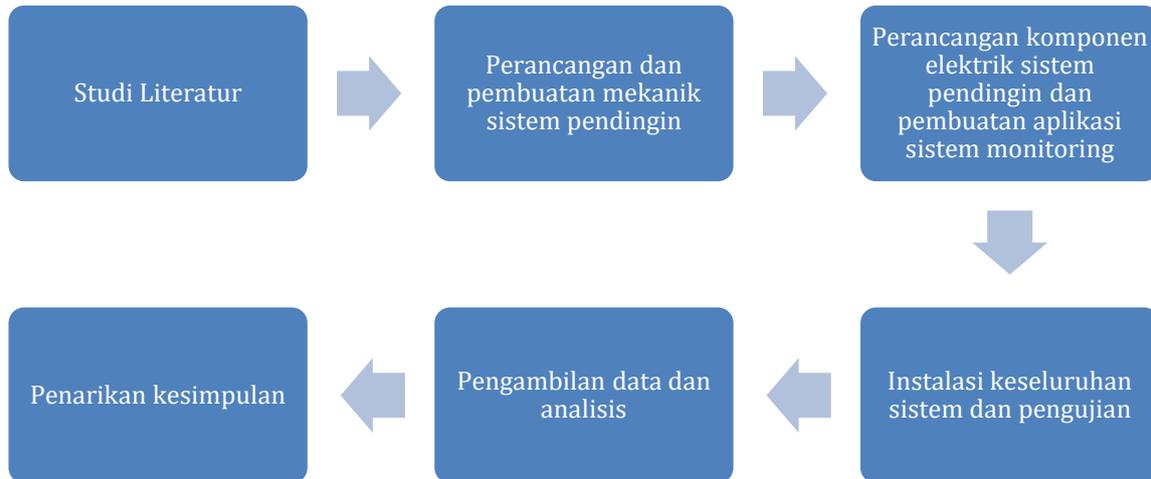
Semakin besar iradiasi matahari yang ditangkap oleh panel surya maka semakin besar daya listrik yang dibangkitkan. Sekitar 15%-20% energi matahari yang diserap panel surya diubah menjadi listrik, sementara sisanya menghasilkan panas yang menyebabkan naiknya temperature permukaan panel surya[8]. Kenaikan temperature ini justru akan menurunkan daya listrik yang dihasilkan. Temperature ideal panel surya untuk menghasilkan daya listrik paling maksimal adalah pada suhu 25°C. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu pada panel surya sekitar 1°C dari suhu idealnya dapat menurunkan efisiensi sebesar 0.45%[9]. Dari permasalahan diatas, tujuan penelitian ini adalah untuk membuat suatu alat monitoring suhu permukaan panel surya. Dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor suhu, maka monitoring permukaan panel surya ini dapat dilakukan melalui smartphone.

Penelitian mengenai sistem pendingin untuk panel surya dan pengaruhnya terhadap output dari panel surya telah banyak dilakukan diantaranya, penelitian yang dilakukan oleh Adhi Warsito dkk[10] di Semarang yang membuat pendingin panel surya dengan menggunakan heatsink fan. Dengan metode pendinginan tersebut diketahui penelitian menunjukkan bahwa terjadi kenaikan efisiensi sebesar 1,64% akibat penurunan suhu permukaan panel surya. Tegangan keluaran rata-rata pada panel yang menggunakan sistem pendingin adalah sebesar 19,1 V dengan suhu rata-rata sebesar 36°C sedangkan pada panel yang tidak menggunakan pendingin hanya sekitar 18,8 V dengan nilai rata-rata suhu sebesar 50,14°C. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh André dkk[11] di instalasi PV 20 kW di atap gedung industri di Lisbon (Portugal). Penelitian ini membuat suatu prototipe sistem pendingin menggunakan air yang di semprotkan otomatis ke permukaan panel. Penyemprotan air dijadwalkan secara otomatis untuk tujuan penghematan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pendingin yang telah dirancang mampu meningkatkan produksi daya tahunan sebesar 12%. Tang[12] telah melakukan penelitian menggunakan sistem Pendingin Panel Surya, yang diberi nama Novel Micro Heat Pipe Array. Pipa panas dapat mentransfer panas dari panel PV ke udara atau air, dapat meningkatkan efisiensi panel PV sebesar 2,6%. Bila menggunakan air sebagai pendingin dapat menurunkan suhu panel PV hingga 80C dan dapat meningkatkan efisiensi panel PV sebesar 3%. Oleh karena itu, pendinginan dengan air lebih efektif daripada pendinginan dengan udara.

## 2. METODE

Metode Tahapan penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur tentang penelitian sebelumnya, dan juga mengenai komponen-komponen elektronik yang akan digunakan. Tahapan selanjutnya adalah membuat sistem pendingin panel surya dengan cara memasang pipa di bagian atas permukaan panel surya. Saluran pipa ini terhubung ke bak penampungan air yang ditempatkan di bawah, kemudian dengan menggunakan pompa air akan dialirkan dari bawah ke atas permukaan panel surya. Proses On dan atau off dari pompa itu sendiri diatur secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler. Parameter yang menjadi acuan hidup dan matinya pompa adalah

suhu permukaan panel surya. Saat suhu permukaan panel surya melebihi  $40^{\circ}\text{C}$ , maka pompa akan menyala sampai suhu permukaan panel berada di nilai lebih kecil dari  $40^{\circ}\text{C}$ . Tahapan selanjutnya adalah merangkai alat monitoring dan memasangnya pada panel surya yang akan dilakukan percobaan. Setelah seluruh alat dan sistem terpasang, maka akan dilakukan uji coba pada alat. Hasil pembacaan sensor yang ditampilkan pada smartphone kemudian dibandingkan dengan hasil uji yang dibaca oleh alat ukur temperature yaitu thermometer. Perbandingan hasil baca kedua alat ini menjadi referensi eror yang dimiliki oleh alat sekaligus menguji validasi data suhu yang dibaca oleh sensor. Tahapan penelitian ini digambarkan oleh flowchart pada Gambar 2.

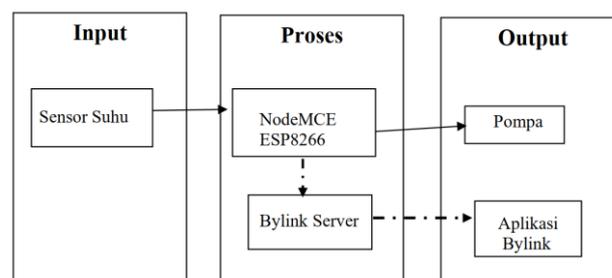


Gambar 2. Tahapan penelitian

Rancangan sistem ini terdiri dari sensor DS18B20 sebagai pembaca suhu dan NodeMCU ESP8266 sebagai pemroses. Sensor suhu adalah komponen electromagnetic yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor DS18B20 beroperasi dalam kisaran  $-55^{\circ}\text{C}$  sampai  $125^{\circ}\text{C}$ , dan memiliki tingkat keakuratan  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  dalam kisaran  $-10^{\circ}\text{C}$  sampai  $85^{\circ}\text{C}$ . Sensor DS18B20 memiliki tingkat keakuratan tinggi dan memudahkan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan[13].

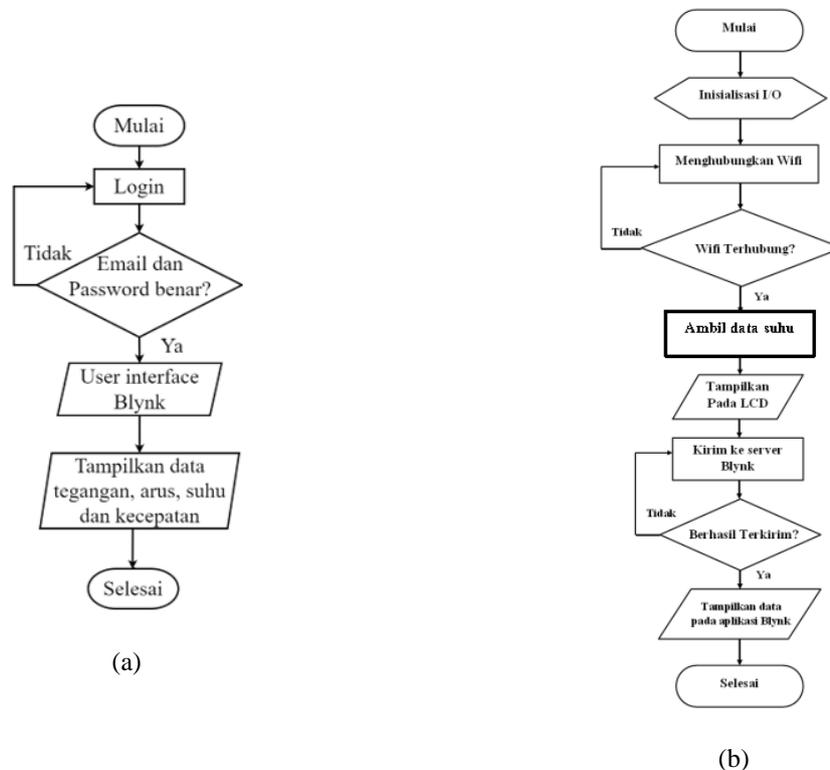
NodeMCU adalah sebuah board elektronik yang berbasis chip ESP8266 dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga koneksi internet (WiFi). Terdapat beberapa pin I/O sehingga dapat dikembangkan menjadi sebuah aplikasi monitoring maupun controlling pada proyek IOT. NodeMCU merupakan sebuah platform IoT yang bersifat opensource dan sebagai board yang mem-package ESP8266 ke dalam sebuah board yang sudah terintegrasi dengan berbagai feature selayaknya mikrokontroler dan kapasitas akses terhadap WiFi dan juga chip komunikasi yang berupa USB to serial. Sehingga dalam pemrograman hanya dibutuhkan kabel data USB[14].

Adapun blok diagram dari sistem ini ditunjukkan oleh Gambar 3. Data dari sensor suhu dikirimkan ke NodeMCU ESP8266 untuk diolah, kemudian data tersebut di kirimkan ke aplikasi Blynk dan ditampilkan di smartphone. Hasil pembacaan dari sensor suhu juga menjadi acuan untuk menghidupkan pompa air. Saat sensor suhu membaca nilai lebih dari  $40^{\circ}\text{C}$  maka pompa akan menyala, dan saat suhu kurang dari  $40^{\circ}\text{C}$  maka pompa akan mati.



Gambar 3. Blok Diagram sistem

Berdasarkan Gambar 3 dijelaskan bahwa ketika NodeMCU ESP8266 terhubung dengan jaringan internet maka sistem siap dioperasikan dengan aplikasi blynk yang sudah terinstal di Smartphone. Sensor suhu DS18B20 akan membaca suhu pada permukaan panel surya Hasil pengukuran suhu tersebut akan ditampilkan melalui LCD dan dikirimkan ke aplikasi Blynk.



Gambar 4. Flowchart (a) aplikasi Blynk, dan (b) proses kerja alat

Sistem pertama kali dijalankan akan menginisialisasi input dan output terlebih dahulu. Sistem akan bekerja jika NodeMCU ESP8266 sudah terhubung ke jaringan wifi, jika belum terhubung maka akan menghubungkan ke wifi. Setelah wifi terhubung, sensor akan mengambil data suhu. Data yang telah diambil dari sensor kemudian ditampilkan pada LCD. Data yang ditampilkan pada LCD juga dikirimkan ke server Blynk, jika pengiriman ke server Blynk berhasil maka data yang dikirim akan ditampilkan pada aplikasi Blynk. Pada aplikasi Blynk sebelum menggunakan harus melakukan login, jika email dan password yang dimasukkan benar akan masuk ke user interface Blynk. User interface Blynk akan menampilkan data yang telah dikirimkan ke server. Proses kerja ini ditampilkan oleh Gambar 4 (a) dan (b).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan ini dilakukan di halaman jurusan Teknik elektronika Politeknik Negeri Cilacap. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian lainnya, sehingga panel surya yang digunakan adalah berdasarkan pada penelitian inti. Panel surya yang digunakan yaitu, 2 buah panel surya kapasitas 50 WP dan 1 panel dengan kapasitas 100 WP yang dirangkai seri sehingga total kapasitasnya adalah 200 WP seperti ditunjukkan Gambar 5. Ketiga panel tersebut dipasang pada rangka terbuat dari besi yang dilengkapi dengan panel box untuk menempatkan komponen-komponen elektronik. Pengujian dilakukan pada tanggal 7 September 2022, pukul 10.00 WIB – 13.00 WIB dengan interval pengambilan data adalah 15 menit. Adapun kondisi cuaca saat dilakukannya pengujian alat ini adalah cerah.



Gambar 5. Percobaan pada Panel Surya



Gambar 6. Sistem Pendingin menggunakan Sabut kelapa

Untuk sistem pendingin panel surya dibuat sistem pendingin pasif dan sistem pendingin aktif. Sistem pendingin pasif yang digunakan adalah dengan menempatkan atau menambahkan sabut kelapa basah pada bagian belakang panel surya, seperti ditunjukkan oleh Gambar 6. Sedangkan untuk sistem pendingin aktif, digunakan aliran air pada permukaan panel surya yang dialirkan menggunakan pipa yang ditaur oleh pompa.

Pengujian dilakukan untuk melihat apakah sistem bekerja sesuai dengan fungsinya, yaitu pompa air akan otomatis menyala saat suhu panel surya melebihi nilai  $40^{\circ}\text{C}$ , pengujian pembacaan nilai suhu oleh sensor, dan pengujian \ monitoting nilai suhu pada smartphone. Berikut adalah hasil percobaan untuk uji performa pompa yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Data Pengujian Pompa

No	Waktu WIB)	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Pompa
1	10.00	36,4	OFF
2	10.15	33,9	OFF
3	10.30	37,2	OFF
4	10.45	38,4	OFF
5	11.00	42	ON
6	11.15	41,8	ON
7	11.30	43,3	ON
8	11.45	42,6	ON
9	12.00	41	ON
10	12.15	40,7	ON
11	12.30	44	ON
12	12.45	42,4	ON
13	13.00	41,6	ON

Saat sensor suhu membaca nilai diatas  $40^{\circ}\text{C}$  maka pompa air menyala dan mengalirkan air ke atas permukaan paenl surya. Tampilan panel surya saat sistem pendingin dalam kondisi ON ditunjukkan oleh Gambar 7. Air mengalir sampai suhu permukaan panel terbaca oleh sensor kurang dari  $40^{\circ}\text{C}$ . Selama percobaan rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam menurunkan suhu permukaan panel surya sampai dibawah  $40^{\circ}\text{C}$  rata-rata sekitar 1,5 menit.



Gambar 7. Sistem Pendingin menggunakan Air

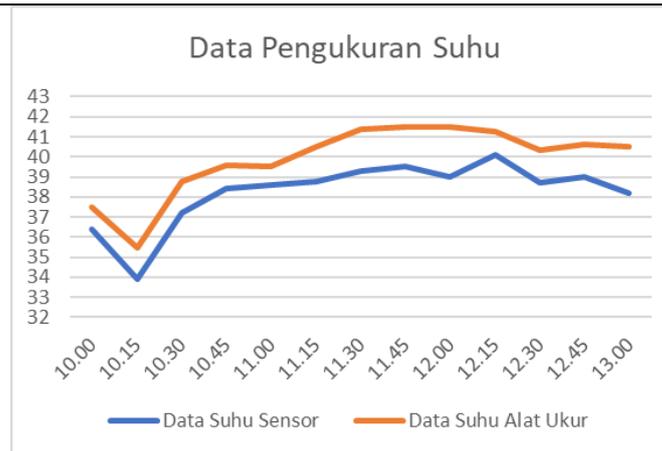
Hasil pengujian sensor suhu untuk membaca nilai suhu permukaan panel surya oleh sensor DS18B20 ditunjukkan ditunjukkan oleh Tabel 2. Pada pengujian ini pengukuran suhu permukaan panel surya yang dilakukan oleh sensor kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran suhu menggunakan alat ukur suhu yaitu thermogun yang ditembakkan ke permukaan panel surya di waktu yang sama.

Tabel 2. Data Pengujian Suhu Permukaan Panel Surya

No	Waktu (WIB)	Data Suhu (°C)		Selisih
		Sensor	Alat Ukur	
1	10.00	36,4	37,5	1,1
2	10.15	33,9	35,5	1,6
3	10.30	37,2	38,75	1,55
4	10.45	38,4	39,56	1,16
5	11.01	38,6	39,5	0,9
6	11.17	38,8	40,5	1,7
7	11.31	39,3	41,35	2,05
8	11.47	39,5	41,5	2
9	12.02	39	41,5	2,5
10	12.16	40,1	41,25	1,15
11	12.31	38,7	40,34	1,64
12	12.47	39	40,62	1,62
13	13.03	38,2	40,5	2,3

Data hasil pengujian menunjukkan bahwa alat yang telah dibuat dapat membaca suhu dengan baik, terbukti dengan tidak adanya data kosong yang menunjukkan sensor tidak membaca sinyal atau system tidak terhubung ke internet. Pada Tabel 2. Data suhu yang diperoleh, diketahui suhu panel surya dalam rentang waktu percobaan tersebut berikisar antara 33,9 – 40,1 °C berdasarkan pembacaan sensor, sedangkan berdasarkan pembacaan alat pengukur suhu (dalam penelitian ini menggunakan thermogun) adalah sebesar 35,5 – 41,5 °C. Terdapat selisih nilai antara pembacaan suhu kedua pengukuran tersebut dengan rata-rata nilai selisih sebesar 1,6 °C. Grafik perbandingan nilai suhu permukaan panel surya pada percobaan ditunjukkan oleh Gambar 8.

Dari pengujian tersebut terdapat selisih pembacaan antara alat ukur suhu (Thermogun) dengan sensor suhu DS18B20, meskipun sebelumnya sensor sudah di kalibrasi. Perbedaan ini sangat mungkin terjadi karena pembacaan atau pengukuran suhu di permukaan panel surya belum persis dilakukan pada titik yang sama secara presisi. Selain itu, untuk mengetahui suhu permukaan panel surya keseluruhan perlu digunakan beberapa sensor suhu yang ditempatkan menyebar di beberapa titik pada permukaan panel surya, karena titik tengah yang digunakan pada penelitian ini sebenarnya belum diuji apakah titik tersebut merepresentasikan keseluruhan dari suhu permukaan panel surya sebenarnya.



Gambar 8. Data Pengukuran suhu panel surya

Pada pengujian sistem monitoring suhu menggunakan smartphone, data suhu yang dibaca oleh sensor suhu selain ditampilkan dan dipantau pada smartphone. Adapun tampilan monitoring hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada Gambar 9. Sebelum bisa mengakses halaman monitoring, pengguna harus melakukan login terlebih dahulu menggunakan username berupa email yang telah didaftarkan dan memasukan password. Setelah berhasil log in maka akan langsung masuk pada halaman monitoring. Pada Gambar 9 ditampilkan 3 parameter yang bisa dipantau yaitu suhu permukaan panel surya, tegangan output, dan arus keluaran panel. Akan tetapi 2 parameter lainnya yaitu arus dan tegangan tidak dalam pembahasan artikel ini.



Gambar 9. Tampilan Aplikasi Monitoring Suhu

#### 4. KESIMPULAN

Panel surya bekerja maksimal pada temperature kerja ideal. Berdasarkan riset-riset sebelumnya, kenaikan dan penurunan suhu permukaan panel surya dapat menurunkan kinerja panel surya. Maka dari itu, suatu alat yang dapat memonitoring suhu permukaan panel surya telah dirancang untuk dapat memonitoring suhu permukaan panel surya dari alat termudah dijangkau, yaitu smartphone. Pemanfaatan sensor suhu dan NodeMCU ESP2866 untuk memonitoring suhu permukaan panel surya telah dilakukan, dan hasil uji alat ini menunjukkan bahwa sensor suhu dapat membaca suhu panel surya dan mengirimkannya ke NodeMCU ESP2866 yang kemudian dikirim ke aplikasi bylink di smartphone. Hasil uji system yang dilakukan menunjukkan bahwa system bekerja dengan baik meskipun ada selisih pengukuran antara sensor suhu dengan alat ukur sebesar 1,6 °C. Selisih ini terjadi karena kurang presisinya tempat yang diukur antara penempatan sensor dengan permukaan yang dikur suhunya menggunakan thermogun. Selama pengujian sistem pendingin otomatis juga bekerja dengan baik, pompa air menyala secara otomatis saat suhu panel surya diatas 40°C, dan akan mati saat suhu kurang dari 40°C. Rata-rata waktu yang dibutuhkan sistem pendingin untuk mencapai suhu dibawah 40°C adalah sebesar 1,5 menit. Untuk tahapan selanjutnya penelitian ini bisa dilakukan analisis pengaruh perubahan suhu permukaan panel terhadap output daya dari panel surya dan juga dapat dihitung berapa persen kenaikan daya yang terjadi akibat pengontrolan suhu permukaan yang telah dilakukan.

**Daftar Pustaka**

- [1] J. S. Setyono, F. H. Mardiansjah, and M. F. K. Astuti, "Potensi Pengembangan Energi Baru dan Energi Terbarukan di Kota Semarang," *Riptek*, vol. 12, no. 2, pp. 177–186, 2019.
- [2] A. P. Tampubolon and J. C. Adiatma, *Laporan Status Energi Bersih Indonesia*. Jakarta: Institute for Essential Services Reform (IESR), 2019.
- [3] M. E. Yuggotomo, E. Gusmayanti, and D. Kusnandar, "Perubahan Lama Penyinaran Matahari Tahun 1990-2019 di Kalimantan Barat," *J. Meteorologi dan Klimatologi dan Geofis.*, vol. 7, no. 3, pp. 58–65, 2020.
- [4] Suharyati, S. H. Pambudi, J. L. Wibowo, and N. I. Pratiwi, *Indonesia Energy Outlook 2019*. Jakarta: Sekretarian Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019.
- [5] A. Kusmanoro and I. Farikhah, "Penyuluhan Identifikasi Potensi Energi Matahari Sebagai Sumber Listrik di SD Negeri Tambakharjo Semarang," *J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 10, no. 1, pp. 52–56, 2022.
- [6] P. Singh and N. M. Ravindra, "Temperature dependence of solar cell performance—an analysis," *Sol. energy Mater. Sol. cells*, vol. 101, pp. 36–45, 2012.
- [7] M. Chegar, A. Hamzaoui, A. Namoda, P. Petit, M. Aillerie, and A. Herguth, "Effect of Illumination Intensity on Solar Cells Parameters," *Energy Procedia*, vol. 36, pp. 722–729, 2013, doi: 10.1016/j.egypro.2013.07.084.
- [8] M. R. Gomaa, W. Hammad, M. Al-Dhaifallah, and H. Rezk, "Performance enhancement of grid-tied PV system through proposed design cooling techniques: An experimental study and comparative analysis," *Sol. Energy*, vol. 211, pp. 1110–1127, Nov. 2020, doi: 10.1016/J.SOLENER.2020.10.062.
- [9] Afriandi, I. Yusuf, and A. Hiendro, "Implementasi Water Cooling System Untuk Menurunkan Temperature Losses Pada Panel Surya," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 2, pp. 3–5, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21994%0Ahttp://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21994/17633>.
- [10] A. Warsito, E. Adriono, M. Y. Nugroho, Oding, 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 J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 499–503, 2013.
- [11] A. F. A. Castanheira, J. F. P. Fernandes, and P. J. C. Branco, "Demonstration project of a cooling system for existing PV power plants in Portugal," *Appl. Energy*, vol. 211, pp. 1297–1307, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.11.086.
- [12] X. Tang, Z. Quan, and Y. Zhao, "Experimental investigation of solar module cooling by a novel micro heat pipe array," *IEEE Pat. Appl.*, vol. 2, pp. 978–1949, 2010.
- [13] D. Surya and N. Pasra, "Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin," *J. Ilm. SUTET*, vol. 9, no. 2, pp. 71–80, 2021.
- [14] N. Safitri, T. Rihayat, and S. Riskina, *Buku Teknologi Photovoltaic*. Medan: YayasanPuga Aceh Riset, 2019.