Available *online* at : http://chipset.fti.unand.ac.id/

Journal on Computer Hardware, Signal Processing, Embedded System and Networking

| ISSN (Online) 2722-4422 |

Embedded System

Rancang Bangun Alat Pengendali Suhu Untuk Meningkatkan Daya Serap Panel Surya Berbasis Mikrokontroler

M. Firmanto [1], *Budi Rahmadya* [*2]

[1,2] *Departemen Teknik Komputer, FTI Universitas Andalas Limau Manis Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25163 Indonesia*

ARTICLE INFORMATION

Received: November 12, 2024
Revised: March 20, 2025
Available online: April 30, 2025

KEYWORDS

solar panels, temperature control, microcontroller, Arduino Uno, energy efficiency

CORRESPONDENCE

E-mail: budi-r@it.unand.ac.id

A B S T R A C T

The use of solar panels as a renewable energy source continues to grow to meet the demand for environmentally friendly electricity. However, the efficiency of solar panels can be affected by high surface temperatures, which can reduce the energy absorption capacity. To address this issue, this study aims to design and develop a microcontroller-based temperature control device that can increase the energy absorption of solar panels. The system developed uses an MLX90614 infrared sensor to detect temperature, combined with an Arduino Uno for data processing, and a water pump to spray the panel when it reaches a specific temperature threshold. In this study, the solar panel is equipped with an automatic cooling system that activates when the panel's surface temperature reaches 50°C and deactivates the pump after 2 minute. The test results show that this system successfully increased the energy absorption efficiency of the solar panel by 5.5%, with the average voltage output rising from 21.98 V without cooling to 23.21 V when using the temperature control device. Thus, this device has the potential to support energy efficiency in solar panels, especially in areas with high sunlight intensity. This study also opens up opportunities for further development in terms of spray duration settings, sensor types, and the use of alternative cooling methods to maintain the energy efficiency of solar panels in the long term.

PENDAHULUAN

Panel Surya merupakan salah satu sumber energi listrik alternatif yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Semakin berkembangnya teknologi maka akan semakin banyak pula kebutuhan akan energi listrik terutama energi listrik yang ramah lingkungan seperti panel surya. Direktur Jenderal Ketenagalistrikan Kementrian ESDM, Jisman Parada Hutajulu mengatakan kebutuhan listrik di Indonesia akan melonjak hingga 4,2% di tahun 2024 dari tahun 2023 ini yang menncapai 283,12 *Terawatt hour* (TWh)[1]. Untuk mengantisipasi kelangkaan energi listrik maka diperlukanlah alternatif lainnya seperti sumber energi listrik terbarukan dan diantaranya yaitu Panel surya.

Dalam proses kerjanya, panel surya menyerap energi dari matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Akan tetapi ada faktor yang mempengaruhi jumlah energi matahari yang dapat diserap oleh panel surya. Diantaranya ada faktor sudut arah panel surya, kebersihan pada permukaan panel surya, suhu, dan lainnya. Pada faktor suhu, panel surya pada solar system di perumahan pribadi memiliki temperatur standar sebesar 25°C (77°F), dengan rentang suhu umumnya antara 15°C and 35°C. Pada kisaran suhu ini lah panel surya menunjukkan kinerja paling baik. Batas titik efisiensi panel surya adalah pada suhu 65°C (149°F). Di atas suhu ini, efisiensi kinerja solar system dapat terganggu karena turunnya tegangan yang dihasilkan[2].

Pada penelitian sebelumnya telah ada yang meneliti terkait faktor tersebut. Yaitu pengaruh sudut panel terhadap matahari dan membuat alat berupa *tracker* cahaya matahari. Pada penelitian tersebut, untuk meningkatkan efisiensi daya serap panel surya sistem dibuat untuk mendeteksi cahaya matahari dan mengarahkan permukaan panel surya berdasarkan arah datangnya matahari atau bisa disebut dengan *solar tracker*[3].

https://doi.org/10.25077/chipset.6.01.48-54.2025
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International. Some rights reserved

Kali ini penulis akan meneliti terkait pengaruh suhu pada daya serap panel surya guna meningkatkan efisiensi daya serap panel surya tehadap matahari.

LANDASAN TEORI

Panel Surya

Panel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan prinsip efek fotovoltaik. Panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang disusun dan kemudian akan mengonversi cahaya matahari menjadi listrik arus searah [5]. Secara sederhana proses terbentuknya energi listrik pada sel surya yaitu saat foton dari cahaya matahari masuk ke dalam sel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor bertipe P dan N seperti silikon dan menghasilkan aliran elektron karena elektron terlempar dari atomnya. Aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran listrik. Susunan beberapa sel surya mengubah seluruh foton yang diserap menjadi energi listrik arus searah. Listrik arus searah tidak bisa langsung digunakan pada rangkaian listrik rumah atau bangunan sehingga harus mengubah listrik menjadi listrik arus bolak-balik menggunakan konverter [6]. Faktor suhu panel surya di perumahan pribadi memiliki temperatur standar sebesar 25°C (77°F), dengan rentang suhu umumnya antara 15°C and 35°C. Pada kisaran suhu ini lah panel surya menunjukkan kinerja paling baik. Di atas suhu ini, efisiensi kinerja solar system dapat terganggu karena turunnya tegangan yang dihasilkan[2].

Sensor Infrared Modul GY-906 MLX90614

Sensor MLX90614 adalah sensor temperatur non kontak yang mengukur temperatur berdasarkan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh suatu objek. Sensor ini dapat mengindera gelombang elektromagnetik di kisaran 700 nm hingga 14.000 nm dan dapat mengukur temperatur benda dengan akurat pada jarak 5 cm[15]. Sensor ini digunakan untuk mengukur suhu pada permukaan panel surya secara waktu nyata..

Arduino Uno

Arduino merupakan sebuah perangkat elektronik yang bersifat open source dan sering digunakan untuk merancang dan membuat perangkat elektronik serta software yang mudah untuk digunakan. Arduino ini dirancang sedemikian rupa untuk mempermudah penggunaan perangkat elektronik di berbagai bidang. Arduino ini memiliki beberapa komponen penting di dalamnya, seperti pin, mikrokontroler, dan konektor yang nanti akan dibahas lebih dalam selanjutnya. Selain itu, Arduino juga sudah menggunakan bahasa pemrograman Arduino Language yang sedikit mirip dengan bahasa pemrograman C++. Biasanya Arduino digunakan untuk mengembangkan beberapa sistem seperti pengatur suhu, sensor untuk bidang agrikultur, pengendali peralatan pintar, dan masih banyak lagi[8].

LCD 16x2 I2C

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan suatu data dapat berupa karakter, huruf, symbol maupun grafik. Karena ukurannya yang kecil maka LCD banyak dipasangkan dengan Mikrokontroller. LCD tersedia dalam bentuk modul yang mempunyai pin data, control catu daya, dan pengatur kontras.

Relay 5 Volt

Relay adalah Saklar (Switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi[10].

Power Supply *Baterai Li-Ion Seri 18650*

Lithium-Ion (Li-Ion) 18650 adalah nama yang mengacu pada ukuran fisik silinder baterai tersebut. Angka 18 menunjukkan diameter baterai 18 mm dan angka 650 menunjukkan tinggi baterai 65,0 mm. Angka 0 setelah koma menunjukkan toleransi tinggi total baterai berdasarkan jenis produk baterai 18650. Baterai 18650 merupakan jenis baterai sel khusus yang dapat diisi ulang dengan kapasitas yang tinggi. Seperti baterai sel *lithium-ion* pada umumnya, baterai 18650 menghasilkan tegangan sebesar 3,6 V atau 3,7 V, tetapi mampu memiliki kapasitas hingga 4800 mAH. Oleh karena itu, baterai ini sering digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi tambahan pada perangkat kecil seperti kamera digital, laptop (dalam pengemasan beberapa sel), rokok elektrik, bor listrik kecil, *power bank*, dan sejenisnya[11].

Pompa air DC

Pompa Air adalah suatu rangkaian elektronika yang dikemas menjadi suatu instrume, yang mempunyai fungsi sebagai penyedia aliran air dalam debit dengan prinsip kerja menghisap air yang tersedia dan mendistribusikan aliran air tersebut kepada setiap saluran keluaran air [12]. Pompa mengubah tenaga mekanis darisumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan). Tenaga ini berguna mengalirkan cairan dan

https://doi.org/10.25077/chipset.6.01.48-54.2025

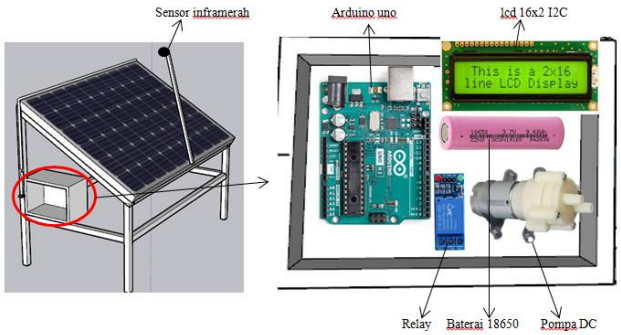
mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran. Pompa dapat meningkatkan kecepatan, tekanan, dan ketinggian cairan [13].

Arduino IDE

Arduino IDE merupakan software yang digunakan untuk membuat program yang akan dijalankan oleh mikrokontroler Arduino. Arduino IDE dibuat oleh bahasa pemrograman JAVA dan dilengkapi oleh bahasa pemrograman C/C++. Software Arduino dapat diinstal pada berbagai OS (Operating System) seperti : LINUX, Mac OS, dan Windows Sinar Arduino."Mengenal Arduino Software (IDE)" [14].

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan Umum Sistem

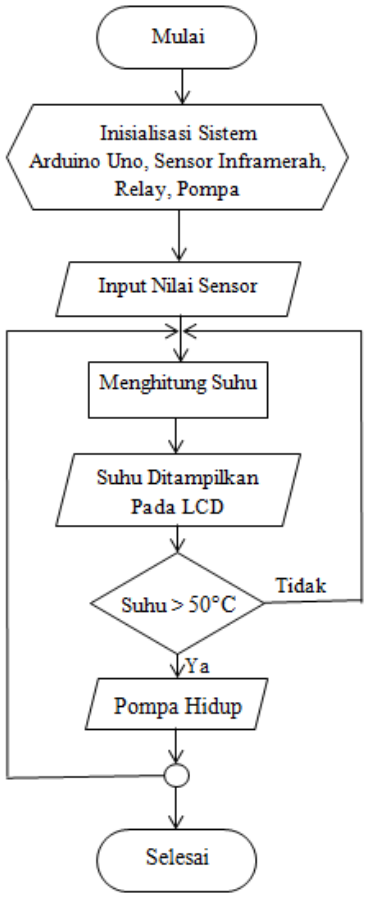


***Gambar 1** Rancangan Umum Sistem*

Berdasarkan Gambar 1 diatas, semua komponen disusun dalam satu kotak untuk bisa terintegrasi dan ditambahkan sensor inframerah diluarnya sebagai komponen inputan, layar lcd untuk kontrol sistem dan pompa dc sebagai output. Setelah pembuatan program pada Arduino, program akan mulai berjalan dengan mengukur suhu panel surya yang diukur oleh sensor suhu inframerah. Kemudian data yang diperoleh akan diproses oleh arduino dan menampilkan suhu yang diukur pada LCD. Jika suhu yang diukur lebih tinggi dari 40°C maka sistem akan mengaktifkan pompa untuk menyiram permukaan panel surya hingga suhunya turun menjadi 25°C. Setelah suhunya turun, maka pompa akan dinonaktifkan dan pengukuran suhu akan terus berlanjut.

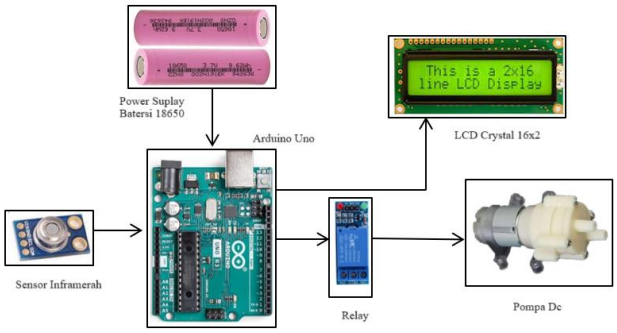
Rancangan Proses

Proses dimulai dari inisialisasi input, *ouput* serta variabel yang dibutuhkan. Masukan pada sistem ini berupa nilai hasil pengukuran sensor yang kemudian dihitung berapa suhu yang diukur. Suhu yang sudah diukur kemudian ditampilkan pada LCD. Berdasarkan suhu yang diukur, sistem akan menentukan mengaktifkan atau menon-aktifkan keluaran yaitu berupa pompa. Jika suhu yang diukur besar dari 35°C maka sistem akan mengaktifkan pompa dan jika tidak maka sistem akan terus melakukan penghitungan suhu.



***Gambar 2** Flowchart Rancangan Sistem Penyiraman Panel Surya*

Rancangan Perangkat Keras



***Gambar 3** Rancangan Perangkat Keras*

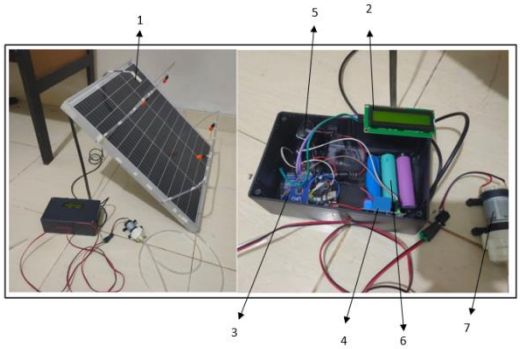
Berdasarkan gambar 3 diatas, kerja dari masing masing perangkat pada sistem adalah sebagai berikut,

1. Sensor inframerah digunakan untuk menghitung suhu permukaan panel surya.

2. *Power Suplay* untuk sistem berasal dari dua buah baterai 18650 yang disusun secara seri
3. Arduino uno digunakan sebagai media pengolah data yang diperoleh dari sensor inframerah, memberikan keluaran berupa besaran suhu yang diperoleh pada layar LCD dan menghidupkan dan mematikan pompa melalui *relay*.
4. LCD Crystal 16x2 digunakan sebagai media menampilkan hasil perhitungan suhu.
5. Relay digunakan untuk mengatur daya yang akan dialirkan menuju pompa supaya pompa bisa hidup dan juga mati.
6. Pompa digunakan untuk menurunkan suhu panel surya dengan cara menyiramkan air pada permukaan panel surya.

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Implementasi perangkat keras



Gambar 4 *Implementasi Perangkat Keras*

Implementasi perangkat keras terdiri dari sensor suhu inframerah yang mengukur suhu permukaan panel surya. Suhu telah yang diukur akan ditampilkan pada layar LCD baris pertama. Jika suhu yang diukur memiliki suhu lebih dari 50°C maka pompa akan diaktifkan untuk mengalirkan air dan melakukan penyiraman permukaan panel surya guna menurunkan suhunya. Setelah suhunya turun, maka pompa air akan dimatikan. Pada LCD baris kedua akan ditampilkan keterangn pompa aktif dan nonaktif sesuai keadaan yang terjadi sesuai pengukuran.

Penjelasan masing masing komponen yaitu :

1. sensor inframerah MLX90614, digunakan untuk mengukur suhu pada permukaan panel surya.
2. LCD 16x2, digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran suhu dan keterangan pompa aktif atau nonaktif
3. Mikrokontroler Arduino Uno, digunakan untuk pengolahan data.
4. Relay 5v, digunakan sebagai saklar untuk menghidupkan dan mematikan pompa.
5. power suplay baterai 9v, digunakan sebagai sumber tegangan dan arus pada mikrokontroler Arduino.
6. Power suplay Li-ion 18650, digunakan sebagai sumber tegangan pompa.
7. Pompa DC, digunakan untuk mengalirkan air pada panel surya supaya suhunya turun.

Implementasi Perangkat Lunak

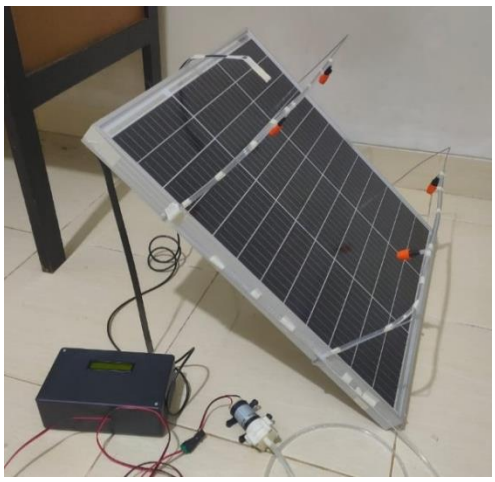
Gambar 5 *Hasil Program Arduino*

Program pada arduino dimulai dengan mengimpor *library* yang digunakan, yaitu *library* sensor inframerah mlx dan juga *library* LCD kristal dengan I2C. Kemudian inisialisasi objek sensor inframerah dan LCD kristal. Kemudian menetapkan pin yang digunakan pada fungsi pompa yaitu pin 3 dan deklarasi simbol untuk derajat. Pada *void setup*, LCD diinisialisasi dan pin 3 diatur sebagai output dari pompa. Pada fungsi *void loop*, data tampilan LCD dibersihkan dan kemudian dideklarasikan data yang akan ditampilkan pada LCD. Data suhu yang diukur oleh sensor akan ditampilkan di LCD pada baris pertama. Jika suhu melebihi 50°C, pompa diaktifkan dan pesan “Pompa Hidup” akan ditampilkan pada baris kedua. Jika tidak, pompa dimatikan dan pesan “Pompa Mati” ditampilkan pada baris kedua.

Implementasi Sistem

Tahap implementasi sistem secara keseluruhan Alat Pengendali Suhu Untuk Meningkatkan Daya Serap Panel Surya Berbasis Mikrokontroler disusun dalam sebuah kotak. Terdapat dua buah kabel keluar dari kotak untuk sensor dan juga untuk pompa. Terdapat bagian kotak yang dilubangi sebagai tempat meletakkan LCD agar tampilannya dapat terlihat dari luar seperti yang terlihat pada gambar 6

https://doi.org/10.25077/chipset.6.01.48-54.2025



Gambar 6 Rancangan Umum Sistem

Pengujian dan Analisa

Pengujian dan Analisa Perangkat Keras

Pada tahap ini dilakukan pengujian komponen perangkat keras agar dapat berfungsi dengan baik dan mencapai tujuan dari penelitian.

Pengujian Sensor Suhu Inframerah

Tabel

No	MLX90614	Termogun	Selisih
1	6.56	6.6	0.04
2	14.24	14.5	0.26
3	64.42	63.5	0.92
4	77.18	78.3	1.12
5	29.16	28.2	0.96
6	45.52	47.1	1.58
7	14.64	16.8	2.16
8	37.54	36.5	1.04
9	60.74	62.2	1.46
10	30.54	31.7	1.16
Rata-rata			1.07

Sensor suhu yang digunakan pada alat adalah sensor suhu inframerah MLX90614. Pengujian sensor dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran dengan termometer non kotak terhadap suatu benda. Pengujian dilakukan sebanhyak sepuluh kali. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat rentang selisih antara data yang diperoleh dari alat, berkisar dari 1°C hingga 2°C. Dengan temuan ini, dapat disimpulkan bahwa pendeteksian suhu pada alat berfungsi secara efektif dan memberikan hasil yang cukup akurat. Keberhasilan alat dalam mengukur suhu dengan tingkat selisih yang rendah mengindikasikan kinerja yang memuaskan dalam informasi di lapangan.

Pengujian Pompa Terhadap Suhu Panel Surya

Tabel

No	Suhu Awal (°C)	Durasi Penyiraman (detik)	Suhu akhir (°C)
1	58.8	30	51.3
2	58.8	60	44.9
3	58.8	90	39.7
4	58.8	120	35.5
5	58.8	150	33.8
6	50.4	30	45.3
7	50.4	60	41
8	50.4	90	37.4
9	50.4	120	34.7
10	50.4	150	33.6

Pengujian dilakukan dengan tujuan menentukan rentang waktu yang diperlukan untuk menurunkan suhu pada permukaan panel surya. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan pompa yang akan menyemprotkan air pada permukaan panel surya ke Arduino melalui Relay. Relay digunakan sebagai saklar yang akan menghubungkan dan memutuskan arus pada pompa air. Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan durasi penyiraman 30 detik dan kelipatannya.

Pada tabel dapat dilihat bahwa pengujian pertama terukur suhu awal panel surya 58.8°C. Setelah dilakukan penyiraman selama 30 detik, maka suhu panel surya turun menjadi 51,3°C. kemudian setelah pengukuran, panel surya disiram kembali selama 30 detik sehingga total durasi penyiraman menjadi 60 detik. Lalu pengukuran suhu kembali dilakukan dan didapatkanlah suhu permukaan panel surya turun menjadi 44,9°C. Dan begitu pula seterusnya hingga durasi 150 detik dan dilakukan pengujian ulang saat suhu diatas 50°C.

Hasil dari tabel menunjukan bahwa selisih turunnya suhu pada panel surya mengalami penurunan disetiap tahap durasi pengujian. Pada pengujian pertama, turunnya suhu pada permukaan panel surya lenih besar daripada tahap berikutnya. Hingga pada durasi penyiraman 150 detik, suhu yang turun tidak jauh beda dari penyiraman dengan durasi 120 detik. Hal ini disebabkan oleh perbandingan suhu yang semakin menipis. Berbeda dengan awal penyiraman, perbedaan suhu antara permukaan panel surya dan air cukup jauh. Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa kinerja optimal pompa pada alat yang akan dirancang dalam menurunkan suhu panel surya lebih baik pada rentang durasi penyiraman 90 detik hingga 120 detik.

Untuk itu, pada proses selanjutnya durasi penyiraman akan ditetapkan pada durasi 120 detik.

Pengujian dan Analisa Sistem Keseluruhan

Tabel

No	Menit Ke-	Suhu(°C)	Tegangan (V)	Pompa
1	Awal	30.1	23.8	Mati
2	2	34.1	23.6	Mati
3	4	37.9	23.2	Mati
4	6	41.5	23.0	Mati
5	8	44.9	22.8	Mati
6	10	48.1	22.7	Mati
7	12	50.1	22.6	Hidup
8	14	33.9	23.7	Mati

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan dengan cara meletakan panel surya diatas atap berbahan seng dengan komponen berada ditempat yang teduh. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem mampu mengendalikan suhu pada panel surya. Kemudian dilakukan perbandingan tegangan yang dihasilkan antara panel surya yang diberi perlakuan sistem dengan yang tidak diberi perlakuan.

Untuk mengetahui kinerja sistem, dilakukan pengujian dimulai dari sistem diletakkan ditempat panas, kemudian diukur suhu dan juga tegangan yang dihasilkan serta waktu yang dibutuhkan untuk panel surya mencapai suhu batas yang ditentukan yaitu 50°C sehingga sistem menghidupkan pompa untuk menurunkan suhu permukaan panel surya. Pompa akan hidup secara otomatis jika suhu mencapai batas atas dan pompa akan mati setelah 120 detik sesuai hasil pada percobaan pompa air sebelumnya.

Berikut merupakan hasil dari percobaan yang dilakukan terhadap sistem selama satu siklus. Satu siklus yang dimaksud adalah dimulai dari awal sistem diletakkan pada tempat pengujian hingga pompa dimatikan setelah melakukan penyiraman terhadap permukaan panel surya yang telah mencapai batas atas suhu yang ditentukan. Siklus selanjutnya dimulai setelah pompa dimatikan hinga pompa kembali dimatikan.

Pada tabel diatas pengumpulan data dimulai setelah siklus sebelumnya selesai. Pada data pertama, pengumpulan data dimulai sesaat setelah pompa mati dan kemudian data dikumpulkan setiap 2 menit sesidahnya. Awal mula suhu sistem adalah 30,1 °C dengan tegangan yang dihasilkan 23.8 V. Setelah dua menit data yang dikumpulkan menunjukkan suhu pada permukaan panel surya naik menjadi 34.1°C dengan tegangan yang turun menjadi 23.6V. Dan begitu seterusnya hingga menit ke 12 suhu pada permukaan panel surya mencapai 50.1°C sehingga sistem menghidupkan pompa untuk menyiram permukaan panel surya. Setelah 2 menit berlalu pompa akan mati secara otomatis dan memulai siklus selanjutnya. Kemudian Sistem kembali melakukan pengukuran suhu pada permukaan panel surya dan seterusnya. Pada hasil tabel dapat disimpulkan bahwa sistem mampu melakukan proses pengendalian suhu pada panel surya.

Untuk mengetahui besaran peningkatan daya serap pada permukaan panel surya, maka dilakukan pengujian untuk mengetahui perbandingan tingkat daya serap seperti tabel dibawah.

Perbandingan tegangan yang dihasilkan diambil dari percobaan yang telah dilakukan sebelumnya. Data yang diambil dimulai dari awal setelah pompa dimatikan sampai pompa dinyalakan atau mencapai batas suhu maksimum. Pengumpulan data dilakukan setiap 2 menit sekali hingga data diatas terkumpul. Hasil tabel 4.6 menunjukkan bahwa terdapat selisih rata rata tegangan yang dihasilkan dari panel surya. Untuk mengetahui nilai persentase peningkatan efisiensi dari pengujian diatas menggunakan rumus sebagai berikut:

(%)

Dari rumus diatas, maka didapatkan lah :

(%)

Jadi, dengan bantuan sistem pengendali suhu pada panel surya, tingkat daya serap panel surya dapat meningkat hingga 5.5% dibanding panel surya tanpa alat pengendali suhu.

Tabel

No	Panel Tanpa sistem (V)	Panel dilengkapi sistem (V)
1	22.1	23.8
2	22	23.6
3	22.1	23.2
4	22	23
5	22	22.8
6	21.9	22.7
7	21.9	22.6
8	21.8	23.8
9	21.9	23.6
10	22	23.2
11	22.1	23
12	22	22.8
13	22	22.7
14	21.9	22.6
Rata rata	21.98	23.21

https://doi.org/10.25077/chipset.6.01.48-54.2025

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa dari penelitian yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Sensor suhu inframerah mlx90614 mampu mengukur suhu pada permukaan panel surya dengan rata-rata selisih 1,07 °C terhadap *Thermogun*.
2. Pompa mampu menyemprotkan air untuk menurunkan suhu permukaan panel surya dengan durasi yang digunakan adalah 120 detik.
3. Sistem pengendali suhu mampu meningkatkan daya serap pada panel surya dengan peningkatan rata-rata tegangan sebesar 5.5% dibandingkan dengan panel surya tanpa sistem pengendali suhu.

Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa secara keseluruhan, adapun saran untuk pengembangan pada penelitian lanjutan adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran suhu pada panel surya dapat menggunakan sensor suhu kontak dengan cara menempelkannya pada bagian bawah dari permukaan panel surya.
2. Perlu meneliti lebih dalam terkait pengaruh penyiraman air pada panel surya dalam jangka waktu yang panjang.
3. Perlu meneliti dampak sirkulasi udara terhadap suhu panel surya.
4. Pompa air dapat disesuaikan dengan spesifikasi panel surya yang digunakan.

REFERENSI

[1] Muliawati, Firda Dwi, "Kebutuhan Listrik RI Bakal Melejit 4% Tahun Depan", CNBC Indonesia, [Online]. Available: https://www.cnbcindonesia.com/news/20231115101159-4-489134/kebutuhan-listrik-ri-bakal-melejit-4-tahun-depan. [Diakses 27 November 2023].

[2] P. K. Tiyas and M. Widyartono, "S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya," Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya, pp. 274–282, 2020.

[3] Kahfi, Ashabul. 2015 Rancang Bangun Sistem Kendali Tracking Sinar Matahari dengan Logika Fuzzy. Universitas Andalas, Padang.

[4] Rangkuti, Maksum, "Mengenal Listrik dan Sejarahnya. Fakultas Teknik UMSU", [Online]. Available: https://fatek.umsu.ac.id/mengenal-listrik-dan-sejarahnya/. [Diakses 28 November 2023]

[5] Harahap, Partaonan. 2020. "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya". Medan. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

[6] Kusuma, Wiranatha Jaya, Yudhy, dkk. 2015. "Rancang Bangun Penggerak Otomatis Panel Surya Menggunakan Sensor Photodioda Berbasis Mikrokontroller Atmega 16". Lampung. Universitas Lampung

[7] Admin, "Belajar Program Sensor Suhu Non-Contact IR Infra Red GY-906 MLX90614 dengan Arduino," *NN Digital Blog*, 16 Juni 2019. Diakses: 8 Nov. 2024. [Online]. Available: https://www.nn-digital.com/blog/2019/06/16/belajar-program-sensor-suhu-non-contact-ir-infra-red-gy-906-mlx90614-dengan-arduino/

[8] Arduino, *Arduino® UNO R3 Product Reference Manual*, SKU: A000066, 2024. Diakses: 8 Nov 2024. [Online]. Tersedia: https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1943445/ARDUINO/ARDUINO-UNO.html

[9] Crystalfontz America, Inc., *CFAH1602A-AGB-JP Character LCD Module Datasheet*, 2024. Diakses: 8 Nov 2024. [Online]. Tersedia: http://www.crystalfontz.com:contentReference[oaicite:0]{index=0}.

[10] D. Kho, "Pengertian Relay dan Fungsinya.", Teknik Elektronika [Online]. Available: https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/, [Diakses 28 November 2023]

[11] S. SB, "Baterai 18650," Sandi Elektronik, [Online]. Available: https://www.sandielektronik.com/2018/12/baterai-18650.html. [Diakses 28 November 2023]

[12] Aisuwarya, Ratna dan Ahmad Fauzi. 2020. *Sistem Kendali Jarak Jauh dan Monitoring Pengggunaan Listrik pada Pompa Air Melalui Smartphone.* Sistem Komputer Universitas Andalas. JITCE-Vol. 04 No. 01 (2020) 32-39

[13] Nugrahanto, Indrawan. *Pembuatan Water Level Sebagai Pengendali Water Pump Otomatis Berbasis Transistor*. Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik – Sistem, Vol. 13 No.1

[14] Berliana, Citra, Mohammad Hafiz Hersyah. 2022. "Rancang Bangun Timbangan Beras Digital Dengan Keluaran Tiga Jenis Beras Berbasis Mikrokontroler". Padang. Universitas Andalas

[15] Melexis, *MLX90614 Infra Red Thermometer Datasheet*, 2024. Diakses: 8 Nov 2024. [Online]. Tersedia: https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/224153/MELEXIS/MLX90614.html