

Prototipe Sistem Pendingin dan Monitoring Panel Surya Menggunakan Penyiram Air Otomatis Berbasis *Internet Of Things* (IOT)

Maulana Kamal¹ dan Budi Pramono Jati²

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung
Jl. Kaligawe Km 4 Semarang, Semarang 50112
e-mail: budipramono@unissula.ac.id

Abstrak— Kinerja panel surya adalah menangkap radiasi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik dan tersimpan di tempat penyimpanan serta dialirkan ke alat elektronik. Kinerja panel surya dipengaruhi oleh faktor suhu yang apabila terjadi kenaikan suhu, maka efisiensi akan menjadi rendah, sehingga diperlukan sistem pendingin. Dengan mengusung tema Internet of Things (IoT) yang mencakup pemantauan sistem guna mengontrol dan monitor secara jarak jauh yang terhubung dengan internet. Oleh karena itu, penelitian ini akan merancang Prototipe Sistem Pendingin dan Monitoring Panel Surya Menggunakan Penyiram Air Otomatis Berbasis Internet Of Things (Iot). Hasil pengujian panel surya dari pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB, nilai tegangan, arus, daya dan suhu yang dihasilkan memiliki perbedaan, dimana nilai tegangan, arus, daya dan suhu yang dihasilkan oleh panel surya menggunakan pendingin melalui pengamatan langsung tegangan rata-rata 6,52%, arus rata-rata 4,8% dan daya rata-rata 11,63% lebih besar dibanding tanpa sistem pendingin. Sedangkan panel surya monocristalline dengan menggunakan pendingin melalui ESP32 tegangan rata-rata 7,15%, arus rata-rata 4,2% dan daya rata-rata 11,85% lebih besar dibanding tanpa sistem pendingin. Selain itu, pompa penyiram panel surya dapat bekerja jika suhu pada panel surya diatas 40 oC sesuai dengan batas yang sudah ditetapkan.

Kata kunci: *Panel surya, sistem pendingin, internet of things (IoT), INA219, termokopel*

Abstract— The use of solar panels to capture solar radiation, which is converted into electrical energy, stored in storage unit and then distributed to electronic devices. The performance of solar panels influenced by temperature factors, where an increase in temperature will result in lower efficiency, thus requiring a cooling system. With the theme of the Internet of Things (IoT), which includes system to control and monitoring remotely connected to the internet, this study will design a prototype of the cooling system and monitoring solar panels using automatic water-pouring based on internet of things (iot). The results of testing the solar panel from 09:00 AM to 03:00 PM show differences in the values of voltage, current, power, and temperature, where the values produced by the solar panel with cooling, through direct observation, have average voltage 6.52%, average current 4.8%, and average power 11.63% higher compared to without cooling system. Meanwhile, the monocristalline solar panel using cooling through the ESP32 has an average voltage 7.15%, average current 4.2%, and average power 11.85% higher compared to without cooling system. Furthermore, the sprinkler pump for the solar panel will operate if the temperature on the solar panel exceeds 40°C, according to the established limit. yang dibaca, karena itu tuliskan temuan atau kontribusi utama dari naskah sebaik mungkin dengan singkat.

Keywords: *Solar panels, cooling system, internet of things (IoT), INA219, thermocouple*

I. PENDAHULUAN

Saat ini listrik menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan manusia karena hampir semua sektor kehidupan bergantung dengan listrik. Bahan utama produksi listrik saat ini, khususnya di Indonesia masih menggunakan batu bara sebagai bahan utama dalam produksi tenaga listrik. Dalam produksi batu bara sendiri tentunya mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan, karena pengelolaan tambang yang masih belum optimal, sisa limbah tambang batu bara yang tidak dikelola dengan baik menjadikan limbah tersebut

sangat buruk untuk lingkungan hidup disekitar tambang batu bara[1].

Dengan meningkatnya kesadaran dalam menjaga lingkungan hidup, pada saat ini penggunaan energi yang terbarukan mulai menjalar dibeberapa sektor dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu pemanfaatan energi terbarukan adalah menggunakan panel surya untuk memproduksi listrik. Panel surya sendiri sekarang ini sudah digunakan pada tingkat industri untuk membantu mem-backup energi listrik, sehingga dapat menekan angka pengeluaran dalam penggunaan listrik. Selain tingkat

industri, panel surya juga digunakan pada tingkat rumah tangga untuk membantu menekan biaya pengeluaran listrik tiap bulan.

Panel surya sendiri mempunyai sistem kerja dengan cara menangkap radiasi yang dihasilkan oleh matahari yang selanjutnya dikonversi menjadi energi listrik yang disimpan pada sebuah penyimpanan atau baterai untuk selanjutnya dialirkan menuju ke peralatan elektronik lainnya. Panel surya mempunyai efisiensi konversi dengan standar suhu pada nilai 25°C , hal ini dikarenakan suhu sangat mempengaruhi kinerja efisiensi pada panel surya, dimana semakin tinggi suhunya, maka akan menghasilkan efisiensi yang rendah. Sehingga penggunaan sistem pendingin diharapkan mampu mengurangi suhu yang berlebih dan mengembalikan suhu ke tingkat normal untuk mendapatkan nilai efisiensi[2].

Dalam perkembangannya, selain energi terbarukan yang mulai dikembangkan pada saat ini, penggunaan internet dalam kegiatan sehari-hari juga mulai dikembangkan. Pada penelitian ini, penggunaan internet digunakan sebagai salah satu pengembangan digital dalam monitoring untuk mengetahui kondisi pada panel surya secara real time sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi panel surya pada saat itu juga.

II. STUDI PUSTAKA

Tinjauan pustaka yang digunakan pada penelitian ini sebagai referensi dan pembanding dari penelitian yang dilakukan sebelumnya adalah sebagai berikut.

Penelitian yang berjudul Analisis Pengaruh Suhu Terhadap Tegangan Output Pada Panel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline 50 WP yang disusun oleh Nur Atikah dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Dalam jurnal tersebut pengaruh air sebagai pendingin untuk mendinginkan permukaan panel surya menghasilkan output tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa menggunakan air pendingin[3].

Penelitian yang berjudul Analisis Performansi Protokol MQTT Pada Sistem Pemantauan Kualitas Udara Ruangan Berbasis IoT yang disusun oleh Raden Mumtaz Rafly Akbar, Teuku Yuliar Arif dan Muhammad Irhamsyah dengan tujuan untuk memantau kualitas udara ruangan dengan menggunakan MQTT sebagai perantara alat dengan gawai karena efisiensi penggunaan energi pada MQTT dengan delay minimal, jitter rendah dan packet loss yang dapat ditoleransi[4].

Penelitian yang berjudul Prototype Alat Penyiram Tanaman Otomatis Dengan Sensor Kelembaban Dan Suhu Berbasis Arduino yang disusun oleh Shamaratul Fuadi dan Oriza Candra dengan tujuan untuk membuat alat penyiram tanaman secara otomatis dengan sensor kelembaban[5].

A. Panel Surya

Solar panel atau panel surya merupakan perangkat yang digunakan untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya yang terdiri dari sejumlah bahan dengan sifat semi-konduktor. Bahan semi-konduktor yang biasa digunakan dalam panel surya adalah silikon, dengan memanfaatkan sifat semi-konduktor tersebut, cahaya matahari yang mengenai sel surya akan menyebabkan elektron yang berada pada sel surya tersebut terbebaskan, sehingga menghasilkan arus listrik. Pada umumnya, arus

yang dihasilkan oleh panel surya akan disimpan ke baterai dan diubah menggunakan inverter, sehingga dapat digunakan untuk keperluan penyaluran listrik baik untuk perumahan ataupun gedung[6].

Sel surya pada panel surya yang dihubungkan secara paralel dengan sebuah dioda dijadikan sumber referensi arus, dimana pada setiap sel surya berfungsi sebagai dioda jenis P-N. Sehingga saat sinar matahari diserap oleh sel surya, energi yang didapatkan diubah menjadi energi listrik tanpa harus melewati komponen mekanis. Oleh sebab itu apabila sel surya disinari pasangan electron-hole yang dihasilkan pada seluruh sel menyebabkan terjadinya koneksi listrik pada junction P-N dan aliran arus[7].

Panel surya monocrystalline merupakan salah satu jenis panel surya yang terbuat dari silikon batang tunggal dengan ketebalan 0,3 mm yang berbentuk irisan tipis seperti wafers. Panel surya jenis ini mempunya keunggulan efisiensi yang lebih baik (14-17%) hal ini disebabkan karena struktur dari silikon batang tunggal yang menyebabkan aliran elektron cenderung lebih baik. Monocrystalline mempunyai ukuran yang ramping dan lebih ringan sehingga penggunaannya dapat digunakan pada daerah yang relatif tidak terlalu panas[3].

B. MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) merupakan salah satu protokol komunikasi terbuka menggunakan model publish-subscribe. MQTT mudah digunakan oleh pengguna dikarenakan pengaturan yang sederhana baik dari pihak publisher maupun subscriber. Dalam MQTT terdapat sistem yang mengatur jalannya pengiriman data, dimana Broker berfungsi sebagai perantara publisher dan subscriber yang memastikan pengiriman data atau topik tersampaikan dari kedua pihak. Dalam penjaminan data yang dikirim, MQTT mempunyai 3 Kualitas Pelayanan atau Quality of Services (QoS) untuk penjaminan, yaitu QoS 0, QoS 1, dan QoS 2[4].

C. Sensor Termokopel Tipe K+ Maxx6675

Prinsip kerja yang digunakan pada termokopel berdasarkan efek "Thermo-electric" dimana perbedaan panas pada benda yang diukur diubah menjadi tegangan.[8]. Efek ini ditemukan oleh seorang fisikawan asal Estonia bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberikan perbedaan panas secara gradien dapat menghasilkan tegangan listrik[9].

Maxx6675 merupakan modul sensor suhu yang mempunyai kemampuan pengukuran suhu tinggi dari suhu $0,25^{\circ}\text{C}$ hingga memungkinkan untuk membaca suhu setinggi 1024°C . Max6675 yang berfungsi untuk mendigitalkan sinyal dari termokopel tipe K.Ujung logam sensor termokopel tipe K biasanya terbuat dari bahan seperti alumel dan chromel[10].

D. Relay

Relay merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar, sehingga dapat digunakan sebagai pengontrol untuk komponen listrik lainnya. Relay dapat berfungsi dikarenakan terdapat medan magnet yang digunakan untuk menggerakkan saklar. Pada saat kumparan pada relay diberikan tegangan, medan magnet akan terjadi

pada kumparan sehingga arus mengalir pada lilitan kawat[11].

Relay terdiri dari kumparan, pegas, saklar dan dua kontak elektrik (Normaly Close dan Normaly Open). Normaly Close (NC) merupakan kondisi ketika saklar terhubung dengan kontak sehingga relay berada pada kondisi aktif atau dikatakan berada dalam kondisi tertutup. Sedangkan Normaly Open (NO) merupakan kondisi ketika saklar tidak terhubung dengan kontak sehingga relay berada pada kondisi tidak aktif atau dikatakan berada dalam kondisi terbuka[12].

E. ESP32

ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler yang dilengkapi dengan WiFi 2,4GHz dan bluetooth sehingga ESP32 dapat digunakan dalam berbagai proyek sederhana yang berbasis Internet of Things (IoT). Dilengkapi dengan banyak fitur tambahan dan keunggulan dibandingkan dengan generasi sebelumnya menjadikan ESP32 sangat cocok digunakan untuk membuat proyek elektronika.

ESP32 mempunyai 48 pin dengan fungsi berbeda-beda, sehingga tidak semua pin mempunyai fitur yang sama. Fitur pada ESP32 diantaranya adalah :

- 18 kanal Analog-to-Digital Converter (ADC).
- 3 SPI Interfaces.
- 3 UART Interfaces.
- 2 I2C Interfaces.
- 16 kanal keluaran PWM.
- 2 kanal Digital-to-Analog Converter (DAC).
- 2 I2S Interfaces.
- 10 Capacitive sensing GPIO's.

Dengan mempunyai pin out yang lebih banyak dan memori yang lebih besar serta dapat terkoneksi WiFi dan Bluetooth menjadikan ESP32 lebih unggul dibandingkan dengan mikrokontroler lain[13].

Input kanal ADC mempunyai resolusi 12-bit, yang berarti untuk pembacaan analog berada di jarak 0-4095, dimana nilai 0 mewakili 0V dan 4095 mewakili 3.3V. Resolusi kanal yang digunakan juga dapat diatur pada kode yang digunakan dan juga jarak ADC yang digunakan. Pin ADC pada ESP32 tidak mempunyai perilaku linier dimana hal tersebut membuat ESP32 tidak dapat membedakan antar 0 dan 0.1V atau 3.2 dan 3.3V[14].

F. Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) merupakan perangkat lunak yang sering digunakan dalam pemrograman. Dengan mempunyai banyak modul pendukung (sensor, monitor, pembaca, dll) menjadikan Arduino IDE menjadi wadah bagi banyak profesional dibidangnya dalam membuat program. Menggunakan bahasa C dan atau C++ menjadikan Arduino IDE salah satu wadah dalam pembuatan program, selain itu aplikasi ini dapat diunduh secara gratis. Karena gratis, menjadikan aplikasi ini bersifat Open Source sehingga semua orang dapat menggunakan, mengunduh gambar, membeli komponen, membuat PCB dan merakit sendiri tanpa membayar pembuat Arduino[15].

G. Sensor INA219

INA219 merupakan salah satu sensor untuk mengukur tegangan dan arus listrik dengan menggunakan teknologi shunt. Sensor INA219 dapat mengukur arus hingga 3.2A dan juga dapat mengukur tegangan hingga 26V[16]. INA219 biasa digunakan untuk mengukur tegangan dan arus pada panel surya, dengan menggunakan komunikasi jenis 12C, pembacaan nilai yang dikirim pada kontroler melalui pin SCL dan SDA[17]. Pada penggunaan dikontroler ESP32, sensor INA219 dapat digunakan sebanyak 4 buah sensor, hal ini dapat dilakukan dengan cara menghubungkan pin A0 dan atau pin A1 pada modul sensor INA219 serta panggilan alamat pada program di Arduino IDE. Sensor INA219 cukup tricky dimana jalur rangkaian input Vin- harus dihubungkan ke pin GND pada ESP32 agar dapat terbaca oleh sensor.

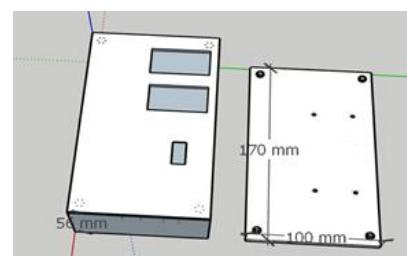
III. METODE

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu melakukan observasi untuk mengumpulkan informasi dari jurnal, publikasi ilmiah, manual books maupun sumber dari berbagai studi lainnya. Menggunakan studi literatur dapat menjadikan sebagai acuan referensi untuk mengetahui parameter yang akan digunakan pada penelitian.

Pada penelitian ini mengkaji alat pendingin panel surya dapat berfungsi dengan baik, sehingga dapat menghasilkan keluaran yang optimal dibandingkan dengan panel surya tanpa menggunakan pendingin.

A. Perancangan Perangkat Keras

Pada penelitian ini, perangkat keras menggunakan sebuah kotak hitam sebagai wadah dari mikrokontroler, modul sensor yang digunakan, baterai, VA meter dan juga relay yang digunakan dalam penelitian.



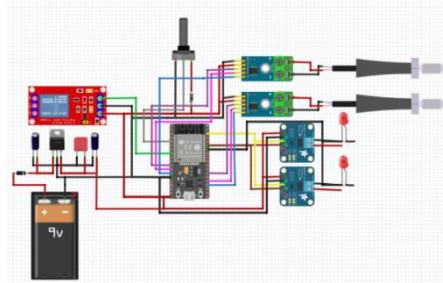
Gambar 1. Desain Wadah Rangkaian Mikrokontroler



Gambar 2. Wadah Rangkaian Mikrokontroler

B. Jalur Rangkaian Mikrokontroler

Wiring dari rangkaian mikrokontroler yang digunakan pada penelitian kali ini dapat dilihat melalui gambar dibawah ini.



Gambar 3. Wiring Rangkaian Kontroler

Pada rangkaian diatas terdapat rangkaian penurun tegangan menggunakan 2 kapasitor elektrolit, 1 kapasitor biasa, 1 dioda dan juga IC regulator 7805. Sehingga tegangan yang masuk akan dibatasi pada nilai 5 V, dimana tegangan 5 V ini untuk menghidupkan rangkaian mikrokontroler tersebut.

C. Perancangan Perangkat Lunak

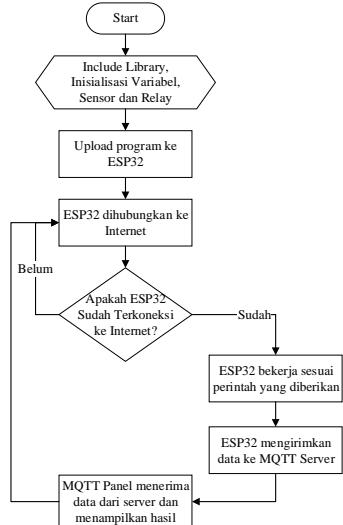
Pada penelitian ini, pengembangan perangkat lunak secara keseluruhan mencakup pemrograman menggunakan arduino IDE, mengatur alamat MQTT menggunakan MQTT Explorer serta mengatur tampilan muka pada telepon pintar menggunakan aplikasi IoT MQTT Panel.

Perancangan program pada arduino IDE dimulai dengan mendefinisikan library yang akan digunakan seperti sensor suhu, WiFi, MQTT, sensor INA219, relay dan juga potensiometer yang digunakan untuk mengatur batas suhu yang digunakan untuk menghidupkan pompa air.

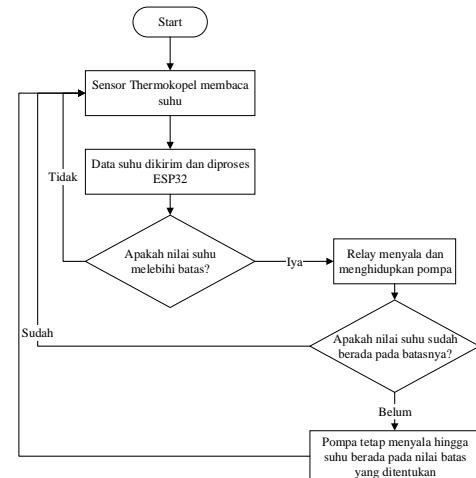
Pada perancangan MQTT mencakup cara untuk mengatur alamat MQTT yang akan digunakan dan juga mengatur tampilan muka pada telepon pintar melalui aplikasi IoT MQTT Panel.

D. Diagram Alur

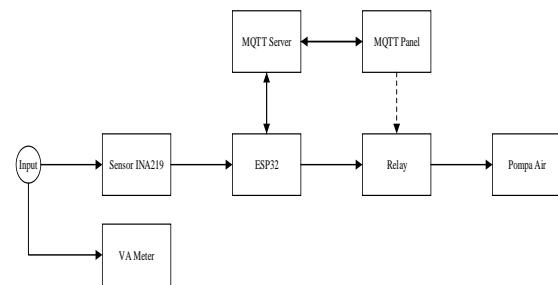
Pada pembahasan ini akan ditampilkan diagram alur penelitian dan juga diagram blok sistem kendali.



Gambar 4. Diagram Alur Kerja ESP32



Gambar 5. Diagram Alur Penghidupan Pompa Air



Gambar 6. Diagram Blok Sistem Kendali

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

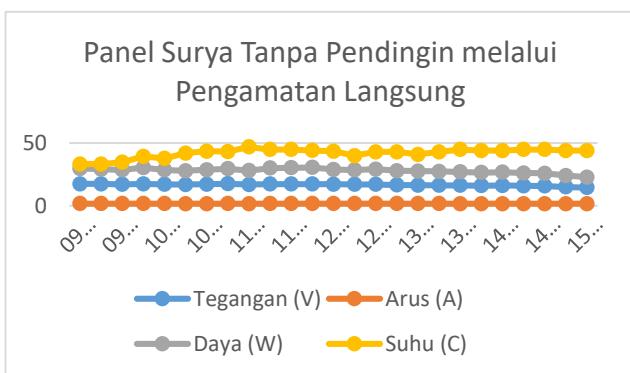
Pada tahap ini membahas terkait analisa hasil dari pengujian dan perbandingan mengenai hasil dari keluaran pada panel surya monocrystalline yang terhubung dengan beban secara langsung pada 2 kondisi yaitu menggunakan pendingin dan tanpa menggunakan pendingin. Dari kedua kondisi tersebut diambil hasil dari keluaran dengan pengamatan secara langsung melalui VA meter digital dan juga pengamatan melalui sensor yang terhubung ke ESP32 sebagai mikrokontroler. Sebelum dilakukan pengujian lapangan secara langsung, alat yang sudah dirangkai terlebih dahulu melakukan uji keakuratan nilai dengan cara kalibrasi menggunakan power supply.

A. Pengujian Panel Surya Saat Kondisi Tanpa Pendingin Melalui Pengamatan Langsung.

Tabel 1. Hasil pengukuran tegangan, arus daya dan suhu panel surya dengan pengamatan langsung pada kondisi tanpa pendingin.

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu (C)
09.00	17,50 V	1,70 A	29,75 W	33,25 C
09.15	17,40 V	1,68 A	29,23 W	33,25 C
09.30	17,10 V	1,67 A	28,56 W	34,75 C
09.45	17,50 V	1,74 A	30,45 W	39,50 C
10.00	17,10 V	1,67 A	28,56 W	37,75 C
10.15	16,90 V	1,65 A	27,89 W	42,00 C
10.30	17,25 V	1,67 A	28,72 W	43,50 C
10.45	17,60 V	1,68 A	29,57 W	43,25 C

11.00	17,00 V	1,65 A	28,05 W	47,00 C
11.15	17,37 V	1,73 A	30,05 W	45,00 C
11.30	17,38 V	1,75 A	30,33 W	45,00 C
11.45	17,39 V	1,76 A	30,61 W	44,20 C
12.00	17,25 V	1,68 A	28,97 W	43,50 C
12.15	17,10 V	1,67 A	28,56 W	40,00 C
12.30	17,05 V	1,71 A	29,16 W	43,00 C
12.45	16,54 V	1,69 A	27,95 W	43,00 C
13.00	16,45 V	1,68 A	27,64 W	41,00 C
13.15	16,36 V	1,68 A	27,48 W	43,00 C
13.30	16,27 V	1,66 A	27,01 W	45,00 C
13.45	16,06 V	1,65 A	26,50 W	44,00 C
14.00	16,14 V	1,66 A	26,79 W	44,00 C
14.15	15,95 V	1,64 A	26,16 W	45,00 C
14.30	15,82 V	1,64 A	25,94 W	45,00 C
14.45	15,09 V	1,60 A	24,14 W	44,00 C
15.00	14,48 V	1,58 A	22,88 W	44,00 C
Rata-rata	16,72 V	1,68 A	28,04 W	42,12 C



Gambar 7. Grafik Perolehan Nilai Keluaran Tegangan, Arus, Daya dan Suhu pada Panel Surya Tanpa Pendingin melalui pengamatan langsung

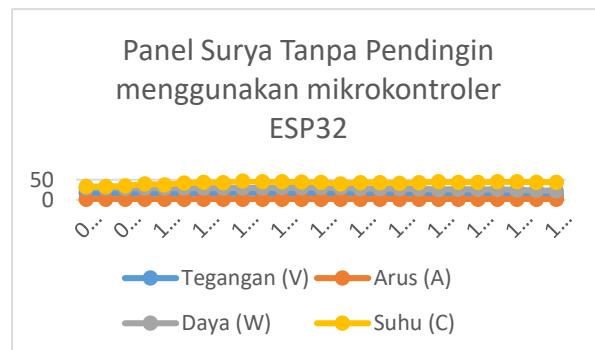
Daya yang dihasilkan pada keluaran panel surya pada kondisi tanpa pendingin menggunakan beban secara langsung mempunyai nilai rata-rata tegangan 16,72 V, arus 1,68 A dan daya 28,04 Watt serta dengan suhu rata-rata 42,12 °C.

B. Pengujian Panel Surya Saat Kondisi Tanpa Pendingin Melalui ESP32.

Tabel 2. Hasil pengukuran tegangan, arus daya dan suhu panel surya melalui ESP32 pada kondisi tanpa pendingin.

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu (C)
09.00	17,16 V	1,72 A	29,52 W	33,25 C
09.15	17,20 V	1,72 A	29,58 W	33,25 C
09.30	16,94 V	1,71 A	28,97 W	34,75 C
09.45	17,09 V	1,71 A	29,22 W	39,50 C
10.00	16,98 V	1,71 A	29,04 W	37,75 C

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu (C)
10.15	17,08 V	1,71 A	29,21 W	42,00 C
10.30	16,96 V	1,72 A	29,17 W	43,50 C
10.45	16,84 V	1,73 A	29,13 W	43,25 C
11.00	17,48 V	1,70 A	29,72 W	47,00 C
11.15	17,20 V	1,72 A	29,58 W	45,00 C
11.30	17,28 V	1,73 A	29,89 W	45,00 C
11.45	17,35 V	1,74 A	30,19 W	44,20 C
12.00	17,13 V	1,76 A	30,05 W	43,50 C
12.15	16,90 V	1,77 A	29,91 W	40,00 C
12.30	16,90 V	1,65 A	27,89 W	43,00 C
12.45	16,50 V	1,69 A	27,89 W	43,00 C
13.00	16,45 V	1,67 A	27,55 W	41,00 C
13.15	16,60 V	1,64 A	27,22 W	43,00 C
13.30	16,00 V	1,61 A	25,76 W	45,00 C
13.45	16,30 V	1,62 A	26,41 W	44,00 C
14.00	16,20 V	1,61 A	26,08 W	44,00 C
14.15	16,20 V	1,61 A	26,08 W	45,00 C
14.30	15,70 V	1,59 A	24,96 W	45,00 C
14.45	15,10 V	1,56 A	23,56 W	44,00 C
Rata-rata	16,65 V	1,68 A	27,96 W	42,12 C



Gambar 8. Grafik Perolehan Nilai Keluaran Tegangan, Arus, Daya dan Suhu pada Panel Surya Tanpa Pendingin menggunakan mikrokontroler ESP32

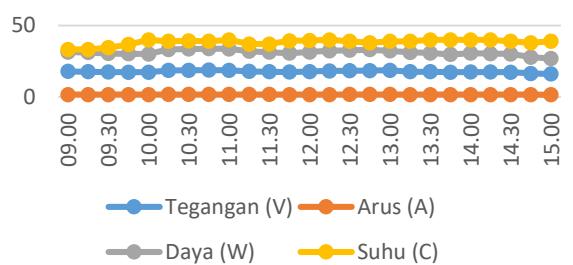
Daya yang dihasilkan pada keluaran panel surya pada kondisi tanpa pendingin menggunakan beban secara langsung mempunyai nilai rata-rata tegangan 16,65 V, arus 1,68 A dan daya 27,96 Watt serta dengan suhu rata-rata 42,12 °C. Hasil yang didapatkan ketika pada kondisi tanpa pendingin menunjukkan nilai yang didapatkan tidak jauh berbeda dengan nilai yang diperoleh menggunakan VA meter, sehingga hal ini menunjukkan untuk akurasi sensor INA219 mendekati mirip hasilnya.

C. Pengujian Panel Surya Saat Kondisi Dengan Pendingin Melalui Pengamatan Langsung.

Tabel 3. Hasil pengukuran tegangan, arus daya dan suhu panel surya dengan pengamatan langsung pada kondisi dengan pendingin.

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu (C)
09.00	17,90 V	1,76 A	31,50 W	33,25 C
09.15	17,70 V	1,76 A	31,15 W	33,25 C
09.30	17,50 V	1,74 A	30,45 W	34,50 C
09.45	17,40 V	1,74 A	30,28 W	36,75 C
10.00	17,40 V	1,73 A	30,10 W	40,00 C
10.15	18,60 V	1,79 A	33,29 W	39,00 C
10.30	18,70 V	1,80 A	33,57 W	39,25 C
10.45	18,80 V	1,80 A	33,84 W	39,00 C
11.00	18,70 V	1,80 A	33,66 W	40,00 C
11.15	17,90 V	1,79 A	32,04 W	37,00 C
11.30	17,67 V	1,78 A	31,36 W	37,00 C
11.45	17,43 V	1,76 A	30,68 W	39,25 C
12.00	17,85 V	1,77 A	31,51 W	39,50 C
12.15	18,27 V	1,77 A	32,34 W	40,00 C
12.30	18,34 V	1,78 A	32,65 W	39,00 C
12.45	18,52 V	1,79 A	33,15 W	38,00 C
13.00	18,70 V	1,78 A	32,20 W	39,00 C
13.15	17,76 V	1,76 A	31,26 W	39,00 C
Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu (C)
13.30	17,69 V	1,74 A	30,78 W	40,00 C
13.45	17,34 V	1,72 A	29,82 W	40,00 C
14.00	17,50 V	1,75 A	30,63 W	40,00 C
14.15	17,45 V	1,74 A	30,36 W	40,00 C
14.30	17,41 V	1,73 A	30,12 W	39,00 C
14.45	16,50 V	1,69 A	27,89 W	38,00 C
15.00	16,17 V	1,66 A	26,84 W	39,00 C
Rata-rata	17,81 V	1,76 A	31,26 W	38,35 C

Panel Surya Dengan Pendingin melalui Pengamatan Langsung



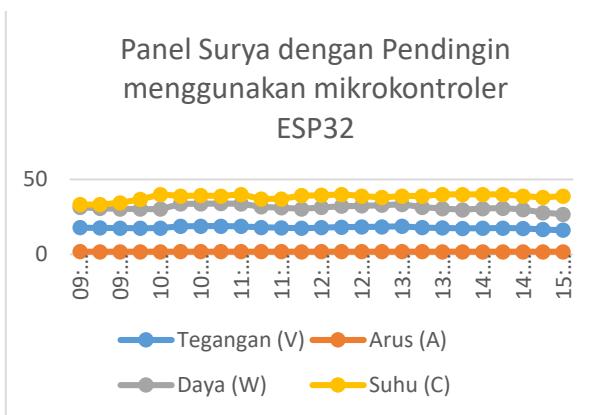
Gambar 9. Grafik Perolehan Nilai Keluaran Tegangan, Arus, Daya dan Suhu pada Panel Surya Dengan Pendingin melalui pengamatan langsung

Daya yang dihasilkan pada keluaran panel surya pada kondisi dengan pendingin menggunakan beban secara langsung mempunyai nilai rata-rata tegangan 17,81 V, arus 1,76 A dan daya 31,26 Watt serta dengan suhu rata-rata 38,35 °C. Hasil yang didapatkan ketika pada kondisi menggunakan pendingin menunjukkan nilai yang didapatkan lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan pendingin.

D. Pengujian Panel Surya Saat Kondisi Dengan Pendingin Melalui ESP32.

Tabel 4. Hasil pengukuran tegangan, arus daya dan suhu panel surya dengan pengamatan langsung pada kondisi dengan pendingin.

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu (C)
09.00	17,89 V	1,76 A	31,49 W	33,25 C
09.15	17,67 V	1,74 A	30,75 W	33,25 C
09.30	17,56 V	1,73 A	30,38 W	34,50 C
09.45	17,49 V	1,73 A	30,26 W	36,75 C
10.00	17,51 V	1,73 A	30,29 W	40,00 C
10.15	18,73 V	1,80 A	33,71 W	39,00 C
10.30	18,79 V	1,80 A	33,82 W	39,25 C
10.45	18,85 V	1,80 A	33,93 W	39,00 C
11.00	18,77 V	1,80 A	33,79 W	40,00 C
11.15	17,95 V	1,77 A	31,77 W	37,00 C
11.30	17,73 V	1,76 A	31,11 W	37,00 C
11.45	17,50 V	1,74 A	30,45 W	39,25 C
12.00	17,85 V	1,76 A	31,33 W	39,50 C
Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu (C)
12.15	18,20 V	1,77 A	32,21 W	40,00 C
12.30	18,30 V	1,77 A	32,39 W	39,00 C
12.45	18,45 V	1,77 A	32,88 W	38,00 C
13.00	18,75 V	1,78 A	33,38 W	39,00 C
13.15	17,90 V	1,76 A	31,50 W	39,00 C
13.30	17,70 V	1,73 A	30,62 W	40,00 C
13.45	17,30 V	1,72 A	29,76 W	40,00 C
14.00	17,48 V	1,75 A	30,59 W	40,00 C
14.15	17,60 V	1,75 A	30,80 W	40,00 C
14.30	17,30 V	1,73 A	29,93 W	39,00 C
14.45	16,60 V	1,68 A	27,89 W	38,00 C
15.00	16,20 V	1,65 A	26,73 W	39,00 C
Rata-rata	17,84 V	1,75 A	31,27 W	38,35 C



Gambar 10. Grafik Perolehan Nilai Keluaran Tegangan, Arus, Daya dan Suhu pada Panel Surya dengan Pendingin menggunakan mikrokontroler ESP32

Daya yang dihasilkan pada keluaran panel surya pada kondisi tanpa pendingin menggunakan beban secara langsung mempunyai nilai rata-rata tegangan 17,84 V, arus 1,75 A dan daya 31,27 Watt serta dengan suhu rata-rata 38,35 °C. Hasil yang didapatkan ketika pada kondisi menggunakan pendingin menunjukkan nilai yang didapatkan tidak jauh berbeda dengan nilai yang diperoleh menggunakan VA meter.

V. KESIMPULAN

Pompa air yang berfungsi ketika suhu diatur pada titik 40 °C membantu menghasilkan keluaran dari panel surya moonocrystalline lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya yang tidak menggunakan sistem pendingin. Hasil yang didapatkan ketika melalui pengamatan secara langsung didapatkan kenaikan rata-rata keluaran seperti tegangan sebesar 6,52%, arus sebesar 4,8% serta daya 11,63%. Mikrokontroler ESP32 selain berfungsi sebagai saklar untuk menghidupkan pompa air, juga berfungsi untuk membaca nilai tegangan, arus, daya dan suhu pada panel surya. Ketika menggunakan ESP32, mikrokontroler tersebut berhasil membaca keluaran pada panel surya dimana hasil yang didapat juga menghasilkan kenaikan pada panel surya yang menggunakan sistem pendingin dengan didapatkan nilai keluaran rata-rata tegangan sebesar 7,15%, arus 4,2% dan daya 11,85%.

REFERENSI

- [1] T. A. Wahyu Sabubu, "Pengaturan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batubara Di Indonesia Prespektif Hak Atas Lingkungan Yang Baik Dan Sehat," *J. Lex Renaiss.*, vol. 5, no. 1, pp. 72–90, 2020, doi: 10.20885/jlr.vol5.iss1.art5.
- [2] S. Ghorpade, B. Farakte, S. Kulaye, S. Pawar, and D. Wagh, "Efficiency Improvement of Solar Panel Using Different Cooling Techniques-a Review".
- [3] T. Elektro, U. Islam, S. Agung, and N. Atikah, "Analisis Pengaruh Suhu Terhadap Tegangan Output Pada Panel Surya Monocrystalline Dan Polycrystalline 50 Wp Analysis Of The Effect Of Temperature On Output Voltage In 50 Wp Monocrystalline And Polycrystalline Solar Panels" 2024.
- [4] R. M. R. Akbar, T. Y. Arif, and M. Irhamsyah, "Analisis Performansi Protokol MQTT Pada Sistem Pemantauan Kualitas Udara Ruangan Berbasis IoT," *KITEKTRO J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 8, no. 3, pp. 102–109, 2023.
- [5] S. Fuadi, O. Candra, U. N. Padang, J. Prof, and H. Air, "Prototype Alat Penyiram Tanaman Otomatis dengan Sensor Kelembaban dan Suhu Berbasis Arduino," vol. 1, no. 1, pp. 21–25, 2020.
- [6] I. G. I. S. Mahadipa, I. G. J. E. Putra, and P. T. H. Permana, "Perancangan Alat Pengering Biji Kakao Berbasis Arduino Bertenaga Solar Panels" *J. Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 9, no. 4, pp. 416–423, 2023.
- [7] W. P. M. P. W, "Analisa Efisiensi Pemakaian Panel Surya Monocrystalline 50 Wp Dan Polycrystalline Analysis of Efficiency of Using 50 Wp Monocrystalline and Polycrystalline Solar Panels Using a 25 W Load," 2023.
- [8] F. A. Fhadillah, A. Andang, and N. Busaeri, "Sistem Kontrol Suhu Electric Muffle Furnace Menggunakan Sensor Thermokopel Type-K Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 113, no. 2, pp. 113–124, 2023.
- [9] L. M. Majdi, I. M. Kumendong, I. H. Muhammad, and F. A. Aziz, "Pemanfaatan Termokopel sebagai Sensor Suhu untuk Analisis Kelarutan Zat Terlarut," vol. 5, no. 2, pp. 85–92, 2024.
- [10] A. Setiyoko and D. E. Yuliana, "Kendali Suhu Minyak Goreng Pada Penggorengan Sosis Menggunakan Kontrol PID," *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 3, no. 01, pp. 52–62, 2022, doi: 10.31328/jasee.v3i01.6.
- [11] N. Tri et al., "Perancangan Sistem Monitoring Ketersediaan Air Otomatis Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 6, pp. 154–164, 2023.
- [12] T. Elektro, S. Itn, and M. Indonesia, "Motor Menggunakan Komunikasi Bluetooth Smartphone," vol. 07, pp. 63–70, 2023.
- [13] M. Yusro, DKK, "Modul Pembelajaran Aplikasi Internet of Things (IoT)". June, 2021.
- [14] R. Mischianti, "DOIT ESP32 DEV KIT v1: high resolution pinout and specs," no. December, 2023.
- [15] A. R. T. Saputra, Prototype Sistem Kontrol Pembersih Panel Surya Berbasis Iot. 2024.
- [16] Z. P. Muqorobin, A. Nawawi, A. A. Ardani, and S. P. Setia, "Off-Grid Solar System Monitoring based on ESP-32 and INA219 In Pesanggrahan Gordomulyo," vol. 1, no. 2, pp. 22–32, 2024, doi: 10.26740/vubeta.v1i2.34859.
- [17] M. Mungkin, H. Satria, J. Yanti, and G. B. A. Turnip, "Perancangan Sistem Pemantauan Panel Surya Polycrystalline Menggunakan Teknologi Web Firebase Berbasis Iot Polycrystalline Solar Panel Monitoring System Design Using Iot-Based Firebase Web Technology 1234" vol. 3, pp. 319–327, 2020.