

System monitoring of solar power plant using NODE MCU ESP8266 based on IOT

Fitrah Hasan Limbong ^{1*}, Taufiq ², Andik Bintoro ³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Malikussaleh
Aceh, Indonesia.

*fitrah.200150003@mhs.unimal.ac.id

ABSTRACT

Solar power plants have become a very popular energy source and have great potential in reducing dependence on fossil energy sources. The ESP8266 MCU Node is one type of microcontroller that is very popular in the development of IoT projects. In generating electrical energy, Internet of Things (IoT) technology has developed rapidly and become one of the most popular technologies in the field of electrical energy. With the PLTS monitoring system using the website, users can unite the performance of real time. Solar panels or solar cells are equipment modules that can convert solar energy into electrical energy with DC current, monitoring is the process of collecting information and analyzing analysis based on indicators that are systematically and continuously set about activities so that corrective actions can be taken to improve the program. Researchers will also discuss the importance of PLTS monitoring, as well as the potential of IoT technology in increasing the efficiency and quality of electrical energy production. The website is used to operate the IoT principle which is designed to read quickly and easily in real time. Functional testing is divided into 3, sensor voltage testing, ACS712 current sensor and NodeMCU testing. Electrical parameters to be measured such as output current and output voltage of the PLTS monitoring system tool that has been designed and built and has been done. The testing phase is carried out by conducting a functional test of the system to determine the level of success and accuracy of the tool. The test results show that the voltage is maintained in normal conditions, 12 V more and for abnormal voltages, namely below 12 V, while the current varies at the time of measurement, namely at 0 A to 0.28 A. producing power ranging from 0 W to 3.7 W.

Keywords: Power Plants; Monitoring; Website Server; IoT.

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah menjadi sumber energi yang sangat populer dan memiliki potensi besar dalam mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Node MCU ESP8266 adalah salah satu jenis mikrokontroler yang sangat populer dalam pengembangan proyek IoT. Dalam menghasilkan energi listrik, teknologi Internet of Things (IoT) telah berkembang dengan cepat dan menjadi salah satu teknologi yang sangat populer dalam bidang energi listrik. Dengan adanya sistem monitoring PLTS menggunakan website, pengguna dapat secara real-time memantau kinerja PLTS. Panel surya atau sel surya (solar cell) merupakan suatu modul peralatan yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan arus DC, Monitoring adalah proses pengumpulan dan analisis informasi berdasarkan indikator yang ditetapkan secara sistematis dan kontinu tentang kegiatan sehingga dapat dilakukan tindakan koreksi untuk penyempurnaan program itu selanjutnya. Peneliti juga akan membahas tentang pentingnya monitoring PLTS, serta potensi teknologi IoT dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi energi listrik. Website digunakan untuk mengoperasikan prinsip IoT yang dirancang untuk membaca dengan cepat dan mudah secara realtime. Pengujian fungsional terbagi menjadi 3 yaitu pengujian sensor tegangan, sensor arus ACS712 dan pengujian NodeMCU. Parameter listrik yang akan di ukur seperti arus output dan tegangan output. Alat sistem monitoring PLTS yang sudah dirancang dan dibangun serta sudah dilakukan. Tahap pengujian dilakukan dengan melakukan uji fungsional sistem untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan keakuratan pada alat tersebut. Hasil pengujian menunjukkan tegangan dipertahankan dalam kondisi normal yaitu 12 V lebih dan untuk tegangan yang tidak normal yaitu di bawah tegangan 12 V, sementara arus bervariasi pada waktu pengukurannya yaitu pada 0 A hingga 0.28 A. menghasilkan daya berkisar antara 0 W hingga 3.71 W.

Kata kunci: PLTS; Monitoring; Website; Server; IoT.

Manuscript received 04 October 2024, Accepted 9 November 2024.

Journal Geuthee of Engineering and Energy is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.



1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah menjadi sumber energi yang sangat populer dan memiliki potensi besar dalam mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Teknologi PLTS terus berkembang pesat, menjadikannya salah satu pilihan utama dalam menghasilkan energi listrik. Namun, pengawasan dan pemantauan PLTS masih menjadi tantangan besar dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi energi listrik. Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi Internet of Things (IoT) telah muncul sebagai solusi yang menjanjikan di berbagai bidang, termasuk industri energi. IoT memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi dengan internet dan berbagi data secara online, sehingga memungkinkan pemantauan dan pengawasan yang lebih efektif dan efisien.

NodeMCU ESP8266 merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang sangat populer dalam pengembangan proyek IoT. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan Wi-Fi dan dapat berkomunikasi dengan internet secara online. Dengan menggunakan NodeMCU ESP8266, sistem monitoring PLTS dapat dibuat lebih efektif dan efisien. Pada tugas akhir ini, peneliti berencana mengembangkan sistem monitoring PLTS dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 berbasis IoT. Sistem ini diharapkan dapat memantau kondisi PLTS secara online dan mengirimkan data ke server untuk dianalisis dan diawasi. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi energi listrik serta memonitor kondisi PLTS dengan lebih efektif dan efisien.

Dalam menghadapi kompleksitas ini, teknologi IoT muncul sebagai solusi yang menjanjikan. IoT memungkinkan pengumpulan data secara real-time dari sensor yang terhubung ke berbagai elemen PLTS, seperti panel surya, sistem penyimpanan energi, dan komponen lainnya. Data ini dapat memberikan wawasan mendalam tentang kinerja PLTS, membantu memonitor, dan memungkinkan pengoptimalan operasional dalam waktu nyata. Sistem monitoring PLTS dengan website merupakan sebuah sistem yang dirancang untuk memonitor dan memantau pengoperasian PLTS secara efisien. Penggunaan website pada sistem monitoring ini memungkinkan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang berbeda, menyediakan antarmuka grafis yang intuitif bagi pengguna, dan memudahkan visualisasi data seperti arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan oleh PLTS.

Sistem pemantauan panel surya menggunakan NodeMCU ESP8266 berbasis IoT bukan hanya alat pemantauan, tetapi juga merupakan platform pintar yang dapat merespons secara adaptif terhadap kondisi lingkungan. Misalnya, ketika intensitas cahaya matahari tiba-tiba menurun, sistem otomatisasi dapat memantau output daya panel surya. Dengan demikian, sistem dapat memberikan peningkatan yang lebih signifikan dalam pemantauan. IoT menyediakan kerangka kerja yang memungkinkan perangkat elektronik untuk berkomunikasi satu sama lain dan berbagi data melalui jaringan internet. Dengan menerapkan konsep IoT pada PLTS, kita dapat mengembangkan sistem pemantauan yang lebih cerdas dan terintegrasi.

Sistem pemantauan berbasis IoT untuk PLTS berpotensi memberikan banyak manfaat. Dengan mengumpulkan data real-time tentang kinerja panel surya dan produksi energi, peneliti dapat mengoptimalkan operasi PLTS untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi dampak lingkungan. Selain itu, kendali jarak jauh melalui aplikasi berbasis web atau seluler dapat memberikan fleksibilitas yang lebih besar dalam mengelola PLTS. Keberlanjutan operasi PLTS juga dapat ditingkatkan melalui analisis data yang mendalam. Penggunaan algoritma cerdas dan pembelajaran mesin dapat membantu mengidentifikasi pola dan tren dalam produksi dan konsumsi energi, memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kebutuhan energi dan potensi penghematan.

Sistem Monitoring PLTS menggunakan NodeMCU ESP8266 berbasis IoT merupakan teknologi yang memanfaatkan sensor-sensor untuk memonitor kinerja PLTS secara otomatis. Dengan menggunakan NodeMCU ESP8266, sistem ini dapat terhubung ke internet dan mentransfer data ke platform LabVIEW kemudian ke website untuk analisis lebih lanjut. Hal ini memungkinkan pemilik sistem untuk memantau performa panel surya dan memaksimalkan efisiensi penggunaan energi terbarukan.

Aplikasi IoT semacam ini dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi ketergantungan pada energi konvensional. Proyek ini bertujuan untuk

mengembangkan sistem pemantauan PLTS menggunakan NodeMCU ESP8266 berbasis IoT yang lebih canggih, dengan penekanan pada integrasi teknologi sensor canggih, analisis data cerdas, dan otomatisasi respon terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Dalam penelitian ini, peneliti juga akan membahas pentingnya monitoring PLTS serta potensi teknologi IoT dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi energi listrik. Sistem ini diharapkan dapat membantu meningkatkan efisiensi operasional PLTS, sekaligus memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana teknologi IoT dapat diterapkan secara efektif dalam konteks energi terbarukan. Sistem ini dapat memonitor kinerja PLTS secara real-time, mendeteksi masalah atau kerusakan pada sistem, dan melakukan tindakan yang diperlukan untuk mengoptimalkan produksi energi dari PLTS. Keberhasilan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan teknologi monitoring PLTS berbasis IoT.

2. RESEARCH METHO

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber energi baru terbarukan. PLTS bekerja dengan mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Prinsip kerjanya melibatkan penangkapan energi matahari oleh panel surya dan mengubahnya menjadi energi listrik melalui proses fotolistrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya kemudian disalurkan ke perangkat berikutnya untuk diubah menjadi listrik AC yang bisa digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.

Panel surya terdiri dari sel-sel surya yang dirangkai membentuk modul panel surya. Sel surya terbuat dari komponen semikonduktor seperti silikon murni dan bahan semikonduktor lainnya. PLTS adalah pembangkit listrik ramah lingkungan karena tidak memiliki bagian yang berputar, tidak menimbulkan kebisingan, dan tidak menghasilkan limbah yang merugikan lingkungan. Beberapa faktor yang mempengaruhi output daya sel surya adalah radiasi matahari, suhu sel surya, orientasi panel surya, dan pengaruh bayangan.

PLTS umumnya digunakan untuk memasok listrik skala kecil, menengah, dan besar. Komponen utama dalam sistem PLTS meliputi panel surya (sel surya), charge controller, baterai, dan inverter. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk tegangan DC disimpan dalam baterai setelah disalurkan ke charge controller, kemudian diubah menjadi tegangan AC menggunakan power inverter untuk menyuplai beban yang memerlukan sumber tegangan AC. Keunggulan PLTS sebagai sumber energi alternatif adalah membantu pemerintah dalam menyuplai kebutuhan listrik masyarakat setempat, sehingga masyarakat dapat beralih menggunakan energi terbarukan dari sinar matahari untuk kebutuhan sehari-hari [1-5].

2.2. Panel Surya

Panel surya atau sel surya (solar cell) adalah modul yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan arus DC. Arus DC yang dihasilkan kemudian diubah menjadi arus AC menggunakan inverter dan dikontrol secara otomatis untuk mengatur sistem. Arus AC tersebut kemudian disalurkan ke panel distribusi dalam ruangan untuk mendistribusikan listrik sesuai kebutuhan peralatan listrik. Sel surya dibagi menjadi tiga golongan berdasarkan teknologi pembuatannya, yaitu monokristal, polikristal, dan thin film photovoltaic [1].



Gambar 1, Panel surya

2.3. Solar Charge Controller (SCC)

Setelah panel surya menerima sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik, energi listrik tersebut disimpan dalam baterai menggunakan Solar Charge Controller (SCC). SCC adalah alat yang mengisi arus listrik searah atau listrik DC ke dalam aki atau baterai [2-10].



Gambar 2, Solar Charge Controller (SCC)

2.4. Baterai

Baterai PLTS adalah komponen kunci dalam sistem energi surya yang digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Energi tersebut dapat digunakan langsung atau disimpan untuk penggunaan di masa mendatang, terutama saat sinar matahari tidak tersedia [9].



Gambar 3, Baterai.

2.5. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang mengacu pada jaringan perangkat fisik yang saling terhubung dan bertukar data melalui internet. IoT memungkinkan pengendalian, komunikasi, dan kerjasama perangkat keras melalui jaringan internet. Keamanan dan privasi data sangat penting dalam sistem IoT [11 -13] .

2.6. Monitoring

Monitoring adalah proses pengumpulan dan analisis informasi berdasarkan indikator yang ditetapkan secara sistematis dan kontinu tentang kegiatan/program untuk melakukan tindakan korektif. Monitoring memberikan informasi tentang status dan tren melalui pengukuran dan evaluasi yang berulang dari waktu ke waktu [14 – 16].

2.7. Website Monitoring

Penggunaan IoT dalam sistem monitoring PLTS memungkinkan pengiriman data secara real-time melalui internet, memudahkan monitoring dan kontrol sistem. Sistem monitoring online berbasis web menggunakan modul sensor untuk mengukur parameter seperti tegangan, arus, suhu, dan kelembaban, serta mengirim data ke website untuk analisis dan pengawasan [17].

2.8. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah alat elektronika digital dengan input, output, dan kontrol yang dapat dibuat dan dihapus secara khusus. Mikrokontroler banyak digunakan pada produk yang dikontrol secara otomatis seperti kontrol mesin dan peralatan industry [18].

2.8.1. NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah modul mikrokontroler berbasis chip WiFi ESP8266, dikembangkan untuk memudahkan pengembangan proyek IoT dengan antarmuka pemrograman sederhana. NodeMCU dilengkapi dengan port microUSB untuk pemrograman dan catu daya, serta mendukung software Arduino IDE dan bahasa pemrograman Luar.

NodeMCU menggunakan bahasa pemrograman Lua yang merupakan paket dari ESP8266. Bahasa LUA memiliki logika dan organisasi yang sama dengan bahasa C, hanya saja sintaksnya yang berbeda. Jika menggunakan bahasa Lua, Anda dapat menggunakan tool Lua loader atau Lua

uploader. Selain bahasa Lua, NodeMCU juga mendukung software Arduino IDE dengan melakukan sedikit perubahan pada board manager di Arduino IDE. Sebelum menggunakan board ini harus di-flash terlebih dahulu agar mendukung tools yang akan digunakan. Jika menggunakan Arduino IDE gunakan firmware yang sesuai, yaitu firmware keluaran dari Ai-Thinker yang mendukung AT Command. Untuk penggunaan tool loader, firmware yang digunakan adalah firmware NodeMCU. Modul NodeMCU ESP8266 dapat dilihat pada gambar di bawah ini [19 -21].



Gambar 4, NodeMCU ESP8266.

3. RESULT AND DISCUSS

3.1. Analisa dan Pembahasan

3.1.1. . Analisa hasil rancangan sistem monitoring plts

a. Analisa rancangan elektronik

Sistem Monitoring PLTS yang dirancang bertujuan untuk memantau tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya. Rancangan elektronik terdiri dari beberapa komponen penting seperti sensor tegangan DC, sensor arus ACS712, NodeMCU ESP8266, dan solar charger controller (SCC). Semua komponen ini ditempatkan dalam box panel untuk memudahkan pengujian dan perlindungan.

- Sensor Tegangan DC: Sensor ini digunakan untuk mengukur tegangan keluaran dari panel surya. Tegangan yang diukur kemudian dikirim ke NodeMCU untuk diproses dan dikirim ke server monitoring.
- Sensor Arus ACS712: Sensor ini mengukur arus yang mengalir dari panel surya ke beban. Pengukuran arus ini penting untuk mengetahui seberapa banyak daya yang dihasilkan dan digunakan.
- NodeMCU ESP8266: Mikrokontroler ini berfungsi sebagai penghubung antara sensor dan server monitoring. Data dari sensor dikumpulkan, diproses, dan dikirim ke server melalui WiFi.
- Solar Charger Controller (SCC): SCC digunakan untuk mengatur pengisian baterai dari panel surya, memastikan baterai terisi dengan aman dan efisien.

Rancangan ini memastikan bahwa semua komponen bekerja secara sinergis untuk memonitor output PLTS secara real-time, baik secara lokal maupun jarak jauh melalui internet.

b. Analisa rancangan program

Program yang dirancang menggunakan Arduino IDE untuk memprogram NodeMCU ESP8266. Program ini menggunakan pustaka ESP8266WiFi untuk koneksi internet dan pustaka sensor untuk membaca data dari sensor tegangan dan arus.

- Koneksi internet: NodeMCU dikonfigurasi untuk terhubung ke jaringan WiFi lokal, memungkinkan pengiriman data secara real-time ke server.
- Pengolahan data: Data yang diterima dari sensor diproses oleh NodeMCU dan dikirim ke server monitoring. Program ini juga dilengkapi dengan fitur untuk memverifikasi dan debugging.

Website server yang digunakan untuk monitoring dirancang untuk menerima dan menampilkan data secara real-time. User interface yang intuitif memudahkan pengguna untuk melihat data pengukuran dalam bentuk grafik dan tabel, serta mengakses data historis yang disimpan dalam format CSV.

3.2. Pembahasan hasil pengujian

a. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Pengujian meliputi sensor tegangan DC, sensor arus ACS712, dan NodeMCU.

- Sensor tegangan DC: Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor tegangan mampu mengukur tegangan dengan akurasi yang tinggi. Data tegangan ditampilkan dengan jelas pada website monitoring.
- Sensor Arus ACS712: Sensor arus juga menunjukkan kinerja yang baik dalam mengukur arus keluaran dari panel surya. Pengukuran ini penting untuk mengetahui efisiensi sistem PLTS.
- NodeMCU ESP8266: Mikrokontroler ini berhasil mengirim data sensor ke server monitoring tanpa hambatan. Koneksi WiFi yang stabil memastikan data diterima secara real-time.

b. Pengujian Kinerja

Pengujian kinerja dilakukan untuk mengevaluasi keseluruhan sistem monitoring PLTS dalam kondisi operasional yang sebenarnya. Pengujian ini mencakup pengukuran tegangan dan arus selama satu minggu, dari pukul 08.05 sampai 17.16.

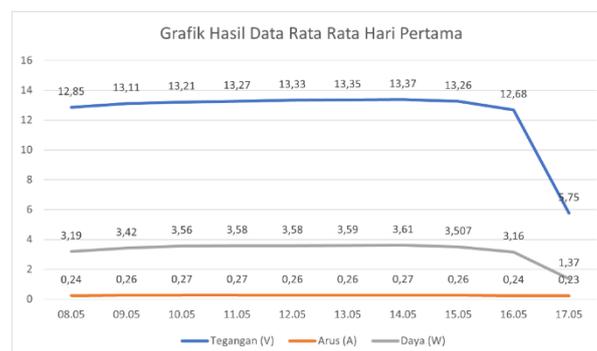
- Data real-time: Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sistem monitoring mampu menampilkan data tegangan dan arus secara real-time. Grafik dan tabel pada website monitoring memberikan visualisasi yang jelas dan mudah dipahami.

3.3. Hasil pengujian pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)

Hasil pengujian sistem monitoring PLTS menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan tegangan keluaran dalam batas yang diinginkan baik saat sel surya menyerap energi optimal maupun saat mendung. Respons terhadap perubahan intensitas cahaya sangat responsif dengan tegangan output yang stabil. Sensor dan komponen berfungsi baik bahkan saat matahari tidak memberikan energi maksimal, memastikan keandalan panel surya dalam berbagai kondisi. Tidak ada kegagalan signifikan yang terjadi, semua komponen berfungsi seperti yang diharapkan, memenuhi standar kinerja dan siap untuk digunakan operasional.

3.3.1. Hasil data monitoring hari pertama

Hasil data penelitian sistem monitoring pada hari pertama dilakukan pada hari Sabtu 06 Juli 2024 dan dilakukan mulai pukul 08.05 Wib sampai dengan 17.16 Wib. Penelitian ini dilakukan di samping Jurusan Teknik Elektro Unimal. Adapun grafik yang didapat dari hasil penelitian sistem monitoring PLTS pada hari pertama yaitu pada gambar di bawah ini :



Gambar 5, Grafik hasil data rata- rata hari pertama

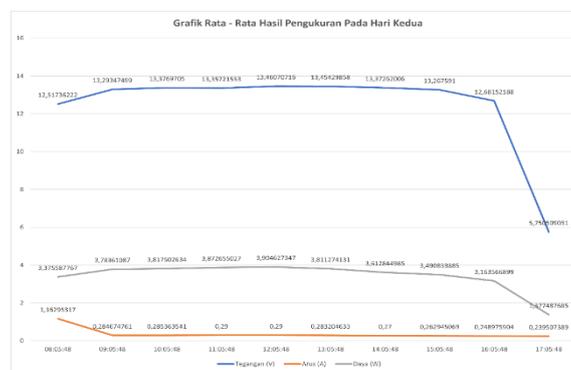
Dari data grafik dan tabel di atas dapat di analisa bahwa pada jam 08.05 Wib sampai dengan jam 15.04 Wib terjadi kenaikan tegangan secara perlahan – lahan yang dimulai pada tegangan 12,85 V hingga 13,37 V, ini terjadi karena kondisi cuaca yang lumayan stabil dan tidak ada halangan apapun yang menutupi panel surya untuk menerima sinar matahari, dan pada jam

15.05 Wib – 17.04 Wib terjadi penurunan tegangan yang tidak terlalu signifikan yaitu 13,37 V turun ke 12,68 V ini terjadi karena cuaca dalam keadaan mendung dan sinar matahari yang di serap oleh panel surya tidak terlalu maksimal. Namun pada jam 17.05 Wib – 17.16 Wib terjadi penurunan tegangan yang signifikan dari 12,68 V menjadi 5,75 V. Ini di akibatkan karena kondisi cuaca berawan dan sinar matahari telah menutupi area panel surya yang dimana panel surya telah tertutupi sepenuhnya oleh bayangan dari gedung Teknik Elektro dan ini terjadi tegangan tidak normal.

Hasil data pengukuran pada hari pertama di atas terdapat tegangan tertinggi yaitu 13,37 V yaitu pada jam 14.05 Wib – 15.04 Wib, dengan suhu panel yaitu 45,1 oC, suhu area panel yaitu 43,8 oC dan intensitas cahaya yaitu sebesar 30.900 Lux dengan kondisi cuaca berawan cerah. Untuk tegangan terendah di dapat yaitu sebesar 5,75 V, yaitu pada jam 17.05 Wib – 17.16 Wib, dengan suhu panel yaitu 31,9 oC, suhu area 28 oC, dan intensitas cahayanya yaitu 7.400 Lux dengan kondisi panel tertutupi oleh bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro.

3.3.2 Hasil Data Monitoring Pada Hari Kedua

Hasil data penelitian sistem monitoring pada hari pertama di lakukan pada hari Minggu 07 Juli 2024 dan di lakukan mulai pukul 08.05 Wib sampai dengan 17.16 Wib. Penelitian ini di lakukan di samping Jurusan Teknik Elektro Unimal. Adapun grafik yang di dapat dari hasil penelitian sistem monitoring PLTS pada hari pertama yaitu pada gambar di bawah ini:



Gambar 6, Grafik hasil data rata- rata hari kedua

Dari data grafik dan tabel di atas, dapat dianalisis bahwa pada jam 08:05 Wib hingga jam 13:05 Wib, terjadi kenaikan tegangan secara perlahan dari 12,52 V hingga mencapai puncaknya di 13,46 V. Kenaikan ini disebabkan oleh kondisi cuaca yang cerah dan tidak ada halangan yang mengurangi intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya. Intensitas cahaya yang tinggi pada periode ini memungkinkan panel surya untuk bekerja secara optimal.

Setelah jam 13:05 Wib, meskipun cuaca masih cerah, terjadi sedikit penurunan tegangan menjadi 13,37 V pada jam 14:05 Wib. Penurunan ini dapat disebabkan oleh perubahan suhu yang mempengaruhi efisiensi panel surya, di mana suhu yang lebih tinggi dapat mengurangi tegangan keluaran.

Pada jam 15:05 Wib hingga jam 16:05 Wib, tegangan mulai menurun lebih signifikan dari 13,37 V menjadi 12,68 V. Penurunan ini disebabkan oleh kondisi cuaca yang berawan dan intensitas cahaya yang menurun. Kondisi ini mengurangi jumlah energi matahari yang dapat diserap oleh panel surya, sehingga tegangan keluaran berkurang.

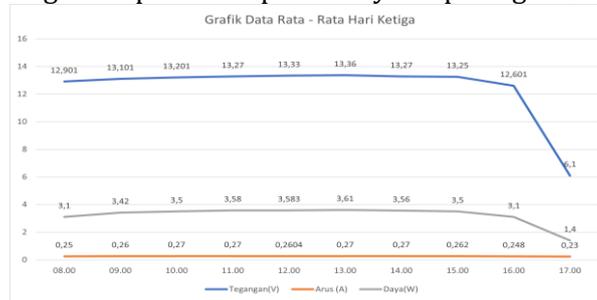
Pada jam 17:05 Wib hingga jam 17:16 Wib, terjadi penurunan tegangan yang sangat signifikan dari 12,68 V menjadi 5,75 V. Penurunan drastis ini terjadi karena bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro menutupi panel surya sepenuhnya, sehingga panel surya tidak mendapatkan cahaya matahari yang cukup untuk menghasilkan tegangan yang optimal.

Hasil data pengukuran pada hari kedua di atas terdapat tegangan tertinggi yaitu 13,46 V yaitu pada jam 12.05 Wib – 13.04 Wib, dengan suhu panel yaitu 46,1 °C, suhu area panel yaitu 40,4 °C, dan intensitas cahaya yaitu sebesar 52.900 Lux dengan kondisi cuaca sedikit berawan. Untuk tegangan terendah didapat yaitu sebesar 5,75 V, yaitu pada jam 17.05 Wib – 17.16 Wib, dengan

suhu panel yaitu 28,5 °C, suhu area 29,1 °C, dan intensitas cahayanya yaitu 3.100 Lux dengan kondisi panel tertutupi oleh bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro.

3.3.3. Hasil Data Monitoring Pada Hari Ketiga

Hasil data penelitian sistem monitoring pada hari pertama di lakukan pada hari Senin 08 Juli 2024 dan di lakukan mulai pukul 08.05 Wib sampai dengan 17.16 Wib. Penelitian ini di lakukan di samping Jurusan Teknik Elektro Unimal. Adapun grafik yang di dapat dari hasil peneltian sistem monitoring PLTS pada hari pertama yaitu pada gambar di bawah ini :



Gambar 7, Grafik hasil data rata- rata hari ketiga

Dari data grafik dan tabel di atas, dapat dianalisis bahwa pada jam 08:05 Wib hingga jam 13:05 Wib, terjadi kenaikan tegangan secara bertahap dari 12,901 V hingga mencapai puncaknya di 13,36 V. Kenaikan ini terjadi karena kondisi cuaca yang bervariasi dari berawan hingga sangat cerah, dengan intensitas cahaya yang tinggi memungkinkan panel surya untuk bekerja secara optimal.

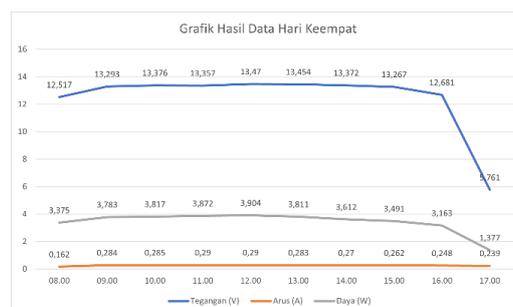
Setelah jam 13:05 Wib, meskipun intensitas cahaya masih tinggi, tegangan mulai sedikit menurun hingga jam 15:04 Wib menjadi 13,25 V. Penurunan ini dapat disebabkan oleh penurunan suhu yang mempengaruhi efisiensi panel surya. Pada jam 16:05 Wib hingga 17:04 Wib, tegangan menurun lebih signifikan menjadi 12,601 V karena kondisi cuaca yang berawan.

Pada jam 17:05 Wib hingga jam 17:16 Wib, terjadi penurunan tegangan yang sangat signifikan dari 12,601 V menjadi 6,1 V. Penurunan drastis ini terjadi karena bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro menutupi panel surya sepenuhnya, sehingga panel surya tidak mendapatkan cahaya matahari yang cukup untuk menghasilkan tegangan yang optimal.

Hasil data pengukuran pada hari ketiga di atas terdapat tegangan tertinggi yaitu 13,36 V pada jam 13:05 Wib – 14:04 Wib, dengan suhu panel yaitu 58,8 °C, suhu area panel yaitu 33,7 °C, dan intensitas cahaya sebesar 57.400 Lux dengan kondisi cuaca sedikit berawan. Untuk tegangan terendah didapat yaitu sebesar 6,1 V pada jam 17:05 Wib – 17:16 Wib, dengan suhu panel yaitu 31,9 °C, suhu area 28 °C, dan intensitas cahaya sebesar 7.400 Lux dengan kondisi panel tertutupi sepenuhnya oleh bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro.

3.3.4. Hasil Data Monitoring Pada Hari Keempat

Hasil data penelitian sistem monitoring pada hari pertama di lakukan pada hari Selasa 09 Juli 2024 dan di lakukan mulai pukul 08.05 Wib sampai dengan 17.16 Wib. Penelitian ini di lakukan di samping Jurusan Teknik Elektro Unimal. Adapun grafik yang di dapat dari hasil peneltian sistem monitoring PLTS pada hari pertama yaitu pada gambar di bawah ini :



Gambar 8, Grafik hasil data rata- rata hari keempat

Dari data grafik dan tabel di atas, dapat dianalisis bahwa pada jam 08:05 Wib hingga jam 12:05 Wib, terjadi kenaikan tegangan secara bertahap dari 12,51 V hingga mencapai puncaknya di 13,46 V. Kenaikan ini disebabkan oleh kondisi cuaca yang bervariasi dari sedikit berawan hingga cerah, dengan intensitas cahaya yang tinggi memungkinkan panel surya untuk bekerja secara optimal.

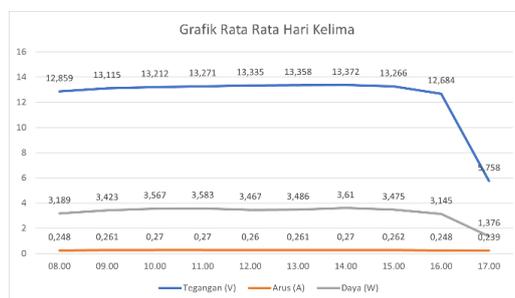
Setelah jam 12:05 Wib, meskipun intensitas cahaya masih tinggi, tegangan mulai sedikit menurun hingga jam 15:04 Wib menjadi 13,26 V. Penurunan ini dapat disebabkan oleh perubahan suhu yang mempengaruhi efisiensi panel surya, di mana suhu yang lebih tinggi dapat mengurangi tegangan keluaran. Pada jam 16:05 Wib hingga 17:04 Wib, tegangan menurun lebih signifikan menjadi 12,68 V karena kondisi cuaca yang berawan. Penurunan ini disebabkan oleh intensitas cahaya yang menurun dan kondisi cuaca yang kurang mendukung.

Pada jam 17:05 Wib hingga jam 17:16 Wib, terjadi penurunan tegangan yang sangat signifikan dari 12,68 V menjadi 5,75 V. Penurunan drastis ini terjadi karena bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro menutupi panel surya sepenuhnya, sehingga panel surya tidak mendapatkan cahaya matahari yang cukup untuk menghasilkan tegangan yang optimal.

Hasil data pengukuran pada hari keempat di atas terdapat tegangan tertinggi yaitu 13,46 V pada jam 12.05 Wib – 13.04 Wib, dengan suhu panel yaitu 46,1 °C, suhu area panel yaitu 40,4 °C, dan intensitas cahaya sebesar 52.900 Lux dengan kondisi cuaca sedikit berawan. Untuk tegangan terendah didapat yaitu sebesar 5,75 V pada jam 17.05 Wib – 17.16 Wib, dengan suhu panel yaitu 28,5 °C, suhu area 29,1 °C, dan intensitas cahaya sebesar 3.100 Lux dengan kondisi panel tertutupi sepenuhnya oleh bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro.

3.3.6. Hasil Data Monitoring Pada Hari Kelima

Hasil data penelitian sistem monitoring pada hari pertama di lakukan pada hari Rabu 10 Juli 2024 dan di lakukan mulai pukul 08.05 Wib sampai dengan 17.16 Wib. Penelitian ini di lakukan di samping Jurusan Teknik Elektro Unimal. Adapun grafik yang di dapat dari hasil penelitian sistem monitoring PLTS pada hari pertama yaitu pada gambar di bawah ini :



Gambar 8, Hasil data rata- rata hari kelima

Dari data grafik dan tabel di atas, dapat dianalisis bahwa pada jam 08:05 Wib hingga jam 13:05 Wib, terjadi kenaikan tegangan secara bertahap dari 12,859 V hingga mencapai puncaknya di 13,358 V. Kenaikan ini disebabkan oleh kondisi cuaca yang bervariasi dari berawan hingga sangat cerah, dengan intensitas cahaya yang tinggi memungkinkan panel surya untuk bekerja secara optimal.

Setelah jam 13:05 Wib, meskipun intensitas cahaya masih tinggi, tegangan mulai sedikit menurun hingga jam 16:04 Wib menjadi 12,684 V. Penurunan ini dapat disebabkan oleh perubahan suhu yang mempengaruhi efisiensi panel surya, di mana suhu yang lebih tinggi dapat mengurangi tegangan keluaran. Pada jam 16:05 Wib hingga 17:04 Wib, tegangan menurun lebih signifikan menjadi 12,684 V karena kondisi cuaca yang berawan.

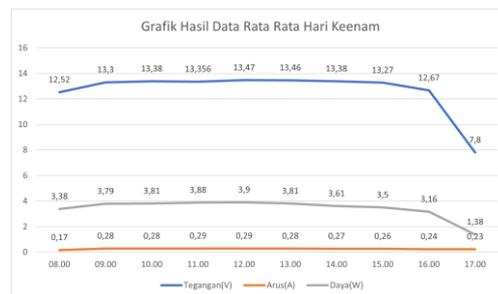
Pada jam 17:05 Wib hingga jam 17:16 Wib, terjadi penurunan tegangan yang sangat signifikan dari 12,684 V menjadi 5,759 V. Penurunan drastis ini terjadi karena bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro menutupi panel surya sepenuhnya, sehingga panel surya tidak mendapatkan cahaya matahari yang cukup untuk menghasilkan tegangan yang optimal.

Hasil data pengukuran pada hari ketiga di atas terdapat tegangan tertinggi yaitu 13,358 V pada jam 13.05 Wib – 14.04 Wib, dengan suhu panel yaitu 58,8 °C, suhu area panel yaitu 33,7 °C,

dan intensitas cahaya sebesar 57.400 Lux dengan kondisi cuaca sedikit berawan. Untuk tegangan terendah didapat yaitu sebesar 5,759 V pada jam 17.05 Wib – 17.16 Wib, dengan suhu panel yaitu 31,9 °C, suhu area 28 °C, dan intensitas cahaya sebesar 7.400 Lux dengan kondisi panel tertutupi sepenuhnya oleh bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro.

3.3.6. Hasil Data Monitoring Pada Hari Keenam

Data penelitian sistem monitoring pada hari pertama di lakukan pada hari Kamis 11 Juli 2024 dan di lakukan mulai pukul 08.05 Wib sampai dengan 17.16 Wib. Penelitian ini di lakukan di samping Jurusan Teknik Elektro Unimal. Adapun grafik yang di dapat dari hasil peneltian sistem monitoring PLTS pada hari pertama yaitu pada gambar di bawah ini :



Gambar 9, Hasil data rata- rata hari keenam

Dari data grafik dan tabel di atas dapat dianalisis bahwa pada jam 08:05 Wib hingga jam 15:04 Wib, terjadi kenaikan tegangan secara bertahap dari 12,52 V hingga mencapai puncaknya di 13,47 V. Kenaikan ini disebabkan oleh kondisi cuaca yang cerah dan sedikit berawan, memungkinkan panel surya untuk bekerja secara optimal dengan intensitas cahaya yang tinggi.

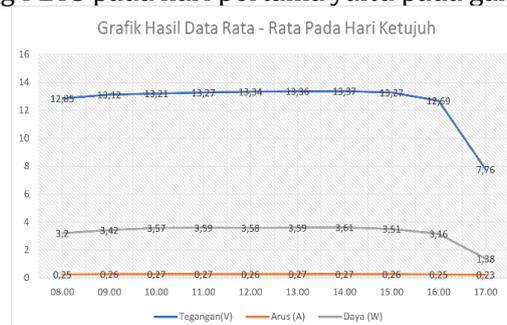
Setelah jam 15:04 Wib, meskipun intensitas cahaya masih ada, tegangan mulai sedikit menurun hingga jam 16:04 Wib menjadi 12,67 V. Penurunan ini disebabkan oleh perubahan kondisi cuaca menjadi sedikit mendung, yang mengurangi intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya.

Pada jam 17:05 Wib hingga 17:16 Wib, terjadi penurunan tegangan yang sangat signifikan dari 12,67 V menjadi 5,8 V. Penurunan drastis ini terjadi karena bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro menutupi panel surya sepenuhnya, sehingga panel surya tidak mendapatkan cahaya matahari yang cukup untuk menghasilkan tegangan yang optimal.

Hasil data pengukuran pada hari keempat di atas terdapat tegangan tertinggi yaitu 13,47 V pada jam 12.05 Wib – 13.04 Wib, dengan suhu panel yaitu 46,1 °C, suhu area panel yaitu 40,4 °C dan intensitas cahaya sebesar 52.900 Lux dengan kondisi cuaca sedikit berawan. Untuk tegangan terendah didapat yaitu sebesar 5,8 V pada jam 17.05 Wib – 17.16 Wib, dengan suhu panel yaitu 28,5 °C, suhu area 29,1 °C, dan intensitas cahaya sebesar 3.100 Lux dengan kondisi panel tertutupi sepenuhnya oleh bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro.

3.3.7. Hasil Data Monitoring Pada Hari Ketujuh

Hasil data penelitian sistem monitoring pada hari pertama di lakukan pada hari Rabu 12 Juli 2024 dan di lakukan mulai pukul 08.05 Wib sampai dengan 17.16 Wib. Penelitian ini di lakukan di samping Jurusan Teknik Elektro Unimal. Adapun grafik yang di dapat dari hasil peneltian sistem monitoring PLTS pada hari pertama yaitu pada gambar di bawah ini :



Gambar 10, Hasil data rata- rata hari ketujuh.

Dari data grafik dan tabel di atas dapat dianalisis bahwa pada jam 08:05 Wib hingga jam 15:04 Wib, terjadi kenaikan tegangan secara bertahap dari 12,85 V hingga mencapai puncaknya di 13,37 V. Kenaikan ini disebabkan oleh kondisi cuaca yang cerah dan sedikit berawan, memungkinkan panel surya untuk bekerja secara optimal dengan intensitas cahaya yang tinggi.

Setelah jam 15:04 Wib, meskipun intensitas cahaya masih ada, tegangan mulai sedikit menurun hingga jam 16:04 Wib menjadi 12,69 V. Penurunan ini disebabkan oleh perubahan kondisi cuaca menjadi sedikit mendung, yang mengurangi intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya.

Pada jam 17:05 Wib hingga 17:16 Wib, terjadi penurunan tegangan yang sangat signifikan dari 12,69 V menjadi 5,76 V. Penurunan drastis ini terjadi karena bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro menutupi panel surya sepenuhnya, sehingga panel surya tidak mendapatkan cahaya matahari yang cukup untuk menghasilkan tegangan yang optimal.

Hasil data pengukuran pada hari ketiga di atas terdapat tegangan tertinggi yaitu 13,37 V pada jam 14.05 Wib – 15.04 Wib, dengan suhu panel yaitu 45,1 °C, suhu area panel yaitu 43,8 °C, dan intensitas cahaya sebesar 30.900 Lux dengan kondisi cuaca berawan cerah. Untuk tegangan terendah didapat yaitu sebesar 5,76 V pada jam 17.05 Wib – 17.16 Wib, dengan suhu panel yaitu 31,9 °C, suhu area 28 °C, dan intensitas cahaya sebesar 7.400 Lux dengan kondisi panel tertutupi sepenuhnya oleh bayangan gedung Jurusan Teknik Elektro.

4. KESIMPULAN

Sistem monitoring pada PLTS dari jarak jauh berhasil dirancang dan direalisasikan serta bekerja dengan baik. Modul NodeMCU dapat mengirim data output pada sensor – sensor dan kemudian di kirimkan ke server Website, selanjutnya data parameter listrik disimpan ke dalam Microsoft excel dari data monitoring pada website server yang bisa di download dalam bentuk CSV. Dengan memasukkan ID yang diupload ke NodeMCU sebagai serial komunikasi dengan mengakses Internet of Things (IoT) dan menghasilkan keluaran yang realtime.

Panel surya, sensor tegangan DC dan sensor ACS712 dapat digunakan untuk memonitoring tegangan output panel surya dan memonitor parameter listrik. Tegangan dipertahankan dalam kondisi normal yaitu 12 V lebih dan untuk tegangan yang tidak normal yaitu di bawah tegangan 12 V, sementara arus bervariasi pada waktu pengukurannya yaitu pada 0 A hingga 0.28 A menghasilkan daya berkisar antara 0 W hingga 3.71 W.

REFERENCES

- [1] M. Syaiful Alim *et al.*, "Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan," *J. Pengabd. Kpd. Masy. Nusant.*, vol. 4, no. 3, pp. 2427–2435, 2023.
- [2] D. Puiyanto, M. Asia, J. A. Jend Yani No, A. Tanjung Baru, and S. Selatan Korespondensi, "x," *Jik*, vol. 13, no. 1, pp. 43–51, 2022.
- [3] Zaenal Arifin, Silviana Giri Puspita, Diah Putri Widya, and Ahmad Vicqieh Al Jabbar, "Monitoring Solar Panel Output via Website-Based Application," *Hal*, vol. 5, no. 2, pp. 93–102, 2023, [Online]. Available: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>
- [4] M. Reski and S. Bin Abdullah, "Rancang Bangun Monitoring Arus Dc Sistem Panel Surya Sebagai Suplay Cadang Pada Rumah Berbasis Blynk," *Vertex Elektro*, vol. 15, 2023.
- [5] A. P. O. Amane, R. W. Febriana, M. Artiyasa, and husain, *Pemanfaatan Dan Penerapan Internet of Things (Iot) Di Berbagai Bidang*. 2023. [Online]. Available: [https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=8zWqEAAAQBA&oi=fnd&pg=PP1&dq=Pemanfaatan+Dan+Penerapan+Internet+of+Things+\(Iot\)+Di+Berbagai+Bidang&ots=gYUiesA2UR&sig=2Xfj4hOaBFS-mCzF3bNuWr7E93U&redir_esc=y#v=onepage&q=Pemanfaatan Dan Penerapan Internet of](https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=8zWqEAAAQBA&oi=fnd&pg=PP1&dq=Pemanfaatan+Dan+Penerapan+Internet+of+Things+(Iot)+Di+Berbagai+Bidang&ots=gYUiesA2UR&sig=2Xfj4hOaBFS-mCzF3bNuWr7E93U&redir_esc=y#v=onepage&q=Pemanfaatan Dan Penerapan Internet of)
- [6] M. F. Pratama, "Sistem Monitoring Dan Kontrol Daya Plts Menggunakan Iot Berbasis Fuzzy Logic," pp. 1–79, 2021, [Online]. Available: <http://repository.unissula.ac.id/22976/12/Magister> Teknik

- Elektro_20601700007_fullpdf.pdf
- [7] H. Abdillah and E. Elfizon, "Sistem Kendali Dan Monitoring Penerangan Jalan Umum Menggunakan Panel Surya Berbasis Internet Of Things (IOT)," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 993–1004, 2023.
- [8] Y. M. Djaksana and K. Gunawan, "Perancangan Sistem Monitoring Dan Kontroling Pompa Air Berbasis Android," *SINTECH (Science Inf. Technol. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 146–154, 2021, doi: 10.31598/sintechjournal.v4i2.741.
- [9] H. B. Nurjaman and T. Purnama, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga," *J. Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 136–142, 2022, doi: 10.21831/jee.v6i2.51617.
- [10] M. Usman, "Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya," *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 52–57, 2020, doi: 10.30591/polektro.v9i2.2047.
- [11] M. D. Zakariya, "Daya Output Panel Surya Tipe Polycrystalline Dengan Kemiringan Sudut 10o Pada Instalasi Penerangan Rumah," ... *Keteknikan dan Optimasi*, pp. 41–47, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.unhasy.ac.id/index.php/reaktom/article/view/2175%0Ahttp://ejournal.unhasy.ac.id/index.php/reaktom/article/download/2175/1380>
- [12] Y. D. Herlambang, B. Prasetyo, W. Wahyono, N. Apriandi, M. Marliyati, and B. Sutanto, "Unjukkerja Panel Surya Tipe Terapung untuk Pembangkit Listrik," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 3, p. 435, 2023, doi: 10.32497/jrm.v18i3.5069.
- [13] J. Lazuardhi Komara, "Perancangan Sistem Keamanan Smart home Lock Door Menggunakan Mikrokontroller Arduino Berbasis Internet of Things," *Log. J. Ilmu Komput. dan Pedidikan*, vol. 1, no. 5, pp. 1126–1135, 2023, [Online]. Available: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/logic>
- [14] A. S. Hurrijal and R. Gupitha, "Sistem Informasi Monitoring Sales Berbasis Web Pada Pt. Arifindo Mandiri Tdc Pamanukan," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 10, no. 2, pp. 1–5, 2021, doi: 10.56244/fiki.v10i2.392.
- [15] L. O. Sari, M. F. E. Saputra, and E. Safrianti, "Sistem Monitoring Arus Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) pada Solar Panel di Laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) UIN Suska Riau," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 205–211, 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i1.1033.
- [16] B. Suhendar, T. D. Fuady, and Y. Herdian, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Controlling Suhu Ideal Tanaman Stroberi Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Ilm. Sains dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 48–60, 2020, doi: 10.47080/saintek.v5i1.1198.
- [17] I. P. Dewi and R. Fikri, "Optimalisasi Keamanan Rumah dengan Implementasi Sistem Notifikasi Gerbang Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Comput. Syst. Informatics*, vol. 4, no. 4, pp. 816–829, 2023, doi: 10.47065/josyc.v4i4.4004.
- [18] A. Anantama, A. Apriyantina, S. Samsugi, and F. Rossi, "Alat Pantau Jumlah Pemakaian Daya Listrik Pada Alat Elektronik Berbasis Arduino Uno," *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 1, no. 1, p. 29, 2020, doi: 10.33365/jtst.v1i1.712.
- [19] S. A. Firdaus, *Simulasi On Load Tap Changer Otomatis Pada Trafo Satu Fasa Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Monitoring Tegangan Pada Aplikasi Blynk*. 2021.
- [20] N. Ilhami, "Analisa Perancangan Pembuatan Energi Baru Terbarukan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Laboratorium Elektro Fakultas Teknologi Industri Unissula Semarang," *Skripsi*, pp. 1–23, 2016.
- [21] R. Inggi and J. Pangala, "Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Arduino," *Simkom*, vol. 6, no. 1, pp. 12–22, 2021, doi: 10.51717/simkom.v6i1.51