

ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF THE INTERNET OF THINGS (IoT) IN THE DEVELOPMENT OF MONITORING SOLAR POWER PLANTS (PLTS) 600 WP

Tarmin Abdulghani^{*1}, Siti Nazilah², M. Kany Legiawan³, Fietri Setiawati Sulaeman⁴, Moch Fahmi Setiadi⁵

^{1,2,3,4}Informatics, Engineering Faculty, Universitas Suryakencana, Indonesia
Email: ¹tarmin@artagani.com, ²zilah.nazilah@gmail.com, ³kany@unsur.ac.id, ⁴fietrisetiawati@gmail.com,
⁵fahmisetiadi72@gmail.com

(Article received: May 13, 2024; Revision: May 26, 2024; published: August 31, 2024)

Abstract

Solar power plants are becoming an increasingly popular solution for providing clean and sustainable energy. However, careful monitoring is required to maximize their performance, and it is necessary to monitor the functioning of solar power plants devices. This study proposes developing an Internet of Things (IoT)-based monitoring system for solar power plants using the PPDIIO (Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize) method. The Prepare stage involves identifying monitoring needs, while the Plan stage includes infrastructure planning and sensor selection. The Design stage focuses on the design of a monitoring system that suits the needs of PLTS. The implementation stage involves the installation and configuration of hardware and software. Afterward, the Operate stage ensures that the system is running properly, while the Optimize stage aims to improve the system's performance continuously. Through this approach, we strive to present a systematic and structured framework for developing solar farms with IoT monitoring systems.

Keywords: Internet of Things, Monitoring, PLTS, PPDIIO Method, Solar Power Plant 600WP.

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS (IoT) DALAM PENGEMBANGAN MONITORING PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) 600 WP

Abstrak

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menjadi solusi yang semakin populer dalam menyediakan energi bersih dan berkelanjutan. Namun, untuk memaksimalkan kinerja PLTS dan memastikan operasional yang efisien, diperlukan monitoring fungsi perangkat PLTS. Dalam penelitian ini, kami mengusulkan pengembangan sistem monitoring berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk PLTS menggunakan metode PPDIIO (*Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize*). Tahap Prepare melibatkan identifikasi kebutuhan monitoring, sementara tahap Plan mencakup perencanaan infrastruktur dan pemilihan sensor. Tahap Design menitikberatkan pada desain sistem monitoring yang sesuai dengan kebutuhan PLTS. Tahap Implement melibatkan instalasi dan konfigurasi perangkat keras dan lunak. Setelah itu, tahap Operate memastikan bahwa sistem berjalan dengan baik, sementara tahap Optimize bertujuan untuk meningkatkan kinerja sistem secara terus-menerus. Melalui pendekatan ini, kami bertujuan untuk menyajikan sebuah kerangka kerja yang sistematis dan terstruktur untuk pengembangan PLTS dengan sistem monitoring IoT.

Kata kunci: Internet of Things, Metode PPDIIO, Monitoring, PLTS, Pembangkit Listrik Tenaga Surya 600WP.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi terbarukan, terutama energi surya, telah menjadi fokus utama dalam upaya global untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi tantangan perubahan iklim. Sebagai tanggapan terhadap kebutuhan akan sumber energi yang berkelanjutan, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi salah satu teknologi yang paling menonjol dalam transformasi energi

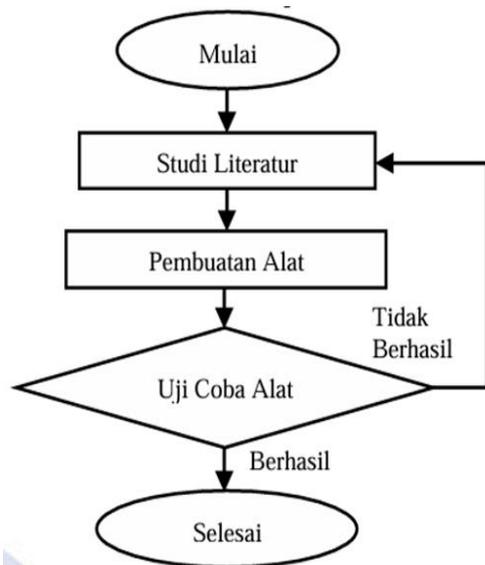
global[1],[2]. PLTS menawarkan potensi besar untuk menyediakan energi bersih, murah, dan berkelanjutan, sehingga berkontribusi secara signifikan terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca.

Mesjid Ashiroj berada di Desa Selajambe, Sukaluyu Kab Cianjur pasokan listriknya sering mengalami pasokan yang tidak stabil yang cukup lama, sehingga untuk menanggulangi kekurangan

pasokan Catu daya Listrik berupaya dengan membangun PLTS. Untuk memastikan kinerja PLTS secara optimal dan pemeliharaan yang efektif, diperlukan monitoring fungsi perangkat PLTS yang cermat. Dalam monitoring perangkat PLTS, melakukan identifikasi secara dini terhadap masalah atau kegagalan sistem, sehingga memungkinkan tindakan perbaikan yang cepat dan tepat. *Internet of Things (IoT)* menjadi solusi yang potensial dengan memanfaatkan sensor-sensor PLTS untuk mengumpulkan data dan kinerja secara real-time[3],[4].

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring IoT yang terintegrasi dengan PLTS[5],[6]. Sistem ini dirancang untuk memungkinkan pemantauan yang akurat dan real-time terhadap berbagai parameter kritis seperti arus, tegangan, pancaran cahaya matahari (irradiasi matahari), suhu, dan kelembaban. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengoptimalkan kinerja pembangkit listrik tenaga surya, serta memberikan kontribusi signifikan terhadap perkembangan teknologi energi terbarukan secara keseluruhan.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini mengadopsi metode PPDIIO (*Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize*) sebagai kerangka kerja untuk pengembangan sistem monitoring IoT untuk PLTS. Tahap *Prepare* melakukan identifikasi kebutuhan monitoring dan persiapan awal pembangunan PLTS. Tahap *Plan* mencakup perencanaan infrastruktur, pemilihan, dan pengembangan rencana implementasi PLTS. Tahap *Design* menitikberatkan pada desain sistem monitoring yang sesuai dengan kebutuhan PLTS. Tahap *Implement* melakukan instalasi dan konfigurasi perangkat kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan menyapkan perangkat lunak untuk

konfigurasi *Internet of Things* dan aplikasi untuk monitoring PLTS. Setelah selesai proses pemodelan dan pengembangan pada tahapan *Operate* memastikan bahwa sistem berjalan dengan baik dengan cara menguji fungsi-fungsi sistem dengan memonitoring data yang masuk dari sensor yang akurat dan real-time. Tahap terakhir, *Optimize*, bertujuan untuk meningkatkan kinerja sistem secara terus-menerus melalui evaluasi dan penyesuaian yang diperlukan.

2.1. Pembangkit Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi dari cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik. Menurut Markvart and Castañer[7], bahwa komponen utama dari PLTS adalah panel surya fotovoltaik atau sel surya yang dapat merubah sinar matahari menjadi energi listrik sehingga dapat digunakan untuk kebutuhan listrik sehari-hari. Menurut A. Saleh dkk [8] Sistem PLTS terbagi atas 3 yaitu PLTS-On Grid, PLTS-Off Grid, PLTS-Hybrid atau kerap disebut Smart Grid.

1. PLTS On-Grid

Sistem PLTS On-Grid terhubung langsung ke jaringan listrik utama atau grid. Panel surya menghasilkan listrik langsung ke grid listrik untuk digunakan oleh rumah tangga atau bisnis. Jika jumlah listrik yang dihasilkan oleh panel surya melebihi jumlah yang dikonsumsi, jumlah listrik yang berlebihan dapat dialirkan kembali ke grid, sesuai dengan peraturan yang berlaku, penyedia listrik dapat memberikan kompensasi. Karena energi surya digunakan secara langsung, PLTS On-Grid tidak memiliki penyimpanan baterai.

Peraturan Menteri No.16 tahun 2019 menetapkan bahwa pelanggan PLN yang memasang PLTS atap untuk keperluan sendiri harus memenuhi syarat izin operasi dan Sertifikat Laik Operasi (SLO) yang sesuai dengan kapasitas sistem PLTS yang dipasang. Selain itu, pelanggan PLN dengan kapasitas PLTS atap di atas 500 kVA harus mengajukan izin operasi untuk kebutuhan sendiri dan harus memiliki dokumen standar keselamatan produk yang mencakup hasil uji pabrikan dan sertifikat produk, mereka juga dapat dianggap memenuhi SLO.

2. PLTS Off-Grid

PLTS Off-Grid biasanya digunakan di daerah terpencil atau di lokasi yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik utama. Jenis sistem ini tidak terhubung dengan grid listrik utama, yang berarti semua energi yang dihasilkan oleh panel surya disimpan dalam baterai dan digunakan secara langsung oleh rumah tangga atau bisnis. PLTS *Off-Grid* juga memerlukan baterai untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya agar dapat digunakan pada malam hari atau saat cahaya rendah.

3. PLTS Hybrid

PLTS Hybrid menggabungkan kedua sistem di atas, terhubung ke grid listrik utama dan memiliki

penyimpanan baterai. Dengan demikian, *PLTS Hybrid* dapat memanfaatkan energi surya dan menggunakan listrik dari grid saat diperlukan, sambil juga menyimpan energi berlebih dalam baterai. Ini memberikan fleksibilitas tambahan karena sistem ini dapat memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efisien dan menyediakan cadangan energi untuk digunakan saat sumber daya listrik habis.

2.2. Komponen Pembangkit Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dirancang untuk menyerap sinar matahari dan menggunakannya sebagai sumber listrik.

2.2.1. Panel Surya

Panel surya adalah kumpulan sel surya yang disusun sedemikian rupa sehingga efektif menyerap sinar matahari. Sel surya sendiri terdiri dari berbagai komponen *photovoltaic*, atau yang dapat mengubah cahaya menjadi listrik. Untuk menentukan jumlah panel surya yang diperlukan saat membuat pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), ada beberapa langkah perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$Energi = p \times n \times t \tag{1}$$

$$Total\ Energi\ Modul = \frac{Ed}{100\% - \eta_{VP}} \tag{2}$$

$$P_{modul\ sura} = \frac{Total\ energi\ modul}{insolasi\ matahari} \times Cf \tag{3}$$

Dimana:

P=Daya (W)

n=Jumlah

t=Waktu (h)

Ed=Konsumsi energi harian

η_{VP} =efisiensi panel surya (22,5%)

Cf=Factor koreksi temperatur (1,1).

2.2.2. SCC (Solar Charge Controller)

Menurut Perdana [9], pengontrol pengisian surya adalah bagian dari sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang mengatur arus atau tegangan keluaran panel surya dan mengontrol aliran daya dari panel surya ke beban sehingga baterai tidak terisi terlalu banyak.



Gambar 2 SCC (JMK 30A)

$$Kapasitas\ SCC = \frac{total\ daya \times safety\ factor}{system\ voltage} \tag{4}$$

Dimana:

total daya=Jumlah daya perangkat (w)

safety factor=faktor keamanan (1,25)

System voltage=tegangan system (V)

Dengan mengatur jumlah dan kecepatan pengisian daya ke baterai dan mencegah baterai terisi terlalu banyak, pengontrol pengisian surya (SCC). Fungsi dari SCC akan melakukan tindakan mematikan sistem jika daya yang tersimpan turun di bawah kapasitas baterai setengahnya, dan kedua, mengisi baterai pada level voltase yang tepat. Ini membuat baterai lebih awet dan lebih sehat.

2.2.3. Akumulator

Menurut Kosasih D. P.[10], akumulator adalah sel atau elemen sekunder yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan arus listrik searah dan mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai disebut sebagai elemen sekunder karena memiliki kemampuan untuk mempengaruhi zat pereaksinya. Baterai memiliki lempeng oksida untuk kutub positifnya, lempeng timbal untuk kutub negatifnya, dan larutan elektrolit adalah larutan asam sulfat.

Akumulator ini berfungsi untuk menyimpan energi yang dihasilkan panel surya, kemudian digunakan untuk mengalirkan arus listrik ke area (Infrastruktur aliran listrik).

2.2.4. Inverter module Egs002

Inverter adalah kebalikan dari adaptor atau converter, yang mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC), dan merupakan perangkat yang terdiri dari rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah atau mengubah arus listrik searah menjadi arus bolak-balik[11].



Gambar 3 Inverter EGS002

EGS002 adalah modul pembangkit sinyal SPWM yang terdiri dari dua IC IR2110S dan satu IC EG8010. Selain berfungsi sebagai driver untuk menggerakkan MOSFET, modul ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan gelombang sinus murni pada inverter. EGS002 dirancang sebagai driver untuk inverter satu fasa dengan gelombang

sinus murni dan memiliki fitur tambahan seperti pengendalian tegangan, arus, suhu, dan kipas. Selain itu, dia memiliki kemampuan untuk mengatur konfigurasi frekuensi sebesar 60 dan 50 Hz. Adanya LED sebagai indikator kesalahan meningkatkan kemampuan anti gangguan modul ini. Rumus menentukan kapasitas inverter:

$$\text{Kapasitas inverter} = \text{total daya} \times \text{safety factor} \quad (1)$$

Dimana:

$$\text{safety factor} = \text{faktor keamanan} (1,25).$$

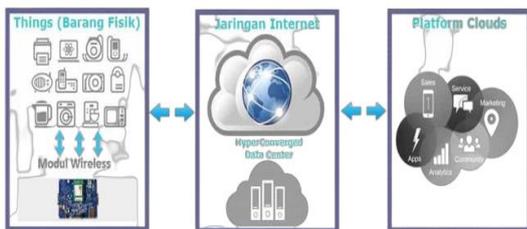
2.2.5. MCB

Jenis saklar MCB melindungi sirkuit listrik dari kelebihan arus dan hubung singkat yang dapat menyebabkan kerusakan. MCB adalah alat pemutus atau pemisah arus listrik dari sistem dalam bentuk lebih kecil menjadi beberapa bagian. Jika terjadi masalah, MCB dapat menonaktifkan aliran listrik ke sirkuit dengan cara memutus aliran listrik secara otomatis. Dengan kata lain, MCB berfungsi sebagai sistem perlindungan yang melindungi sistem listrik dari kerusakan atau kebakaran yang disebabkan oleh masalah pada sirkuit listrik.

2.3. Internet of Things

Menurut Effendi[12], konsep Internet of Things, juga disebut IoT, bertujuan untuk meningkatkan manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus, yang memungkinkan mesin untuk bekerja sama dan merespons secara mandiri dengan data baru.

Namun, Internet of Things mencakup banyak hal selain pengendalian perangkat secara jarak jauh; pertukaran data, virtualisasi objek fisik ke dalam internet, dan fitur lainnya. Internet berfungsi sebagai jaringan otomatis antara mesin. Selain itu, ada pengguna yang secara langsung bertanggung jawab untuk mengatur dan mengawasi operasi perangkat tersebut. Penggunaan teknologi Internet of Things meningkatkan kecepatan, kemudahan, dan efisiensi pekerjaan manusia.



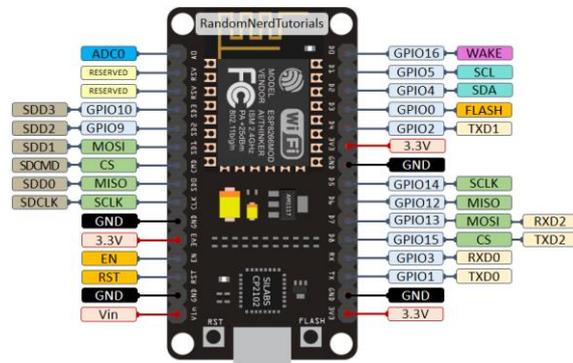
Gambar 4 Konsep Internet of Things
Sumber: www.umn.ac.id.

2.4. Komponen Internet of Things

Berikut merupakan komponen-komponen IoT yang digunakan untuk membangun PLTS berbasis IoT.

2.4.1. Node MCU ESP 8266

NodeMCU adalah papan Arduino untuk ESP8266 yang merupakan platform Internet of Things yang bersifat opensource. Dalam memprogram ESP8266, memerlukan jalur komunikasi dengan menggunakan kabel modul USB ke serial. Boar ESP8266 memiliki banyak fitur yang mirip dengan mikrokontroler, seperti akses WiFi dan chip komunikasi USB ke serial. Banyak pembuat program memilih memilih NodeMCU ESP8266 karena mudah diprogram, memiliki banyak pin I/O, dan memiliki kemampuan untuk mengirim atau mengambil data melalui koneksi WiFi melalui jaringan Internet.



Gambar 5 Node MCU ESP8266
Sumber: www.medium.com

2.4.2. Sensor OV-25v

Sensor OV-25v, merupakan modul sensor tegangan DC didasarkan pada desain prinsip pembagi resistif, membuat tegangan input terminal berkurang 5 kali tegangan input analog hingga 5V. Sensor ini digunakan untuk mengukur tegangan arus DC yang masuk.



Gambar 6 Sensor OV-25v

2.4.3. Sensor ACS712

Sensor ACS712 adalah sensor arus yang digunakan untuk mengukur arus listrik dalam berbagai aplikasi elektronik. Sensor ini biasanya digunakan untuk mengukur arus searah (DC) atau arus bolak-balik (AC) dalam rentang tertentu, tergantung pada modelnya. Sensor ACS712 memiliki

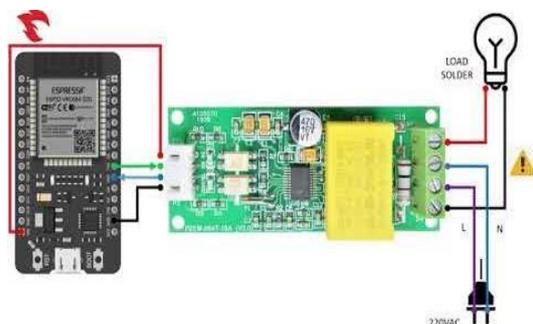
kemampuan untuk mengukur arus dengan akurasi tinggi dan respons yang cepat.



Gambar 7. Sensor ACS712.

2.4.4. Sensor Pzem-004T

PZEM-004T merupakan modul elektronik yang berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan faktor daya pada arus AC. Dengan kelengkapan fungsi ini, modul PZEM-004T sangat ideal digunakan sebagai alat pengukur daya pada proyek atau eksperimen dalam suatu jaringan listrik, seperti pada rumah atau gedung.



Gambar 8 Skema Sensor PZem-004T

Untuk terhubung ke Arduino Uno, modul PZEM-004T V3 memiliki komunikasi serial pasif. Untuk melakukannya, pin RX dan TX membutuhkan sumber daya eksternal. Hubungkan 5V ke pin 5V Arduino, pin Rx ke D11 Arduino, dan pin Tx ke D12 Arduino, dan GND ke GND. Konfigurasi ini ditunjukkan pada diagram di bawah. Uji modul dengan menggunakan program berikut. Sebelum menyelesaikan pengkompilan, unduh dan pasang perpustakaan PZEM-004T V3.

2.4.5. Module Relay 2 Chanel

Relay adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar elektronik yang diaktifkan oleh arus listrik. Prinsipnya dapat digambarkan sebagai tuas saklar yang terhubung ke solenoid atau batang besi di dekatnya. Apabila arus listrik mengalir melalui keduanya, tuas akan tertarik pada gaya magnet solenoid atau batang besi, dan kontak saklar akan menutup.



Gambar 9 Modul Relay

Sumber : www.randomnerdtutorials.com

Selain berfungsi sebagai pengaman saklar dari arus yang besar, relay ini juga digunakan untuk mengontrol sirkuit dengan tegangan tinggi yang dibantu oleh sinyal tegangan rendah dan untuk memperkecil penurunan tegangan menuju beban.

2.4.6. Relay Sngle 24V

Relay Sngle 24V adalah komponen elektronik dalam kategori relay elektromagnetik yang beroperasi dengan tegangan 24V. Prinsip kerjanya berdasarkan elektromagnetisme, di mana medan magnet yang dihasilkan oleh arus melalui kumparan kawat dapat mengontrol kontak logam untuk mengatur aliran listrik dalam sirkuit terkait. Digunakan untuk mengendalikan perangkat listrik dengan kebutuhan daya tinggi, seperti lampu, motor, dan pemanas dalam sistem otomatisasi, kontrol, atau keamanan. Keuntungan utamanya adalah memungkinkan sinyal kontrol rendah mengontrol perangkat dengan kebutuhan daya tinggi tanpa mencampur sinyal langsung. Instalasinya sederhana dengan menyediakan tegangan 24V ke kumparan relay dan memberikan sinyal kontrol melalui terminal lainnya. Relay Sngle 24V menjadi komponen penting dalam sistem elektronik modern, digunakan mulai dari otomatisasi industri hingga kendali perangkat rumah tangga karena kemampuannya mengontrol aliran listrik dengan andal dan efisien.



Gambar 10. Relay Sngle 24V

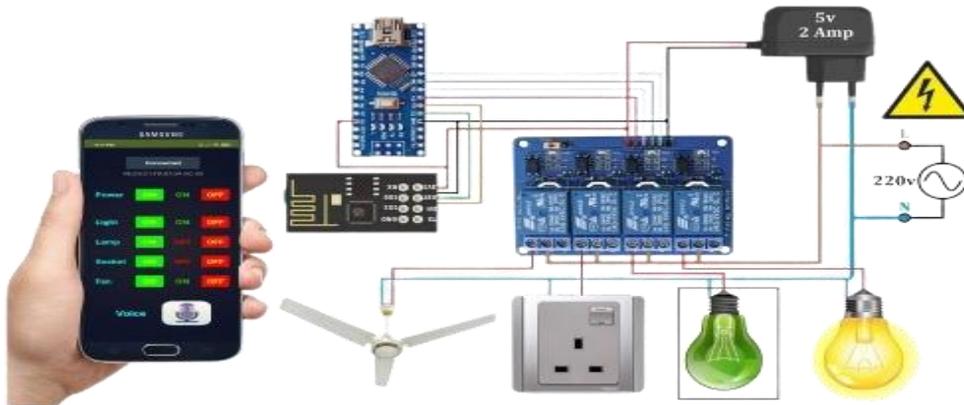
2.4.7. Access Point

Access Point (AP) adalah perangkat jaringan yang menyediakan titik akses untuk menghubungkan perangkat nirkabel ke jaringan kabel atau internet, mirip dengan gateway. Digunakan terutama dalam jaringan Wi-Fi untuk memberikan akses nirkabel ke perangkat seperti laptop, smartphone, atau tablet. AP mengirim sinyal radio untuk menghubungkan perangkat nirkabel ke jaringan dan memproses data antara perangkat nirkabel dan jaringan kabel atau internet. Beberapa AP memiliki fitur keamanan canggih dan dapat menyediakan beberapa jaringan nirkabel dengan SSID yang berbeda. Digunakan dalam berbagai lingkungan, dari rumah tangga hingga tempat umum, untuk mendukung konektivitas nirkabel yang fleksibel dan akses internet yang mudah. Penting untuk menyediakan konektivitas nirkabel yang andal dan akses internet yang lancar bagi banyak perangkat. Dalam penelitian, AP digunakan untuk menghubungkan internet ke NodeMCU untuk perangkat monitoring.

2.5. Blynk

Dengan menggunakan Blynk dapat melacak kinerja modul atau mikrokontroler melalui internet. Blynk berfungsi sebagai layanan server yang mendukung proyek *Internet of Things (IoT)*[13]. Beberapa sumber yang sudah melakukan penelitian pengembangan IoT untuk monitoring dengan mempergunakan Blynk memiliki kemampuan untuk

mengontrol hardware dari jarak jauh, menyimpan data, menampilkan data sensor, dan melakukan visualisasi. Aplikasi ini sangat mudah digunakan, dan ini sangat bagus untuk orang baru. Desain antarmuka pengguna (UI) platform Blynk yang kompleks, ramah pengguna, dan mudah dipahami memungkinkan penggunaan yang lebih efisien dan mengurangi kesalahan[14],[15],[16].



Gambar 11. Prinsip Kerja Blynk
 Sumber : www.arduinoindonesia.id

2.6. Perusahaan Listrik Negara

Perusahaan Listrik Negara (PLN) adalah perusahaan milik negara Indonesia yang menangani distribusi listrik di seluruh Indonesia. PLN mengelola pembangkitan, transmisi, distribusi, dan layanan pelanggan terkait, dan memainkan peran penting dalam menyediakan listrik kepada rumah tangga, perusahaan, dan industri di seluruh negeri. Untuk memberikan listrik yang andal dan murah kepada masyarakat Indonesia, PLN memiliki tanggung jawab besar.

standar SN yang berlaku. Namun, Meskipun bukan wewenang PLN sampai ke instalasi listrik dalam rumah pelanggan, tetapi PLN mengimbau pelanggan untuk tetap memperhatikan peralatan dan instalasi listrik di rumahnya.

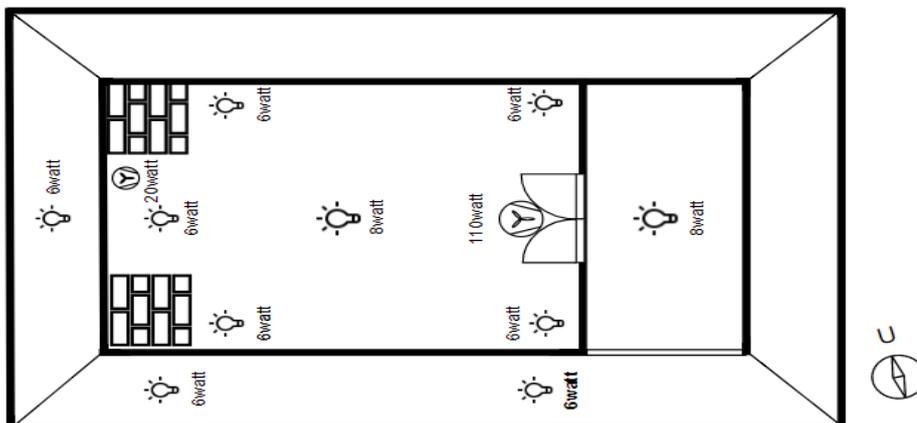
Menurut UU Tenaga Kelistrikan [17] dan PERMEN ESDM Energi dan Sumber Daya Mineral [18] PLN hanya berwenang mengalirkan listrik sampai batas kWh meter saja. Dengan adanya Undang-undang tersebut, maka konsumen diperbolehkan untuk merubah instalasi listrik dari KWH menuju beban dengan syarat sesuai dengan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam tahapan pelaksanaan penelitian ini, berupa kegiatan pengembangan PLTS dan pengujian fungsi-fungsinya.

3.1. Hitung Kebutuhan Daya

Untuk mengetahui daya yang dibutuhkan, dilakukan observasi dengan didapatkan ragam perangkat yang mempergunakan tenaga listrik pada gambar dan menghitung berdasarkan waktu penggunaannya.



Gambar 12. Denah Masjid Asy Syiroj

Dari gambar 12 dapat terlihat kebutuhan daya yang di butuhkan dengan secara lengkap pada tabel 1.

Tabel 1 Kebutuhan daya dalam Jam (H)

No	Nama Perangkat	Daya (watt)	Jumlah	Waktu (H)
1	Lampu 1	6	5	24
2	Lampu 2	6	2	24
3	Lampu 3	8	1	24
4	Lampu 4	8	1	24
5	Kipas	110	1	24
6	Blower	20	1	24

3.2. Hitung Energi Minimum

Dengan mempergunakan rumus menghitung energi dengan menentukan berapa kebutuhan daya x Jumlah beban yang sama x berapa lama membutuhkan daya. Dalam Contoh perhitungan 5 lampu kapasitas 6 w menyala selama 4 jam/hari.

$$Energi = 6 \times 5 \times 4$$

$$Energi = 120 \text{ wh}$$

Maka dari data tabel 1, dapat dihitung kebutuhan beban daya keseluruhan yang terlihat pada tabel

Tabel 2 Kebutuhan Daya sesuai kebutuhan

No	Nama Perangkat	Daya (watt)	Jumlah	Waktu (H)	Total Daya	Energi (WH)
1	Lampu 1	6	5	4	30	120
2	Lampu 2	6	2	12	12	144
3	Lampu 3	8	1	4	8	32
4	Lampu 4	8	1	12	8	96
5	Kipas	110	1	2	110	220
6	Blower	20	1	4	20	80
Jumlah					188	692

Kebutuhan daya dari kebutuhan seluruh perangkat pada tabel 1, dapat dilihat pada rumus total energi dengan jumlah kebutuhan sebanyak 692 W/H.

3.3. Hitung Daya Maximal

Perhitungan ini untuk mengetahui berapa besar daya yang dibutuhkan apabila semua komponen dinyalakan selama 24 jam dibutuhkan sebesar 4.512Watt/jam yang terlihat dalam tabel 3.

Tabel 3 Kebutuhan daya selama 24 Jam

No	Nama Perangkat	Daya (watt)	Jumlah	Waktu (H)	Total Daya	Energi (WH)
1	Lampu 1	6	5	24	30	720
2	Lampu 2	6	2	24	12	288
3	Lampu 3	8	1	24	8	192
4	Lampu 4	8	1	24	8	192
5	Kipas	110	1	24	110	2640
6	Blower	20	1	24	20	480
Jumlah					188	4512

3.4. Hitung Kebutuhan Panel Surya

Kebutuhan panel surya yang disinari matahari untuk menangkap sejumlah energi dapat dihitung dengan mempergunakan Jumlah Energi Modul.

$$Total \text{ Energi Modul} = \frac{Ed}{100\% - 22,5\%}$$

$$Total \text{ Energi Modul} = \frac{692}{77,5\%}$$

$$Total \text{ Energi Modul} = 892,9 \text{ Wh}$$

$$P_{\text{modul sura}} = \frac{892,9 \text{ wh}}{4} \times 1,1$$

$$P_{\text{modul sura}} = 245,5 \text{ w}$$

Dari perhitungan diatas, maka batas minimum panel surya yang harus digunakan setidaknya bisa memberikan daya sebesar 245,5 watt perhari.

$$Total \text{ Energi Modul} = \frac{Ed}{100\% - 22,5\%}$$

$$Total \text{ Energi Modul} = \frac{4512}{77,5\%}$$

$$Total \text{ Energi Modul} = 5821,9 \text{ Wh}$$

$$P_{\text{modul sura}} = \frac{5.821,9 \text{ wh}}{4 \text{ h}} \times 1,1$$

$$P_{\text{modul sura}} = 1.601 \text{ w}$$

Dari perhitungan diatas, maka batas maximum panel surya yang harus digunakan setidaknya bisa memberikan daya sebesar 1.601 watt perhari.

3.5. Menentukan Akumulator

Batas minimum baterai 60 Ah diperlukan untuk persiapan PLTS. Oleh karena itu, dua baterai 24V 45 Ah harus dipasang secara paralel untuk menghasilkan kapasitas akumulator 24V 90Ah. Apabila beban menyala sesuai dengan penjelasan di atas, baterai ini dapat digunakan selama sehari dalam kondisi penuh tanpa pengisian.

$$C = \frac{N \times Ed}{Vs \times DOD \times \eta}$$

$$C = \frac{1 \times 4512}{24 \times 0,5 \times 0,95}$$

$$C = 395,7 \text{ Ah}$$

Batas maksimum baterai adalah 395,7 Ah, jadi 9 baterai 24V 45Ah akan digunakan dalam persiapan PLTS, dipasang secara paralel, menghasilkan kapasitas akumulator 24V 405Ah.

3.6. Menentukan Inverter

Yang digunakan idealnya adalah diatas 247,4 watt dengan tegangan system sebesar 24 volt, dan inverter yang beredar dipasaran sebesar 300 watt.

$$Kapasitas \text{ Inverter} = total \text{ daya} \times safety \text{ factor}$$

$$Kapasitas \text{ Inverter} = 188 \times 1,25$$

$$Kapasitas \text{ Inverter} = 247,4 \text{ w.}$$

3.7. Mengukur Solar Charge Controller

Dalam mengukur jumlah daya yaang masuk, harus menentukan Solar Charge Controller (SCC).

$$Kapasitas \text{ SCC} = \frac{total \text{ daya} \times safety \text{ factor}}{system \text{ voltage}}$$

$$Kapasitas SCC = \frac{188 \times 1,25}{24}$$

$$Kapasitas SCC = 9,8 A$$

Maka, SCC yang digunakan idealnya harus lebih dari 9,8A dengan tegangan system sebesar 24V, dan SCC yang beredar dipasaran sebesar 10A.

3.8. Komponen Internet of Things

Dalam pengembangan *Internet of Things (IoT)* untuk monitoring PLTS ada beberapa komponen fisik (*Hardware*) dan perangkat Lunak (*software*).

3.8.1. Spesifikasi perangkat IoT

Perangkat keras IoT ini memiliki spesifikasi berbeda, diaktifkan dengan cara diprogram sehingga dapat dimonitoring melalui aplikasi.

Tabel 4 Spesifikasi perangkat IoT

No	Nama Perangkat	Spesifikasi	Jumlah
1	Node MCU	ESP 8266	1
2	Sensor OV	25 V	1
3	Sensor Pzem-004T	004T	1
4	Module Relay	2 Chanel	1
5	Akses Point	TP-Link	1

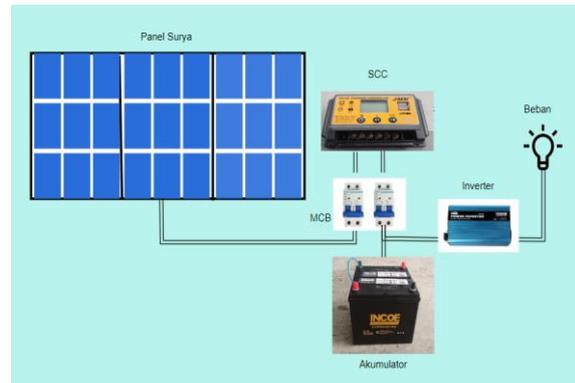
3.8.2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak untuk memprogram IoT memanfaatkan aplikasi blynk, dengan memanfaatkan API dari blynk sehingga berkomunikasi dengan hardware. Sedangkan untuk melihat aktifitas data yang didapat dari hardware ke blynk dengan memanfaatkan browser.

3.9. Skema PLTS

Skema alur daya listrik yang dihasilkan dari panel surya dijelaskan dalam Gambar 13. Panel surya

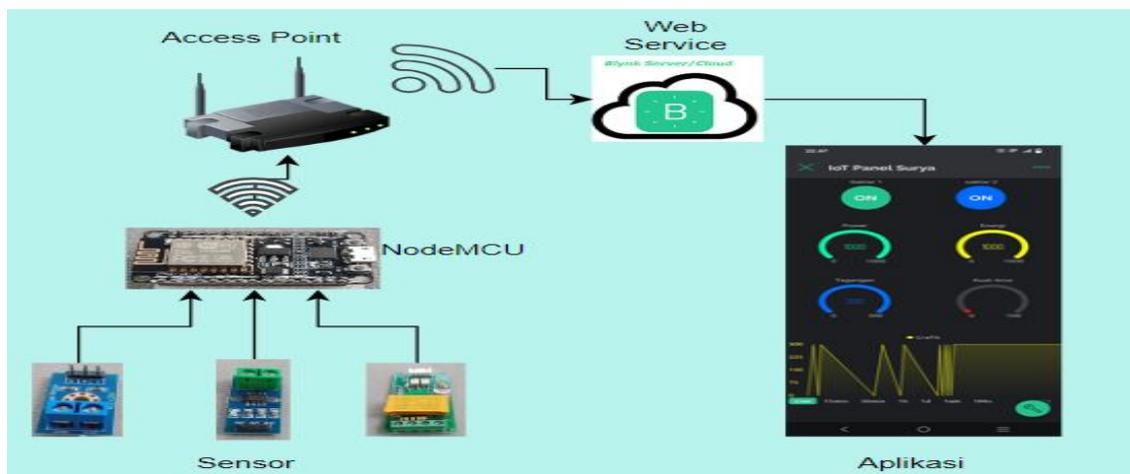
menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi searah (DC). Kemudian, MCC mengatur energi listrik yang masuk dan menyimpannya dalam akumulator. Ketika akumulator mencapai kapasitas penuhnya, MCC menghentikan penyerapan sinar matahari oleh panel. Kemudian, inverter mengubah energi yang tersimpan di akumulator menjadi arus bolak-balik (AC).



Gambar 13 Skema PLTS dengan IoT

3.10. Skema Internet of Things (IoT)

Perangkat Internet of Things (IoT) digambarkan dalam skema digambar 14. Pada tahap pertama, *NodeMCU* menerima data tegangan listrik dari sensor arus—yang mendeteksi arus yang terhubung ke jalur listrik—sebagai pengontrol. Data kemudian dikirim ke *Cloud Blynk* sebagai *web service*-nya melalui *access point* yang terhubung ke internet. Terakhir, data ditampilkan pada layar aplikasi Blynk dan di *web Blynk.cloud*.



Gambar 14. Skema IoT monitoring PLTS

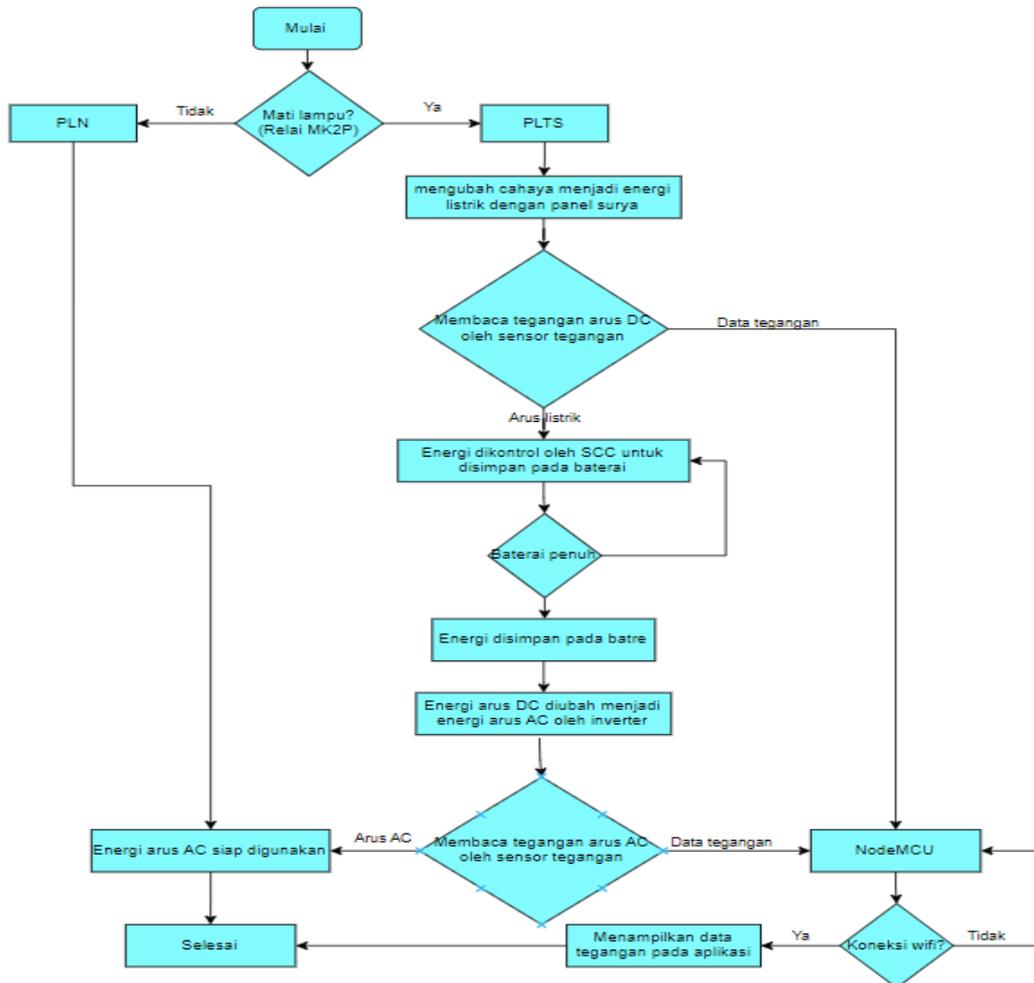
3.11. Flowchart cara Kerja PLTS dengan Monitoring IoT

Flowchart dalam Gambar 15 menunjukkan bagaimana Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

bekerja ketika ada pemadaman listrik atau mati lampu. Dalam situasi ini, panel surya menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi arus searah (DC). Sensor arus tegangan mengumpulkan data tegangan. Selanjutnya, data dikirimkan ke *NodeMCU*

sambil *Solar Charge Controller (SCC)* mengatur penyimpanan di akumulator. Selanjutnya, SCC mengirimkan energi ke inverter untuk mengubahnya menjadi arus bolak-balik (AC). Sensor tegangan

mengambil tegangan ini dan mengirimkannya ke *NodeMCU*; kemudian, data ditampilkan pada perangkat mobile dan energi digunakan oleh beban.

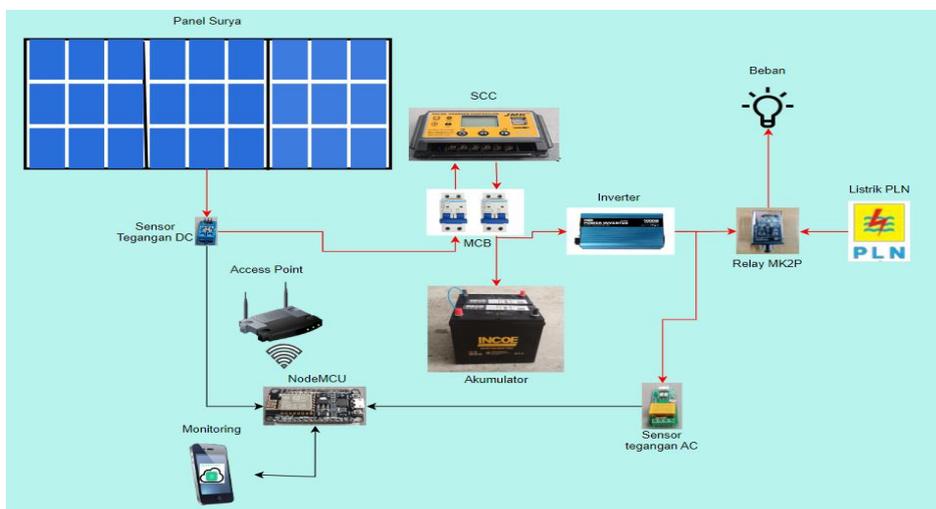


Gambar 15 Flowchart PLTS dengan IoT

3.12. Skema Instalasi PLTS dengan IoT

Gambar 16 menunjukkan dua warna jalur: jalur merah menunjukkan proses aliran listrik dari sumber

ke beban, dan jalur hitam menunjukkan proses pemantauan arus dan tegangan dari data sensor hingga aplikasi Blynk.

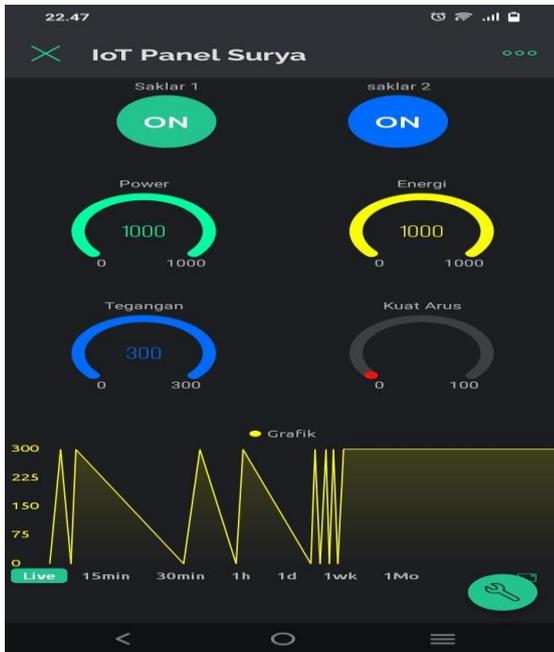


Gambar 16 Gambar 17 Skema Instalasi PLTS dan IoT

3.13. Interface Aplikasi blynk monitoring PLTS

Dalam antarmuka ini dibagi dalam dua fungsi yaitu berupa antarmuka monitoring secara keseluruhan dan antarmuka setiap sensor.

3.13.1. Dashboard Utama IoT



Gambar 17 Dashboard Monitoring PLTS 6000WP

Pada gambar 17 merupakan dashboard pemantauan IoT yang memonitoring aktifitas sistem tenaga surya berkapasitas 6000WP. Dashboard ini mencakup berbagai indikator seperti output daya saat ini, konsumsi energi, dan metrik efisiensi, dirancang dengan antarmuka modern dan user-friendly.

3.13.2. Kendali perangkat IoT

Antarmuka gambar 18 ini dirancang untuk memberikan informasi real-time dan kontrol atas panel surya IoT, dengan visualisasi data yang jelas dan mudah diakses berupa status panel surya, indikator sensor daya, tegangan, navigasi dan grafik kinerja untuk memudahkan pengguna dalam memonitor dan mengelola output energi. Dari fungsi antar muka fungsi perangkat ini, dapat menghidupkan dan mematikan perangkat yang sedang di monitoring.



Gambar 18. Monitoring device sensor IoT

Antarmuka gambar 18 ini dirancang untuk memberikan informasi real-time dan kontrol atas panel surya IoT, dengan visualisasi data yang jelas dan mudah diakses berupa status panel surya, indikator sensor daya, tegangan, navigasi dan grafik

kinerja untuk memudahkan pengguna dalam memonitor dan mengelola output energi. Dari fungsi antar muka fungsi perangkat ini, dapat menghidupkan dan mematikan perangkat yang sedang di monitoring.

4. DISKUSI

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat menangani kebutuhan listrik saat PLN mematikan listrik selama waktu yang cukup lama dengan adanya sumber daya listrik cadangan. PLTS tidak hanya berfungsi sebagai pendukung tetapi juga dapat berkembang menjadi sumber energi utama yang dapat digunakan di mana pun di wilayah Indonesia karena cahaya matahari dapat digunakan sebagai sumber energi utama selama lebih dari lima jam. PLTS tidak hanya berfungsi sebagai pendukung tetapi juga dapat berkembang menjadi sumber energi utama yang dapat digunakan di mana pun untuk wilayah Indonesia [3].

Teknologi PLTS, sangat ramah lingkungan, murah, mengurangi pemborosan penggunaan yang selama ini memanfaatkan jalur sungai dan infrastruktur bisa ditangani secara mandiri.

PLTS yang terus menerus terhubung dengan perangkat IoT dengan data yang terus-menerus dipantau dapat digunakan untuk mendeteksi potensi kerusakan atau masalah kinerja sebelum terjadinya kerusakan, sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan lebih cepat dan biaya pemeliharaan dapat diminimalkan. PLTS yang dilengkapi dengan peralatan Monitoring menjadikan peluang sumberdaya listrik utama yang banyak diminati kalangan industri dan rumah-rumahan[19], [20], [21], [22].

5. KESIMPULAN

Dalam jurnal ini, dilakukan analisis dan implementasi teknologi *Internet of Things (IoT)* dalam pengembangan monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 600 WP. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, pemantauan *real-time*, dan pemeliharaan PLTS dengan memanfaatkan kecanggihan IoT. Melalui pemantauan yang terus-menerus terhadap produksi energi, kondisi panel surya, dan suhu lingkungan sekitar, sistem IoT memungkinkan respons cepat terhadap masalah yang mungkin timbul serta penerapan pemeliharaan preventif yang efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi IoT dalam PLTS 600 WP dapat meningkatkan kinerja keseluruhan, mengoptimalkan penggunaan energi, dan memberikan wawasan berharga untuk desain dan pengembangan PLTS di masa depan. Kesimpulan dari penelitian ini menegaskan bahwa penerapan teknologi IoT dalam PLTS merupakan langkah yang strategis untuk mendukung transformasi menuju infrastruktur energi yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Keluarga Besar Pengurus DKM Ash-Shiroj yang telah memberikan izin untuk penelitian hingga selesainya kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Hu and R. M. White, *Solar cells: from basic to advanced systems*. Berkeley: University of California, 1983.
- [2] S. H. Al Furuqi, M. Abu Hafsini, and H. Haryono, "IOT-BASED REMOTE LIGHT CONTROL SYSTEM USING BOT TELEGRAM APPLICATION (CASE STUDY OF SMP AL WASHLIYAH CIREBON)," *J. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 6, pp. 1475–1482, Dec. 2022, doi: 10.20884/1.jutif.2022.3.6.313.
- [3] 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.
- [4] N. M. Kumar, K. Atluri, and S. Palaparthi, "Internet of Things (IoT) in Photovoltaic Systems," in *2018 National Power Engineering Conference (NPEC)*, India: IEEE, Mar. 2018, pp. 1–4. doi: 10.1109/NPEC.2018.8476807.
- [5] M. I. I. Nuhin, M. A. Shariar, J. M. Khan, T. N. Kongkon, and M. H. Imam, "Design of an IoT based power monitoring system model for a grid connected solar PV," *Int. J. Adv. Technol. Eng. Explor.*, vol. 9, no. 92, pp. 923–940, Jul. 2022, doi: 10.19101/IJATEE.2021.875084.
- [6] R. Alfita, K. Joni, and F. D. Darmawan, "Design of Monitoring Battery Solar Power Plant and Load Control System based Internet of Things," *TEKNIK*, vol. 42, no. 1, pp. 35–44, May 2021, doi: 10.14710/teknik.v42i1.29687.
- [7] C. Tom, Markvart;Luis, *Solar Cells*. 2025. doi: doi.org/10.1016/B978-1-85617-457-2.X5000-.
- [8] A. Z. Saleh, H. Tumaliang, and M. Pakiding, "Perencanaan Sistem Hybrid untuk Pelayanan Jaringan Kelistrikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi," pp. 1–10, 2021, [Online]. Available: <http://repo.unsrat.ac.id/3321/>
- [9] A. Y. Perdana, "Analisis Efisiensi Solar Charger Controller Tipe Pwm Dan Mppt Dengan Metode Simulasi," Indonesia, 2020. [Online]. Available: <https://lib.unnes.ac.id/42875/1/4211413021.pdf>
- [10] E. Marlina, "Pengaruh Variasi Larutan Elektrolit Terhadap Produksi Brown's Gas," *J. Tek. Mesin Univ. Islam Malang*, vol. 17, no. 2, p. 10, 2016, [Online]. Available: <https://ft.unisma.ac.id/wp-content/uploads/2020/07/Info-Teknik->

- 2016.pdf
- [11] F. N. Ramadhani, M. Luqman, and S. Siswoko, "Modul Inverter Satu Fasa menggunakan Mosfet dengan Driver EGS002 Pure Sin Wave," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 8, no. 2, p. 39, 2021, doi: 10.33795/elk.v8i2.274.
- [12] Y. Efendi, "Internet of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *J. Ilm. ILMU Komput.*, vol. 4, no. 1, pp. 19–26, Apr. 2018, doi: 10.35329/jiik.v4i1.48.
- [13] D. Suprihanto, H. Nugroho, A. E. Burhandenny, A. Harjanto, and M. Akbar, "Prototype of the Internet of Things-Based Swallow Building Monitoring and Security System," *J. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 131–141, 2023, doi: 10.52436/1.jutif.2023.4.1.858.
- [14] M. Artiyasa, A. Nita Rostini, Edwinanto, and Anggy Pradifita Junfithrana, "Aplikasi Smart Home Node MCU IoT untuk Blynk," *J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra*, vol. 7, no. 1, pp. 1–7, Mar. 2021, doi: 10.52005/rekayasa.v7i1.59.
- [15] I. Syukhron, "Penggunaan Aplikasi Blynk untuk Sistem Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar berbasis IoT," *Electrician*, vol. 15, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.23960/elc.v15n1.2158.
- [16] A. R. Al-faridzi, E. Kurniawan, and A. Sugiana, "Iot Blynk Untuk Sistem Monitoring Pendeteksi Dini Banjir Sungai Citarum Terintegrasi Media Sosial," in *Proceedings of Engineering*, 2020, pp. 43–52.
- [17] U.-U. R. Indonesia, *Undang-Undang No 30 Tahun 2009 Tentang Ketenagalistrikan*, vol. 2, no. 5. indonesia: ESDM, 2009, p. 255. [Online]. Available: https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/9ef73-03.uu-30-2009-tentang-ketenagalistrikan.pdf
- [18] Kementerian ESDM, "PERMEN Energi dan Sumber Daya Mineral No 20 Tahun 2020 Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (Grid Code)," *Menteri Energi dan Sumber Daya Miner. Republik Indones.*, no. 3, pp. 417–607, 2020, [Online]. Available: <https://jdih.esdm.go.id/storage/document/PM ESDM No 20 Tahun 2020.pdf>
- [19] M. I. Fadlur Rohman, "IMPLEMENTASI IOT DALAM RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PANEL SURYA BERBASIS ARDUINO," *Pros. SNATIF*, vol. 2, no. 1, pp. 413–420, 2015, Accessed: Jan. 06, 2018. [Online]. Available: <https://www.neliti.com/id/publications/174170/implementasi-iot-dalam-rancang-bangun-sistem-monitoring-panel-surya-berbasis-ard>
- [20] F. Rahutomo, S. Sutrisno, S. Pramono, M. E. Sulistyono, M. H. Ibrahim, and J. Haryono, "Implementasi dan Sosialisasi Smart Farming Hidroponik Berbasis Internet of Thing di Dusun Ngentak, Bulakrejo, Sukoharjo," *J. Abdi Masy. Indones.*, vol. 2, no. 6, pp. 1961–1970, 2022, doi: 10.54082/jamsi.567.
- [21] M. I. Fadlur Rohman, "IMPLEMENTASI IOT DALAM RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING PANEL SURYA BERBASIS ARDUINO," *Pros. SNATIF ke-4 Tahun 2017*, pp. 153–160, 2017.
- [22] M. A. Ridho Effendy, "Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya Berbasis Iot Menggunakan Arduino Uno Pada Plts Pematang Johar Ridho Effendy, Muhammad Aslam," Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara, 2021.