JURNAL TELISKA **P-ISSN: 2085-0786**
Volume 18 No II Juli 2025 Page 47-55 **E-ISSN: 2654-2765**

PERANCANGAN SISTEM *SMART GRID* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* UNTUK PENGELOLAAN LISTRIK YANG EFISIEN

Thio Saputra[1*], Yudi Wijanarko[2]
Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Sriwijaya[1]
Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Sriwijaya[2]
thiosaputra2712@gmail.com*[1]

ABSTRAK

Penggunaan energi di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk sejarah, ekonomi, dan geografi, dengan ketergantungan yang tinggi pada bahan bakar fosil meskipun cadangan minyak menurun. Transisi menuju sumber energi bersih, terutama energi surya melalui panel surya, menjadi fokus utama. Panel surya, yang menggunakan sel photovoltaic berbahan semikonduktor, berfungsi mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Kebutuhan akan listrik berkelanjutan mendorong penerapan sistem smart grid berbasis teknologi IoT, yang meningkatkan efisiensi dan keandalan distribusi energi listrik. Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan panel surya sebagai sumber listrik alternatif dengan menilai output daya dan efisiensi sistem. Penerapan IoT memungkinkan otomatisasi dan pengelolaan energi yang lebih baik. Metode penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, dan implementasi teknologi IoT untuk pemantauan real-time. Dari hasil pengujian, daya yang dihasilkan panel surya mengalami variasi tergantung pada waktu dan intensitas cahaya matahari. Pada pukul 07.00, daya yang dihasilkan sebesar 15,99 W, meningkat hingga 83,79 W pada pukul 11.00, lalu menurun menjadi 52,17 W pada pukul 17.00. Secara keseluruhan, efisiensi daya panel surya mengalami fluktuasi dengan tingkat peningkatan hingga 424% dari pagi hingga siang hari sebelum menurun pada sore hari.

Kata kunci : Panel Surya, IoT, Efisiensi Energi

ABSTRAC

The use of energy in Indonesia is influenced by various factors, including history, economics, and geography, with a high dependence on fossil fuels despite declining oil reserves. The transition to clean energy sources, particularly solar energy through solar panels, has become a primary focus. Solar panels, which use semiconductor-based photovoltaic cells, serve to convert sunlight into electrical energy. The need for sustainable electricity drives the implementation of smart grid systems based on IoT technology, which enhances the efficiency and reliability of electricity distribution. This research explores the use of solar panels as an alternative power source by assessing the power output and efficiency of the system. The application of IoT allows for better automation and energy management. The research methods include needs analysis, system design, and the implementation of IoT technology for real-time monitoring. From the test results, the power generated by the solar panel varies depending on the time and intensity of sunlight. At 07:00 AM, the generated power was 15.99 W, increasing to 83.79 W at 11:00 AM, and then decreasing to 52.17 W at 05:00 PM. Overall, the power efficiency of the solar panel fluctuated, with an increase of up to 424% from morning to midday before declining in the afternoon.

Keywords: *Solar Panels, IoT, Energy Efficiency*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai faktor historis, ekonomi, sosial, dan geografis. Negara Indonesia kaya akan sumber daya alam, termasuk minyak bumi, gas alam, batu bara, dan potensi energi terbarukan seperti panas bumi, tenaga air, tenaga surya, dan tenaga angin [1]. Meskipun ketergantungan pada bahan bakar fosil, ada upaya untuk transisi menuju Energi Baru Terbarukan (EBT), terutama energi surya yang diubah menjadi listrik menggunakan panel surya. Panel surya, yang terdiri dari sel photovoltaic, menghasilkan arus listrik dengan memanfaatkan efek photovoltaic. Kebutuhan listrik yang berkelanjutan sangat penting, dan gangguan dari PLN sering kali menjadi masalah. Oleh karena itu, sumber energi alternatif diperlukan untuk mengantisipasi pemadaman listrik.

Penelitian ini dibuat sebagai pengganti listrik menggunakan panel surya, termasuk output daya, efisiensi sistem, dan kondisi

DOI : 10.5281/zenodo.15860176

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

operasional. Data ini memungkinkan pemeliharaan dan penyesuaian sistem untuk memastikan performa optimal. Dengan memanfaatkan perangkat *Internet of Things* (IoT) juga memungkinkan otomatisasi, seperti mengatur perangkat untuk beroperasi saat energi surya melimpah dan mematikan perangkat yang tidak digunakan. Selain itu, IoT dapat mengidentifikasi pola penggunaan energi dan memberikan saran untuk efisiensi yang lebih baik. Dengan pemantauan dan pengelolaan yang cerdas ini, IoT dapat membantu pengguna mengurangi biaya listrik secara signifikan.

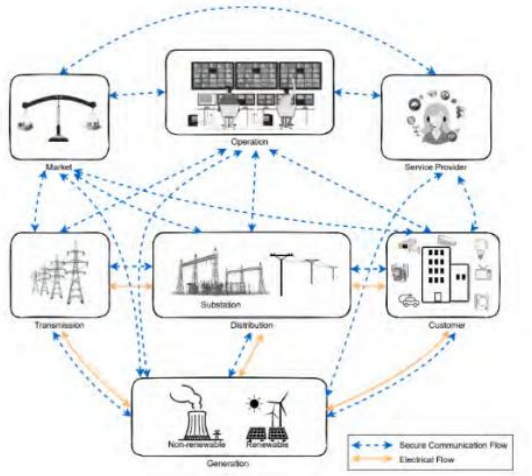
Penelitian [1] mengembangkan proses komunikasi antara jaringan listrik dengan komputer untuk meningkatkan power sistem dan pelayanan kepada konsumen. Fokus program ini adalah untuk menentukan desain komunikasi dan standar smart grid, perlengkapan simulasi dan analisa, smart teknologi, infrastruktur tes dan demo plant, payung hukum dan market framework. Penelitian [2] dirancang karena pelayanan PLN yang sering memadamkan listrik secara bergilir dan terkadang tanpa pemberitahuan menimbulkan kerugian besar pada industri. Energi listrik harus dihasilkan melalui pembangkit listrik dari energi terbarukan seperti tenaga angin, matahari, dll. Kemudian didistribusikan ke industri.

Dalam penelitian ini, alat *smart grid* yang dikembangkan memiliki beberapa pembeda dibandingkan referensi sebelumnya. Pertama, alat ini membahas tentang efisiensi listrik, pembahasan yang tidak disebut dalam referensi yang pertama. Kedua alat ini dilengkapi Internet of Things yang tidak disebutkan dalam referensi yang kedua. Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang menghubungkan perangkat untuk bertukar data dengan sistem lain melalui internet, yang membantu mengubah sistem manual menjadi otomatis [3]. Terakhir di penempatan alat diujikan dilakukan di tempat tinggal berbeda dari referensi yang kedua dilakukan di industri. Dengan perbedaan ini, alat smart grid ini menawarkan solusi yang lebih efisien dalam penghematan penggunaan listrik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Smart Grid*

Kebutuhan listrik sangat penting bagi kehidupan sehari-hari, sehingga perlu energi listrik yang berkelanjutan. Jika terjadi gangguan tenaga listrik biasanya disebabkan oleh pemadaman listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN) karena terjadinya gangguan jaringan. Untuk mengantisipasi gangguan diperlukan sumber energi alternatif sebagai pengganti suplai dari PLN yang terputus. Perpindahan energi listrik dari sumber listrik PLN terhadap sumber listrik PLTS tidak boleh ada jeda waktu perpindahan, sehingga ditambahkan sistem pendukung. Otomatis distribusi ini memungkinkan untuk mengalihkan daya dari sumber utama ke sumber cadangan. Penggunaan teknologi smart grid adalah kunci untuk menyelesaikan masalahnya [4].



Gambar 1 Konsep *Smart Grid [4]*

2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah jenis pembangkit mengubah sinar matahari atau energi radiasi matahari yang diserap melalui panel surya (photovoltaic) untuk mengkonversikan radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik dalam bentuk listrik searah (DC) menggunakan modul surya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan menggunakan sel surya, cahaya matahari diubah menjadi energi listrik melalui suatu proses photovoltaic [5].

DOI : 10.5281/zenodo.15860176

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

Dengan kemajuan teknologi, efisiensi panel surya semakin meningkat, menjadikan PLTS solusi ekonomis dan berkelanjutan untuk kebutuhan energi. PLTS dapat diintegrasikan dengan jaringan listrik atau digunakan secara mandiri di lokasi terpencil, memberikan fleksibilitas dalam penyediaan energi. Integrasi PLTS dengan smart grid menciptakan jaringan listrik yang lebih efisien dan canggih, memungkinkan pemantauan dan pengelolaan aliran listrik secara *real-time*. Energi yang dihasilkan dapat langsung dikirim ke jaringan atau disimpan untuk digunakan saat diperlukan, memungkinkan penyesuaian dinamis antara produksi dan konsumsi energi, meningkatkan stabilitas jaringan, dan meminimalkan pemborosan energi.

2.3. Panel Surya

Panel surya adalah kumpulan sel surya yang ditata sedemikian rupa agar efektif dalam menyerap sinar matahari. Sedangkan yang bertugas menyerap sinar matahari adalah sel surya. Sel surya sendiri terdiri dari berbagai komponen photovoltaic atau komponen yang dapat mengubah cahaya menjadi listrik. Umumnya sel surya terdiri dari lapisan silikon yang bersifat semikonduktor, metal, anti reflektif, dan strip konduktor metal. Prinsip kerja sel surya dimulai dari partikel yang disebut "Foton" yang merupakan partikel sinar matahari yang sangat kecil. Ketika foton tersebut menghantam atom semikonduktor sel surya sehingga dapat menimbulkan energi yang besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semi konduktor, sehingga atom yang kehilangan elektron kekosongan strukturnya dan disebut "hole" dengan muatan positif. Sederhananya, ketika sel surya menyerap cahaya, maka akan ada pergerakan antara elektron di sisi positif dan negatif. Adanya pergerakan ini menciptakan arus listrik sehingga dapat digunakan sebagai energi bagi alat-alat elektronik [6].

2.4. Sel Surya

Sel surya adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. Photovoltaic adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan sel surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek photovoltaic. Sel Surya, bekerja dengan memanfaatkan efek fotovoltaik, yaitu kemampuan bahan semikonduktor untuk menghasilkan arus listrik ketika disinari oleh cahaya matahari. Ketika foton cahaya matahari mengenai sel surya, hingga dapat menimbulkan energi yang memisahkan elektron-elektron dalam bahan semikonduktor, menciptakan arus listrik. Sel surya terdiri dari lapisan-lapisan bahan semikonduktor yang mampu menghasilkan arus listrik ketika disinari oleh cahaya matahari. Setiap sel surya mampu menghasilkan tegangan sekitar 0,5 volt, sehingga banyaknya sel surya yang disusun untuk menjadi modul surya [7].

2.5. *Solar Charger Controller*

Solar Charge Controller (SCC) adalah perangkat dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi mengatur pengisian daya dari panel surya ke baterai. SCC menjaga tegangan dan arus yang masuk ke baterai sesuai dengan rating baterai, mencegah *over discharge* (kelebihan pelepasan muatan) dan over charge (kelebihan pengisian muatan) yang dapat mengurangi umur baterai. Selain itu, SCC memperpanjang masa pakai baterai dan meningkatkan efisiensi pengisian daya dari panel surya. Dalam tugas akhir ini, SCC yang digunakan adalah jenis MPPT (Maximum Power Point Tracking). MPPT mengoptimalkan penyerapan daya dengan mencocokkan beban yang dihasilkan oleh panel surya dengan karakteristik tegangan dan arus yang optimal, yang bervariasi tergantung pada kondisi cahaya

DOI : 10.5281/zenodo.15860176

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

matahari. Dengan pengaturan beban ini, MPPT memastikan panel surya dapat menghasilkan daya maksimum pada berbagai kondisi cahaya, meningkatkan efisiensi dan kinerja keseluruhan sistem panel surya [8].



Gambar 2. *Solar Charger Controller***[8]**

2.6. *Sensor* PZEM-004T

Sensor PZEM-004T adalah perangkat pengukur daya yang digunakan untuk memantau parameter listrik seperti tegangan, arus, daya aktif, dan energi yang dikonsumsi, sering digunakan dalam proyek monitoring energi listrik pada aplikasi IoT atau sistem kontrol otomatis. Sensor ini mengukur tegangan langsung dari sumber listrik dan arus melalui transformator arus terpisah, mengirim data melalui antarmuka komunikasi serial (UART) untuk integrasi mudah dengan mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32. PZEM-004T dapat menghitung daya aktif dan mencatat total energi yang dikonsumsi selama periode waktu tertentu, menawarkan akurasi tinggi dan kemampuan pengukuran berbagai parameter listrik. Dengan fitur ini, PZEM-004T menjadi pilihan populer untuk proyek yang memerlukan monitoring daya efisien dan akurat, seperti rumah pintar, manajemen energi, dan sistem kontrol industri [9].

2.7. ACS 753

ACS753 adalah sensor arus yang dikembangkan oleh Allegro Microsystems, dirancang untuk mengukur arus dengan presisi tinggi dalam berbagai aplikasi. Sensor ini menggunakan prinsip efek Hall untuk mendeteksi medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir melalui konduktor, dan mengonversinya menjadi sinyal output yang proporsional dengan arus yang diukur. ACS753 tersedia dalam variasi rentang pengukuran seperti 25A, 50A, atau 100A, dengan presisi tinggi hingga beberapa miliamperes. Beberapa varian sensor ini dilengkapi dengan antarmuka digital seperti I2C atau SPI, memudahkan integrasi dengan sistem mikrokontroler atau mikroprosesor. Perlindungan galvanik pada ACS753 memisahkan jalur pengukuran arus dari sirkuit pengolahan sinyal, mengurangi risiko kerusakan akibat lonjakan atau gangguan arus. Sensor ini cocok untuk aplikasi seperti pengendalian motor, pemantauan konsumsi energi, dan sistem pembayaran otomatis berbasis arus, menjadikannya pilihan ideal bagi pengembang yang memerlukan sensor arus yang andal dan akurat[10].

2.8. ESP 32

ESP32 adalah mikrokontroler serbaguna dan kuat yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*, dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, menjadikannya ideal untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroler ini memiliki prosesor dual-core untuk pemrosesan data yang cepat dan efisien, serta banyak pin GPIO yang mendukung berbagai periferal dan sensor. ESP32 juga mendukung berbagai modul komunikasi seperti UART, SPI, dan I2C, serta memiliki fitur keamanan seperti enkripsi hardware dan pengelolaan kunci, penting untuk aplikasi IoT yang memerlukan keamanan tinggi. Dengan dukungan berbagai lingkungan pengembangan seperti Arduino IDE dan ESP-IDF, ESP32 mudah diakses oleh pengembang dari berbagai tingkat keahlian. Kemampuan luas dan harga terjangkau menjadikan ESP32 pilihan populer untuk proyek DIY, prototyping, dan implementasi komersial dalam bidang IoT [11].

2.9. Blynk

Blynk adalah platform Internet of Things (IoT) yang memungkinkan pengguna mengontrol dan memantau perangkat keras mereka dari jarak jauh menggunakan smartphone. Platform ini dirancang untuk memudahkan pengembangan aplikasi IoT

DOI : 10.5281/zenodo.15860176

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

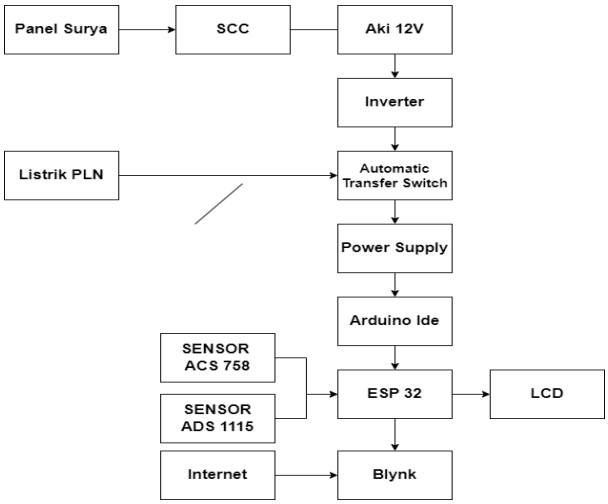
dengan menyediakan antarmuka pengguna yang intuitif dan fitur komunikasi yang andal. Blynk menyediakan aplikasi mobile yang memungkinkan pengguna untuk membuat dashboard visual dengan mudah menggunakan berbagai widget seperti tombol, slider, grafik, dan lainnya. Dengan fitur drag-and-drop, pengguna bisa merancang antarmuka yang sesuai dengan kebutuhan mereka tanpa perlu pengetahuan mendalam tentang pemrograman. Selain itu, Blynk mendukung berbagai platform perangkat keras seperti Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, dan ESP32, yang memudahkan pengembang untuk menghubungkan perangkat keras mereka ke internet dan mengendalikannya dari jarak jauh. Platform ini menggunakan protokol komunikasi yang efisien untuk memastikan bahwa perintah yang dikirim dari aplikasi mobile dapat diterima dan dieksekusi oleh perangkat keras dengan cepat dan andal [12].

3. METODOLOGI

Perancangan adalah tahap terpenting dari seluruh proses pembuatan alat dikarenakan memerlukan analisis untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Tahap awal dari perancangan ini adalah pemilihan komponen dengan karakteristik dan spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan. Pada proses perancangan sistem kerja smart grid PLTS berbasis IoT ini terdapat beberapa langkah perancangan yaitu perancangan perangkat sistem, perancangan mekanik dan perancangan elektrik. Perancangan elektronik adalah perancangan penyusunan komponen-komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan alat. Sedangkan perancangan mekanik adalah merancang bentuk dan desain mekanik alat.

3. 1. Blok Diagram

Blok diagram adalah representasi sederhana dari keseluruhan alur kerja alat dengan menggunakan blok-blok yang dihubungkan satu sama lain agar lebih mudah dimengerti dan dipahami. Berikut adalah blok diagram pada perancangan sistem kerja PLTS smart grid untuk efisiensi listrik berbasis IoT.



Gambar 3. Blok Diagram

Adapun penjelasan blok diagram pada gambar 3 yaitu:

1. Alur sistem di mulai dari panel surya yang menghasilkan listrik dari energi matahari. Listrik yang dihasilkan ini diterima oleh solar charge controller (SCC) yang berfungsi mengatur pengisian dan mencegah overcharging pada aki. Listrik DC lalu dialirkann ke inverter untuk di ubah menjadi listrik AC. Sebagai cadangan, listrik PLN juga terhubung ke automatic transfer switch. Auto transfer 28 switch memilih sumber daya antara listrik dari inverter dan listrik dari PLN tergantung ketersediaan dan kebutuhan.
2. Panel surya menyerap cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Energi listrik ini kemudian dikirimkan ke MPPT. MPPT berguna untuk menerima daya dari panel surya, mengisi daya baterai, mendistribusikan daya ke rangkaian.
3. Sensor ACS758 digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan panel surya. Informasi ini kemudian dikirimkan

DOI : 10.5281/zenodo.15860176

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

ke ADS1115.

4. ADS1115 mengubah sinyal analog dari sensor ACS758 menjadi sinyal I2C dan kemudian mengirimnya ke ESP32.
5. ESP32 adalah mikrokontroler yang digunakan untuk memproses informasi dari sensor dan untuk mengontrol inverter. Inverter mengubah arus DC dari baterai menjadi arus AC. Arus AC dapat digunakan oleh peralatan rumah tangga. Tampilan digunakan untuk menunjukkan informasi tentang kinerja panel surya. Aplikasi dapat digunakan untuk memantau kinerja panel surya dari jarak jauh.

3. 2. Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik desain 3D merupakan perancangan perangkat keras yang mendukung seluruh perancangan dan pembuatan alat Perancangan pada rancang bangun ini meliputi perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk sistem smart grid. Pada gambar 3.4 sampai 3.6 ditunjukkan tampak dari keseluruhan Perancangan PLTS untuk sistem smart grid, pada 3D diatas terdapat panel surya sebagai sember energi listrik pada sistem smart grid, Box Panel yang berisi watt meter, kabel penghubung dan Solar Charge Controler, kemudian terdapat kerangka besi sebagai tempat panel dan box panel. Gambar 4 dan 5 berikut merupakan rancangan alat pada penelitian ini.



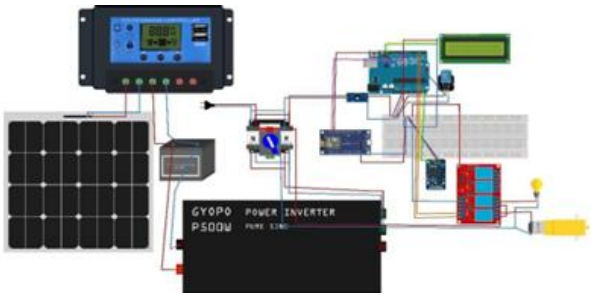
Gambar 4. Tampak Depan Alat



Gambar 5. Tampak Belakang Alat

3. 3. Perancangan Elektonik

Perancangan perangkat elektronik ini meliputi semua tahapan pengerjaan yang merupakan bagian dari inti alat. Pada bagian ini terdapat komponen - komponen elektronika yang saling keterkaitan satu sama lain. Tata letak komponen harus dirancang terlebih dahulu agar komponen dapat dipasang secara baik. Dalam perakitan alat sangat penting untuk diperhatikan, pada tahap ini perakitan alat harus sesuai dengan karakteristik yang diharapkan agar nantinya alat dapat bekerja dengan maksimal dan baik.



Gambar 6. Skematik Rangkaian

3. 4. Perancangan Perangkat Lunak (Sofware)

Setelah perancangan perangkat keras selesai, selanjutkan masuk pada tahap perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat lunak memiliki peranan penting dalam pembuatan sistem alat penetas telur. Beberapa software yang digunakan dalam pembuatan sistem alat penetas ini antara lain, Arduino IDE, dan Blynk.

DOI : 10.5281/zenodo.15860176

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765



Gambar 7. Fowchart Sistem

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Rancangan

Implementasi sistem smart grid berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan panel surya, inverter, dan *Automatic Transfer Switch* (ATS) melibatkan beberapa komponen utama yang bekerja secara sinergis untuk memastikan pasokan listrik yang stabil dan efisien. Pertama, panel surya mengkonversi energi matahari menjadi listrik DC, yang kemudian disimpan dalam baterai untuk digunakan saat matahari tidak bersinar, seperti di malam hari atau saat pemadaman listrik. Inverter berfungsi mengkonversi listrik DC menjadi listrik AC yang diperlukan untuk mengoperasikan perangkat listrik. *Automatic Transfer Switch* (ATS) secara otomatis mengalihkan sumber daya listrik antara panel surya dan sumber cadangan (PLN) ketika suplai dari panel surya tidak mencukupi. Sistem ini juga dilengkapi dengan mikrokontroler dan sensor yang mengendalikan operasional sistem dengan memantau tegangan dan arus. Data yang dianalisis oleh mikrokontroler kemudian dikirim ke aplikasi Blynk, memungkinkan pengguna untuk memantau sistem secara jarak jauh melalui smartphone. Gambar 8 berikut merupakan hasil perancangan pada penelitian ini.



Gambar 8. Hasil Perancangan Alat

Langkah-langkah untuk mengoperasikan PLTS meliputi persiapan alat, pemeriksaan pengkabelan, menghubungkan kabel panel surya ke *Solar Charge Controller* (SCC), menyambungkan kabel SCC ke baterai dengan memperhatikan kutub, dan menghubungkan beban pada output DC dari SCC. Dengan demikian, sistem ini memungkinkan pengelolaan energi yang efisien dan efektif.

Setelah perancangan alat Pengukuran merupakan tahap penting dalam pembuatan alat, bertujuan untuk menentukan apakah alat berfungsi dengan baik. Bab ini membahas hasil pengujian pengisian baterai menggunakan panel surya sebagai sumber utama tegangan dan arus, dengan MPPT berfungsi sebagai penyimpanan energi. Pengujian dilakukan sepanjang hari dari pagi hingga sore, dengan variasi data yang diambil pada kondisi cuaca berbeda, seperti berawan, cerah, dan panas terik. Objek yang

DOI : 10.5281/zenodo.15860176

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

diukur adalah arus listrik yang masuk ke panel kontrol. Setiap hasil pengukuran dibandingkan dengan nilai referensi yang diharapkan untuk memastikan kinerja alat, di mana selisih antara pengukuran dan nilai referensi (*error rate*) dihitung untuk mengevaluasi akurasi. Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter untuk mendapatkan hasil yang tepat.

4.2. Pengujian Panel Surya pada Kondisi Cuaca yang Berbeda

Pengujian panel surya dilakukan mulai dari matahari bersinar hingga matahari terbenam dengan variasi pengambilan data pada kondisi cuaca yang berbeda yaitu:

- Cuaca berawan, pengujian dilakukan di pagi hari atau saat hari berawan, di mana intensitas cahaya matahari lebih rendah. Data arus listrik dicatat setiap jam untuk mengevaluasi seberapa banyak energi yang dapat dihasilkan dan disimpan.
- Cuaca cerah, pengujian dilakukan pada siang hari dengan kondisi cerah dan suhu yang tidak terlalu panas, yang merupakan kondisi ideal bagi panel surya. Data arus listrik dicatat untuk memastikan suplai energi tetap stabil dan memadai sepanjang hari.
- Cuaca panas terik, pengujian dilakukan pada siang hari yang sangat panas untuk menguji batas kinerja panel surya saat intensitas cahaya matahari sangat tinggi. Data arus listrik dicatat untuk mengevaluasi apakah ada penurunan efisiensi di bawah kondisi cuaca ekstrem. Melalui pendekatan ini, pengujian bertujuan untuk menilai kinerja panel surya di berbagai kondisi cuaca.

4.3. Langkah-Langkah Pengambilan Data

1. Tegangan dan Arus dari Panel Surya

   Pengujian tegangan panel surya dilakukan dengan membandingkan nilai arus yang diukur menggunakan multimeter dengan spesifikasi panel surya. Model panel yang digunakan adalah 100wp, dirancang untuk menghasilkan tegangan pada daya maksimum (Vmp) sebesar 18 volt dan arus pada daya maksimum (Imp) sebesar 5,55 ampere. Tegangan rangkaian terbuka (Voc) tercatat sebesar 21,6 volt, sedangkan arus hubung singkat (Isc) mencapai 6,1 ampere. Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa panel surya dapat beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.
2. Pengambilan Data Tanpa Beban

   Hasil pengujian panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca saat pengujian dilakukan. Cuaca cerah dengan sinar matahari yang cukup memberikan kondisi optimal bagi panel surya untuk menghasilkan tegangan dan arus maksimum sesuai spesifikasi. Sebaliknya, cuaca berawan, mendung, atau hujan mengurangi intensitas cahaya matahari yang mencapai panel, sehingga performa panel dalam menghasilkan listrik menurun. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan kondisi cuaca saat pengujian untuk mendapatkan hasil yang akurat, karena hasil pengujian dapat bervariasi pada hari atau waktu yang berbeda.
3. Hari pertama Pengambilan Data

Pada hari pertama pengambilan data cuaca terlihat cerah dan intensitas cahaya yang dihasilkan relative tinggi. Pada hari ini daya yang dikeluarkan panel surya relative tinggi dikarenakan intensitas cahaya matahari tinggi. pengambilan data pada kamis, 18 Juli 2024, dimulai pengukuran pukul 07.00 sampai 17.00. Adapun hasil yang diperoleh seperti pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Panel Surya Tanpa Beban Hari Pertama

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
07.00	12,3	1,3	15,99
09.00	17,3	4,2	72,66
11.00	17,1	4,9	83,79
13.00	17,9	4,6	82,34
15.00	16,1	4,7	75,67
17.00	14,1	3,7	52,17

DOI : 10.5281/zenodo.15860176

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765

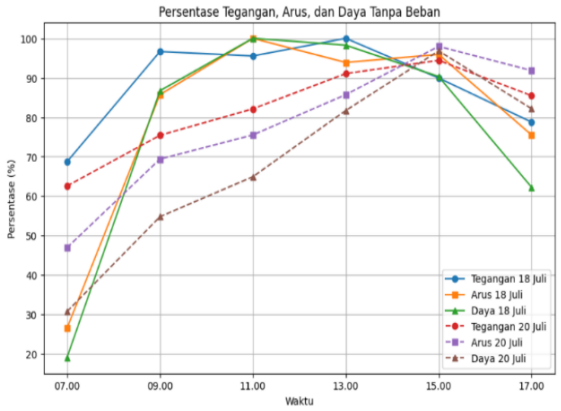
4. Hari Kedua Pengambilan Data

Pada hari kedua pengambilan data cuaca terlihat cerah dan intensitas cahaya yang dihasilkan relative tinggi. Pada hari ini daya yang dikeluarkan panel surya relative tinggi dikarenakan intensitas cahaya matahari tinggi. pengambilan data pada sabtu, 20 Juli 2024, dimulai pengukuran pukul 07.00 sampai 17.00. Adapun hasil yang diperoleh seperti pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Panel Surya Tanpa Beban Hari Kedua

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
07.00	11,2	2,3	25,76
09.00	13,5	3,4	45,9
11.00	14,7	3,7	54,39
13.00	16,3	4,2	68,46
15.00	16,9	4,8	81,12
17.00	15,3	4,5	68,85

Gambar 9 berikut merupakan grafik pengambilan data pengujian panel surya tanpa beban.



Gambar 9. Grafik Hasil Data Tanpa Beban

5. Pengambilan Data Menggunakan Beban

1. Hari pertama Pengambilan Data

Pada hari pertama pengambilan data cuaca terlihat cerah dan intensitas cahaya yang dihasilkan relative tinggi. Pada hari ini daya yang dikeluarkan panel surya relative tinggi dikarenakan intensitas cahaya matahari tinggi. pengambilan data pada jumat, 19 Juli 2024, dimulai pengukuran pukul 11.00 sampai 15.00. Adapun hasil yang diperoleh seperti pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Panel Surya dengan beban Hari Pertama

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Cos
11.00	232,4	0,20	27,35	0,61
12.00	232,2	0,20	28,32	0,61
13.00	232,8	0,20	29,60	0,62
14.00	232	0,20	28,76	0,62
15.00	231,8	0,20	27,81	0,60

2. Hari Kedua Pengambilan Data Menggunakan Beban

Pada hari kedua pengambilan data cuaca terlihat cerah dan intensitas cahaya yang dihasilkan relative tinggi. Pada hari ini daya yang dikeluarkan panel surya relative tinggi dikarenakan intensitas cahaya matahari tinggi. pengambilan data pada minggu, 21 Juli 2024, dimulai pengukuran pukul 11.00 sampai 15.00. Adapun hasil yang diperoleh seperti pada tabel 4 berikut:

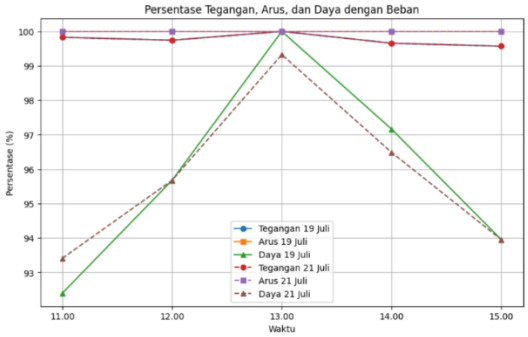
Tabel 4. Data Hasil Pengujian Panel Surya Hari minggu, 21 Juli 2024

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Cos
11.00	232,4	0,20	27,65	0,61
12.00	232,2	0,20	28,32	0,61
13.00	232,8	0,20	29,40	0,62
14.00	232	0,20	28,56	0,62
15.00	231,8	0,20	27,81	0,60

Gambar 9 berikut merupakan grafik pengambilan data pengujian panel surya dengan beban.

DOI : 10.5281/zenodo.15860176

P-ISSN: 2085-0786
E-ISSN: 2654-2765



Gambar 10. Grafik Hasil Data Menggunakan Beban

4.4. Pembahasan

Pembahasan dari hasil pengujian dan implementasi sistem smart grid berbasis IoT menunjukkan bahwa integrasi panel surya, inverter, dan Automatic Transfer Switch (ATS) mampu menciptakan sistem kelistrikan yang efisien dan andal. Pengujian pada berbagai kondisi cuaca membuktikan bahwa performa panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, dengan daya keluaran optimal pada cuaca cerah dan mengalami penurunan pada kondisi berawan atau hujan. Pengujian aki juga menunjukkan bahwa kapasitas penyimpanan energi yang memadai sangat penting untuk menjaga kestabilan pasokan listrik, terutama saat intensitas cahaya matahari menurun. Keberadaan sistem pemantauan berbasis IoT melalui aplikasi Blynk memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengontrol dan menganalisis konsumsi daya secara real-time, meningkatkan efisiensi energi serta mengurangi risiko pemborosan daya. Dengan kemampuan otomatisasi yang dimiliki, smart grid berbasis IoT tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan penggunaan energi terbarukan. Hal ini membuktikan bahwa penerapan teknologi IoT dalam sistem smart grid dapat menjadi solusi yang inovatif untuk menghadapi tantangan dalam pengelolaan energi di masa depan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, kesimpulan mengenai perancangan sistem smart grid berbasis Internet of Things (IoT) untuk pengelolaan listrik yang efisien mencakup beberapa poin penting. Pertama, teknologi IoT memungkinkan pemantauan dan pengelolaan konsumsi daya secara real-time, sehingga meningkatkan efisiensi dan keandalan pasokan listrik. Kedua, sistem ini berfungsi untuk mengoptimalkan distribusi energi, mengurangi kehilangan daya, serta lebih efektif dalam mengintegrasikan sumber energi terbarukan. Selanjutnya, pengguna akhir dapat mengontrol dan memantau penggunaan listrik mereka, yang berpotensi mengarah pada penghematan biaya dan peningkatan kesadaran energi. Terakhir, smart grid berbasis IoT menawarkan solusi canggih untuk tantangan pengelolaan energi modern, mendukung keberlanjutan dan efisiensi operasional. Dengan demikian, penerapan sistem ini memberikan banyak manfaat dalam pengelolaan listrik yang lebih efisien dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] N. A. Hidayatullah and D. E. Juliando, “Desain dan Aplikasi Internet of Thing (IoT) untuk Smart Grid Power Sistem,” VOLT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro, vol. 2, no. 1, p. 35, 2017, doi: 10.30870/volt.v2i1.1347.

[2] A. N. Pramudhita and P. A. N. Mawangi, “Smart Grid Untuk Efisiensi Konsumsi Listrik Pada Proses Produksi Di Industri Manufaktur,” Matics, vol. 13, no. 1, pp. 7–12, 2021, doi: 10.18860/mat.v13i1.11566.

DOI : 10.5281/zenodo.15860176

[3] Abdiansyah, A., Rahman, A., & Maulidda, R. (2024). *Sistem monitoring suhu dan kelembaban tanah untuk penyiraman otomatis berbasis IoT*. Jurnal TELISKA, 17(2).https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teliska/article/view/6952

[4] T. Zheng, M. Liu, D. Puthal, P. Yi, Y. Wu, dan X. He, "*Smart Grid: Cyber Attacks, Critical Defense Approaches, and Digital Twin*," Mei 2022, [Daring]. Tersedia pada: http://arxiv.org/abs/2205.11783

[5] A. Dewi, Arfita Yuana, "Pemanfaatan energi surya sebagai suplai cadangan pada laboratorium elektro dasar di institut teknologi padang," J. Tek. elektro, vol. 2, no. 3, pp. 20–28, 2013.

[6] M. Suyanto, S. Priyambodo, P. E.P, and A. Purnama Aji, "Optimalisasi Pengisian Accu Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan Solar Charge Controller (MPPT)," J. Teknol., vol. 15, no. 1, pp. 22–29, 2022, doi: 10.34151/jurtek.v15i1.3929.

[7] Y. Apriani and T. Barlian, "Inverter Berbasis Accumulator Sebagai Alternatif Penghemat Daya Listrik Rumah Tangga," J. Surya Energy, vol. 3, no. 1, p. 203, 2018, doi: 10.32502/jse.v3i1.1233.

[8] M. Nasution, "Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik," Cetak) J. Electr. Technol., vol. 6, no. 1, pp. 35–40, 2021.

[9] N. D. P. Adi, "Desain dan Implementasi Sistem Instrumentasi Sepeda Motor Listrik serta Uji Coba Kinerjanya," Cyclotron, vol. 5, no. 1, 2022, doi: 10.30651/cl.v5i1.12090.

[10] N. D. P. Adi, "Desain dan Implementasi Sistem Instrumentasi Sepeda Motor Listrik serta Uji Coba Kinerjanya," Cyclotron, vol. 5, no. 1, 2022, doi: 10.30651/cl.v5i1.12090.

[11] L. Eko Nuryanto, A. Hardito, E. Triyani, H. Santosa, S. H. Pengajar Jurusan 44 Teknik Elektro -Politeknik Negeri Semarang JlProf Soedarto SH, and T. Semarang -, "Karakteristik Panel Surya Kapasitas 200 Wp Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya," J. Orbith, vol. 19, no. 2, pp. 133–143, 2023, [Online]. Available: https://tenagamatahari.wordpress.c

[12] S. L. SU, D. N. Singh, dan M. S. Baghini,"*A critical review of soil moisture measuremen*t," Measurement, vol. 54, hlm. 92–105, 2014

DOI : 10.5281/zenodo.15860176