



Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan *Photocell Sensor* Berbasis *Internet Of Things (IoT)*

Muhammad Renaldi Sudewo^{a1}, Akhmad solikin^{a2}

^a Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Jl. Dukuh Menanggal XII No. 4 Surabaya, Kota Surabaya, Jawa Timur.

¹ muhammadrenaldis127@gmail.com; ² solikinakhmad@unipasby.ac.id*

ARTICLE INFO	ABSTRAK
Article History Submission : 18-07-2025 Revision : 06-08-2025 Accepted : 20-08-2025 Kata Kunci: <i>Panel Surya, Internet of Things (IoT), NodeMCU ESP8266, PhotoCell Sensor, Sollar Charge Controller</i>	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Internet of Things (IoT), yang dapat secara otomatis mengatur perpindahan aliran arus listrik pada saat beban puncak rumah tangga. Sistem ini menggunakan panel surya 100 Wp yang menghasilkan arus dan tegangan searah (DC), yang kemudian diubah menjadi arus dan tegangan bolak-balik (AC) melalui inverter untuk digunakan pada peralatan rumah tangga. Sensor PhotoCell digunakan sebagai pengalih sumber listrik dari PLN ke PLTS untuk mendeteksi waktu beban puncak secara otomatis. Sistem ini dikendalikan oleh ESP8266 NodeMCU, yang juga mengirimkan data ke platform Blynk IoT dan menampilkannya pada LCD 20x4. Tegangan, arus, dan daya. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental, yang melibatkan analisis dan studi menyeluruh tentang kinerja perangkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel surya dapat memberikan daya rata-rata 12,5 W, tegangan rata-rata 10,7 V, dan arus 1,2 A per jam dalam kondisi cerah. Total energi radiasi harian panel surya mencapai $\pm 37,9$ juta J/m², yang cukup untuk menopang baterai selama ± 12 jam. Sistem ini mampu menyediakan peralihan listrik PLN ke pembangkit listrik tenaga surya selama beban puncak, serta kontrol dan pemeliharaan jarak jauh yang efisien melalui Internet of Things. This is an open access article under license CC-BY-SA. 

1. Pendahuluan

Matahari merupakan sumber kehidupan seluruh dunia, sumber energi pertama makhluk hidup di bumi dan sumber energi yang terbarukan, berkualitas tinggi dan tersedia sepanjang tahun. Matahari merupakan bintang yang jarak terdekat apabila dihitung dari tanah. Suhu bagian luar dalam suhu matahari dapat mencapai 5.760 kelvin/°C, dan 8.000.000:40.000.000 kelvin/°C. suhu yang tinggi menyebabkan matahari memancarkan radiasi sinar

elektromagnetik dalam berbagai spektrum yang berbeda. Sinar matahari bisa mencapai permukaan bumi meskipun berjarak ratusan, keduanya tetap saling berhubungan dengan jaraknya mencapai sekitar (± 150 juta km), karena metode yang digunakan adalah gerakan kalor melalui radiasi (yang tak terlihat). [1]

Negara Indonesia merupakan negara yang memiliki kepulauan terbesar didunia yang dilalui oleh garis khatulistiwa dan negara yang berlokasi di wilayah tropis sehingga membuat potensi energi matahari yang dihasilkan menjadi sangat tinggi. Sumber Energi matahari di Indonesia sangat besar yang bisa dimanfaatkan melalui *sollar cell* atau yang dikenal sebagai panel surya, *sollar cell* dapat memanfaatkan sinar matahari yang dapat diubah menjadi energi listrik yang bisa dimanfaatkan manusia sebagai energi alternative yang berada di lokasi pelosok dan tempat yang sulit dijangkau oleh PLN.

Indonesia merupakan negara yang terletak di wilayah ekuator dari salah satu 13 negara yang dilintasi oleh garis khatulistiwa yang menyebabkan ketersediaan energi sinar matahari sepanjang tahun diseluruh wilayah Indonesia, kecuali saat musim hujan. Berdasarkan peta sinar matahari, di wilayah Indonesia memiliki potensi energi matahari mencapai rata-rata sekitar 4.8 kW/m² setiap harinya. Cuaca cerah di wilayah Indonesia sekitar 2975 jam atau 124 hari dengan rata-rata penyinaran matahari sekitar 8,2 jam setiap harinya.

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan salah satu sumber energi yang ramah lingkungan yang mudah diaplikasikan diberbagai lokasi seperti: industri, Gedung, perumahan dll. Energi yang digunakan berasal dari sinar matahari, sehingga menjadi sumber tegangan yang lebih efisien, dan efektif yang dapat memberi pasokan energi listrik dirumah. Permasalahn yang timbul adalah apakah energi yang disimpan bisa menjaga pasokan energi listrik agar tetap stabil untuk peralatan elektronik dirumah. [2]

Pembangkit listrik tenaga surya dapat dijadikan opsi cadangan saat listrik mati atau beban puncak, dapat menjaga peralatan elektronik seperti lemari es, magic com, dan peralatan lainnya dapat beroperasi. Selain itu, pembangkit listrik tenaga surya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan energi listrik yang sedang meningkat dirumah. Dengan adanya sitem penyimpanan energi yang terintegrasi, pengguna dapat memastikan kebutuhan energi listrik terus tercukupi, meskipun pasokan jaringan utama putus atau beban puncak meningkat, sistem kelistrikan harus tetap mampu menjaga kestabilan listrik.

Pada penelitian ini akan melakukan Rancang Bangun Sistem PLTS Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban puncak Rumah Tangga Menggunakan *PhotoCell Sensor Berbasis IoT*. Agar dapat membantu mengurangi tekanan pada jaringan listrik utama (PLN) saat waktu beban puncak tinggi, serta membantu pengurangan biaya operasional sehingga konsumen tidak bergantung dengan pembangkit listrik konvensional. Dengan adanya sistem alat ini dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil selama beban puncak. Alat ini dilengkapi dengan monitor LCD dan Aplikasi Blynk agar mempermudah mengetahui Arus, Tegangan, dan Daya.

2. Metode Penelitian

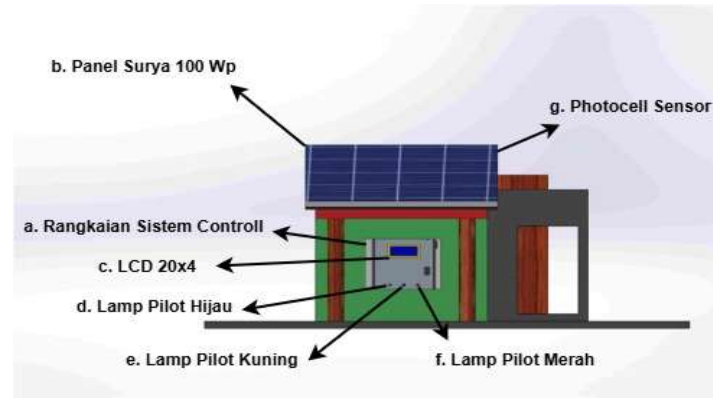
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang melibatkan variabel bebas dan variabel serta dilakukan uji coba secara langsung terhadap alat yang dirancang. metode ini menganalisa pengukuran Tegangan, Arus, Daya, Energi, dan Persentase Baterai pada beban dirumah, yang nantinya dianalisis untuk mengetahui performa dan efisiensi sistem PLTS yang dirancang. Penelitian ini melibatkan tahapan perancangan produk, pengujian komponen, penyusunan diagram alir (flowchart), pengumpulan data eksperimen, dan analisis hasil untuk menarik kesimpulan mengenai efektivitas dan efisiensi alat.

Sesuai teori yang ada di dalam, pada pengujian alat ini akan dilakukan dengan empat tahap antara lain:

- a) Pengambilan data output *Tegangan(V)*, *Arus(A)*, *Daya(W)*, *Radiasi (J/m^2)* yang dihasilkan panel surya akan dilakukan pukul 06:00 – 17:00 WIB.
- b) Pengamatan terhadap intensitas cahaya yang dideteksi oleh Photocell Sensor digunakan untuk mengendalikan perpindahan otomatis sumber energi dari PLN ke PLTS dilakukan mulai pukul 06:00 – 05:00 WIB.
- c) Pengambilan data output *Tegangan(V)*, *Arus(A)*, *Daya(W)*, *Persentase Baterai (%)*, *State of Charge* pada *Sollar Charge Controller* terhadap pengisian Baterai dilakukan mulai pukul 06:00 – 17:00 WIB.
- d) Pengukuran data output (*Tegangan(V)*, *Arus(A)*, *Daya(W)*, *Energi(Wh)*, dan *Persentase Baterai (%)*) pada inverter dilakukan selama proses perpindahan sumber listrik dari PLN ke PLTS pada kondisi beban puncak rumah tangga. Pengukuran dilaksanakan mulai pukul 17.00 hingga 06.00, dengan parameter yang diamati meliputi Tegangan (V), Arus (A), dan Daya (W).

2.1 Desain Produk

Desain produk ini merupakan representasi visual dari Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan Photocell Sensor Berbasis Internet of Things (IoT), yang telah dirancang untuk beroperasi secara otomatis dengan pemantauan berbasis Internet of Things. Tujuan dari sistem ini adalah untuk memaksimalkan penggunaan energi yang tersedia dengan menggunakan panel surya sebagai sumber daya utama saat beban puncak. Gambar dibawah ini mengilustrasikan tampak depan dan samping dari sistem rumah tangga yang terintegrasi dengan sistem PLTS ini, sehingga dapat diketahui bagaimana wujud nyata dari sistem kontrol dan perangkat keras yang digunakan.



Gambar 1. Desain Sistem PLTS Sebagai Alat Transmisi Beban Puncak Berbasis IoT

Gambar, 1 merupakan hasil aktual dari implementasi Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan Photocell Sensor Berbasis Internet of Things (IoT) pada rumah tinggal yang diintegrasikan dengan sistem kontrol dan pemantauan otomatis berbasis Internet of Things. Desain ini dibuat secara elegan dan fungsional untuk dapat diimplementasikan pada rumah. Pada gambar pertama, tampak bagian modul kendali utama yang dilengkapi dengan berbagai komponen pendukung seperti:

1. Panel Surya 100 Wp: terpasang pada atap dan berfungsi sebagai sumber utama energi listrik.
2. Rangkaian sistem control: terletak didekat arus utama (PLN) dan berfungsi untuk mengatur aliran energi dari panel surya ke baterai atau ke beban.
3. LCD 20x4: berfungsi menampilkan informasi penting seperti tegangan, arus, dan daya yang terukur secara real-time.
4. Indikator lampu hijau: berfungsi ketika sistem menggunakan sumber daya dari PLN.
5. Indikator lampu kuning: berfungsi saat PLTS aktif dan dalam mode operasional.
6. Indikator lampu merah: menandakan bahwa beban rumah tangga sedang disuplai oleh output PLTS.
7. Sensor photocell: yang berfungsi mendeteksi kondisi siang atau malam, sebagai mengaktifkan relay dan mengalihkan sumber daya dari arus utama (PLN) ke (PLTS) secara otomatis.

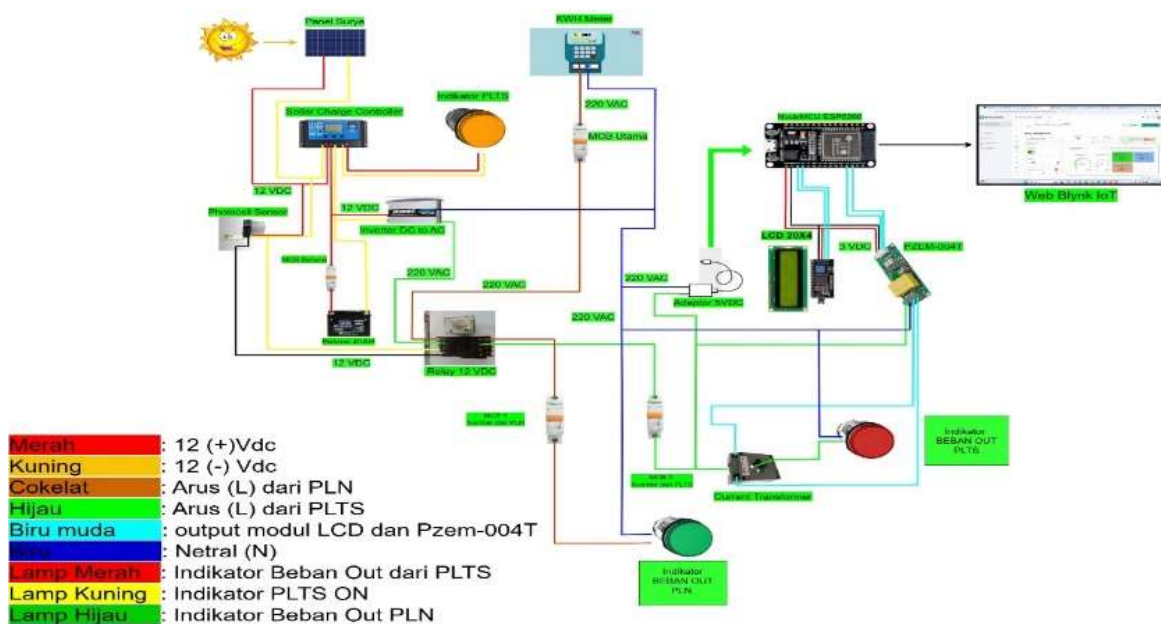
Sistem ini dirancang menggunakan sejumlah komponen utama yang saling terintegrasi untuk mendukung pengoperasian pembangkit listrik tenaga surya berbasis IoT. Komponen-komponen tersebut dikelompokkan menjadi dua bagian utama, yaitu komponen pada rangkaian sistem kontrol dan komponen pendukung eksternal. Setiap komponen memiliki peran spesifik dalam mendeteksi, mengatur, menyuplai, serta memantau energi dan data yang diperlukan oleh sistem. Berikut adalah daftar komponen yang digunakan:

- a. Rangkaian Sistem Controller
 1. Solar Charge Controller
 2. Inverter Dc to Ac
 3. Accu 45AH
 4. Relay 12 Vdc
 5. Miniature Circuit Breaker PLN

6. Miniature Circuit Breaker PLTS
7. Miniature Circuit Breaker Accu
8. Current Transformers
9. Adaptor (Power Supply)
10. NodeMCU ESP8266
11. PZEM-004T
- b. Panel Surya 100Wp
- c. LCD 20x4
- d. Lamp Pilot Hijau
- e. Lamp pilot Kuning
- f. Lamp Pilot Merah
- g. Photocell Sensor

2.2 Diagram Rangkaian

Setelah merancang dan memilih komponen yang memenuhi kebutuhan sistem, langkah selanjutnya adalah membuat gambar umum dari alur kerja sistem menggunakan diagram rangkaian. Diagram ini digunakan untuk menyampaikan pemahaman visual tentang hubungan antar komponen utama dan aliran data atau sinyal yang terjadi selama sistem bekerja. Penyusunan diagram rangkaian dilakukan sedemikian rupa sehingga proses integrasi sistem dapat diatur dan dieksekusi secara sistemik. Diagram rangkaian juga mempermudah proses pengujian dan identifikasi jika terjadi kesalahan pada system.



Gambar 2. Diagram Rangkaian

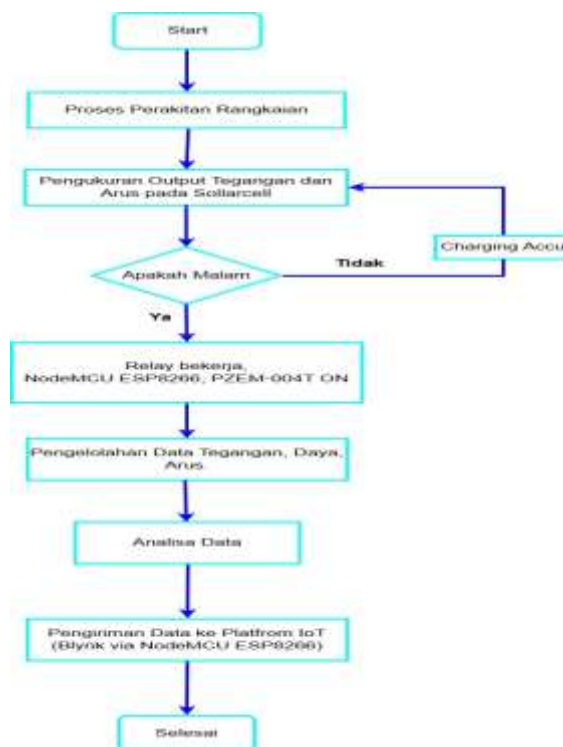
pada gambar diatas merupakan diagram prototipe PLTS Hybrid berbasis IoT yang dapat menyuplai beban listrik dari dua sumber, yaitu Panel Surya (PLTS) dan PLN. Tujuan dari sistem ini adalah memberikan solusi kelistrikan hemat energi dan ramah lingkungan dengan monitoring jarak jauh secara real-time menggunakan Internet of Things (IoT). Pengguna dapat

Muhammad Renaldi Sudewo (Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan Photocell Sensor Berbasis Internet Of Things (IoT))

memantau data seperti konsumsi daya, arus, dan tegangan listrik secara langsung melalui aplikasi Blynk di smartphone atau web. Energi utama dihasilkan oleh panel surya dan disimpan dalam baterai, kemudian digunakan untuk menyuplai beban rumah tangga melalui inverter.

2.4 FlowChart

Setelah sistem dirancang secara konseptual melalui diagram rangkaian, representasi yang lebih rinci dari proses kerja logika alat dalam bentuk diagram alur (Flowchart). Diagram alur digunakan untuk menggambarkan tahapan-tahapan kerja sistem secara berurutan, mulai dari input sensor hingga proses kontrol dan output system. Dengan adanya flowchart, alur program dan cara kerja sistem dapat dijelaskan secara sistematis dan mudah dipahami. Flowchart ini menjadi pedoman dalam proses pemrograman mikrokontroler serta membantu dalam proses troubleshooting jika terjadi kesalahan logika dalam implementasi.



Gambar 3. Flowchart Proses Kerja Sistem PLTS Hybird Berbasis IoT Dengan Menggunakan Sensor Photocell

Flowchart di atas menjelaskan alur kerja dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Hybrid berbasis IoT yang dirancang untuk memantau dan mengelola suplai daya listrik secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan (siang atau malam) dan status ketersediaan energi dari panel surya. Sistem ini menggabungkan teknologi panel surya, inverter, sensor, serta mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang terhubung ke internet melalui platform IoT Blynk. Sistem akan bekerja secara otomatis berdasarkan photocell sensor. Jika energi dari panel surya tersedia, maka sistem akan memproses data kelistrikan seperti: Tegangan (V), Arus (A), Daya (W), dan dikirimkan ke dashboard IoT untuk dianalisis dan ditampilkan. Berikut penjelasan proses sistem kerja pada *flowchart*:

Muhammad Renaldi Sudewo (Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan Photocell Sensor Berbasis Internet Of Things (IoT))

- Start, Setelah semua komponen dan perangkat terhubung dan beroperasi, sistem mulai berfungsi.
- Proses Perakitan Rangkaian, Langkah pertama adalah merakit dan memasang komponen-komponen seperti panel Surya, NodeMCU ESP8266, sensor PZEM-004T, relai, baterai, dan beban listrik.
- Pengukuran Output Tegangan dan Arus pada Solar Cell Setelah instalasi selesai, sistem akan mulai memonitor hasil tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya secara real time.
- Pengecekan Waktu (Apakah Malam?), Sistem akan menentukan apakah keadaan saat ini adalah Baik/Buruk: Siang Hari (Jika Tidak): → Output dari panel surya akan digunakan untuk mengisi baterai (Charging Accu). Malam (Jika Ya) → Sistem akan mengaktifkan relay untuk mentransfer energi ke beban rumah tangga dan sensor PZEM-004T dan NodeMCU ESP8266 akan digunakan untuk memulai pemantauan.
- Pengelolaan Data Tegangan(V), Arus(A), dan Daya(W), Data sensor akan digunakan untuk menentukan kinerja sistem, termasuk jumlah energi yang digunakan secara efisien dan jumlah daya yang dikonsumsi.
- Analisa Data, Hasil penelitian akan dianalisis, baik secara lokal maupun mengevaluasi kinerja sistem secara komprehensif.
- Pengiriman Data ke Platform IoT, Setelah analisis, data dikirim dalam format yang tidak dapat dibaca melalui NodeMCU ESP8266 ke platform IoT Blynk sehingga pengguna dapat memantau sistem secara real time melalui smartphone atau dasbor IoT.
- Selesai.

3. Hasil dan Pembahasan

Peneliti akan membahas hasil dari data Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan *PhotoCell Sensor Berbasis Internet Of Things (IoT)* yang dibuat oleh peneliti, terdapat beberapa sub BAB yang dibahas oleh peneliti pada BAB ini yaitu: Perakitan Perangkat Keras dan Lunak, Hasil Produk dan Pengujian Pada Produk.

3.1 Perakitan Perangkat Keras dan Lunak

Perakitan perangkat keras merupakan tahap awal dalam proses implementasi sistem Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan Photocell Sensor Berbasis Internet of Things (IoT). Tahap ini mencakup integrasi semua komponen elektronik ke dalam satu sistem yang dapat berfungsi secara otomatis dan mandiri.



Gambar 4. Proses Perakitan Perangkat Keras

Gambar di atas menunjukkan proses perakitan dan pengujian sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sedang dilakukan. Terdapat berbagai komponen utama seperti inverter DC to AC 1000W, MCB (Miniature Circuit Breaker), modul relay, adaptor, serta NodeMCU ESP8266 telah disusun. Selain itu, terlihat pula multimeter digital yang digunakan untuk melakukan pengukuran tegangan output dari sistem guna memastikan bahwa tegangan yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi kerja komponen. Perakitan awal ini menjadi langkah pertama sebelum sistem dipasang secara permanen pada panel kontrol utama. Proses ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kesalahan wiring atau ketidaksesuaian fungsi, sehingga dapat diperbaiki sebelum alat diuji secara keseluruhan dan diterapkan di lingkungan nyata.

3.2 Hasil Produk

Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan *PhotoCell Sensor* Berbasis *Internet Of Things (IoT)* bertujuan untuk menyediakan pasokan listrik pada saat beban puncak di rumah tangga. Rancang Bangun ini memanfaatkan *Photocell Sensor* untuk mendeteksi perpindahan sumber PLN ke PLTS, serta mengintegrasikan Teknologi *Internet Of Things (IoT)* untuk pemantauan Tegangan (V), Arus (A), dan Daya (Watt) di rumah.

Komponen-komponen yang dipakai:



Gambar 5. Hasil Produk

Muhammad Renaldi Sudewo (Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan Photocell Sensor Berbasis Internet Of Things (IoT))

Gambar di atas merupakan representasi dari rancangan utama atau desain prototipe awal, melainkan bentuk implementasi lapangan yang sengaja disusun sebagai bagian dari pengujian dan penyempurnaan sistem dalam rangka pelaksanaan ujian tugas akhir (skripsi). Desain ini dibuat sebagai inovasi nyata dalam mengaplikasikan konsep sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk kebutuhan beban puncak rumah tangga secara langsung.

3.3 Pengujian

Setelah tahap perancangan dan perakitan perangkat keras dan perangkat lunak selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap sistem secara menyeluruh. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh rangkaian dan komponen yang digunakan bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing dan berjalan sesuai alur sistem yang telah dirancang. Dalam proyek *Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan Photocell Sensor Berbasis IoT*, pengujian dilakukan secara bertahap, mulai dari pengujian per bagian hingga pengujian sistem secara keseluruhan.

a. Pengujian Daya output Yang Dihasilkan Panel Surya

Pengujian ini mencakup pemantauan proses pengisian baterai dari sel surya melalui solar charge controller, dengan rentang waktu pengambilan data dilakukan antara pukul 06.00 hingga 17.00 WIB. Pengambilan data dilakukan setiap satu jam sekali untuk mengetahui hasil dari data tegangan, arus, dan daya output panel surya, serta intensitas radiasi matahari yang diterima dalam satuan energi (Joule per meter persegi). Pengukuran ini menggunakan alat light meter DEKKO FT-7932 dengan satuan "Klux" yaitu $1 \text{ klux} \approx 12 \text{ W/m}^2$. Selain itu, dilakukan juga pengukuran radiasi matahari dalam satuan kilolux (Klux) yang kemudian dikonversi ke energi per satuan luas (Joule/m^2) menggunakan Rumus, untuk menghitung Energi yang diterima oleh panel surya maka kita akan menghitung energi radiasi matahari dalam satuan J/m^2 per jam, Langkah-langkah Konversi:

1. Konversi dari Klux ke W/m^2 :

$$\text{W/m}^2 = \text{Klux} \times 12 \text{ W/m}^2 = \text{Klux} \times 12$$
2. Konversi dari W/m^2 ke J/m^2 :

$$\text{J/m}^2 = \text{W/m}^2 \times 3600 \text{ (detik/jam)}$$

$$\text{J/m}^2 = \text{W/m}^2 \times 3600 \text{ (detik/jam)}$$

Berikut contoh perhitungan pada pengambilan data Energi yang diterima oleh panel surya, Misalnya hasil pengukuran: Radiasi = 85 Klux, Maka:

- a. Konversi ke W/m^2 : $85 \times 12 = 1020 \text{ W/m}^2$
- b. Konversi ke J/m^2 (per jam): $1020 \times 3600 = 3.672.000 \text{ J/m}^2$

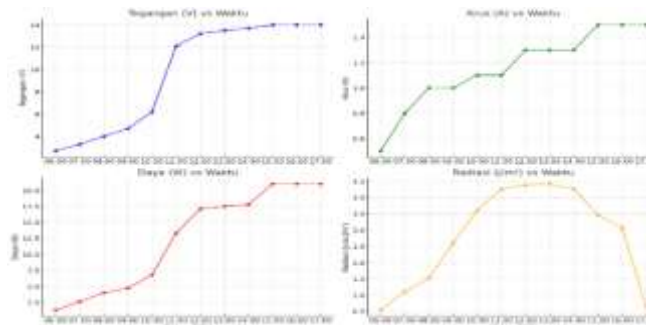
Berikut Data hasil Pengujian Daya output Yang Dihasilkan Panel Surya:

Tabel 1: Pengujian Daya output Yang Dihasilkan Panel Surya

Pukul	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Radiasi J/m^2 ($W/m^2 \times 3600$)
06.00	2,7	0,5	1,3	540,000
07.00	3,3	0,8	2,6	1,106,000
08.00	4	1	4	1,516,320
09.00	4,7	1	4,7	2,604,960
10.00	6,2	1,1	6,8	3,615,840
11.00	12,1	1,1	13,3	4,255,200
12.00	13,2	1,3	17,1	4,393,440
13.00	13,5	1,3	17,5	4,423,680
14.00	13,7	1,3	17,8	4,268,160
15.00	14	1,5	21	3,460,320
16.00	14	1,5	21	3,075,840
17.00	14	1,5	21	656,64
Rata - Rata	10,7	1,2	12,5	3,159,700

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja panel surya dalam menghasilkan daya listrik sepanjang hari berdasarkan pengaruh intensitas radiasi matahari. Data diambil setiap satu jam, dimulai dari pukul 06.00 hingga 17.00 WIB. Parameter yang diukur meliputi tegangan output panel (V), arus output (A), daya listrik (W), dan radiasi matahari dalam bentuk energi permukaan ($Joule/m^2$).

Grafik ini menyajikan hubungan antara waktu pengambilan data mulai pukul 06.00 hingga 17.00 WIB terhadap empat parameter utama, yaitu: Tegangan (V) Arus (A) Daya (W) Radiasi Matahari (J/m^2) Setiap grafik menunjukkan perubahan nilai dari masing-masing parameter terhadap waktu. Pengukuran ini mencerminkan bagaimana intensitas cahaya matahari dan output dari panel surya meningkat secara bertahap dari pagi hari, mencapai puncaknya pada siang hari, dan menurun kembali menjelang sore. Visualisasi ini sangat berguna dalam menganalisis waktu optimal produksi energi dari sistem PLTS serta efisiensi pemanfaatan energi surya. Diagram di bawah ini menunjukkan grafik masing-masing parameter terhadap waktu:

**Gambar 6. Grafik Pengujian Daya output Yang Dihasilkan Panel Surya**

Pengujian sistem panel surya ini dilakukan untuk mengamati secara langsung pengisian energi listrik dari sinar matahari yang diserap oleh panel surya, kemudian arus dialirkan ke modul solar charge controller (SCC). Pengambilan data dilakukan di area terbuka saat kondisi cuaca cerah (panas) untuk memperoleh hasil radiasi maksimum yang sesuai dengan karakteristik panel surya. Pengujian mencakup pemantauan intensitas radiasi matahari, tegangan output pada panel surya, berikut gambar pengujian output pada panel surya:



Gambar 7. Pengujian Output Daya yang dihasilkan Panel Surya secara langsung

b. Pengujian Daya output Yang Dihasilkan Sollar Charge Controller

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *solar charge controller* (SCC) dalam menyalurkan arus listrik hasil konversi dari panel surya ke baterai untuk penyimpanan. SCC berperan penting sebagai pengatur arus dan tegangan agar tetap stabil selama proses pengisian, sehingga baterai dapat terisi secara efisien tanpa mengalami overcharge atau kerusakan. Data diambil pada pukul 06.00 hingga 17.00 WIB, dengan rentang waktu pencatatan setiap satu jam sekali. Data yang diambil meliputi *Tegangan output SCC (Volt)*, *Arus (Ampere)*, *Daya output (Watt)*, *Persentase baterai*, *State of Charge*. Untuk menghitung persentase baterai dapat kita lihat rumus dibawah ini:

$$1. \text{ Persentase Baterai (\%)} = \frac{V \text{ sekarang} - V \text{ kosong}}{V \text{ penuh} - V \text{ kosong}} \times 100\%$$

Keterangan:

- V sekarang: Tegangan baterai saat ini (dalam volt)
- V kosong: Tegangan saat baterai kosong (misalnya 11.8 V untuk 12V baterai)
- V penuh: Tegangan penuh (biasanya 12.6–12.8 V tergantung jenis baterai)

Untuk menghitung State of Charge dapat kita lihat dibawah ini:

$$2. \text{ SOC \%} = \frac{E \text{ terisi}}{E \text{ terisi total}} \times 100\%$$

Keterangan:

- Eterisi: Energi yang telah masuk ke baterai (Wh atau Ah)
- E total: Kapasitas baterai penuh (Wh atau Ah)

Sumber energi listrik berasal dari panel surya 100 Wp yang menghasilkan tegangan dan arus DC untuk dikendalikan oleh SCC. Semua pengukuran dilakukan dalam kondisi cerah/panas untuk mendapatkan intensitas yang maksimal. berikut Data hasil Pengujian Daya output *Sollar Charge Controllery* yang menyalurkan pengisian terhadap baterai:

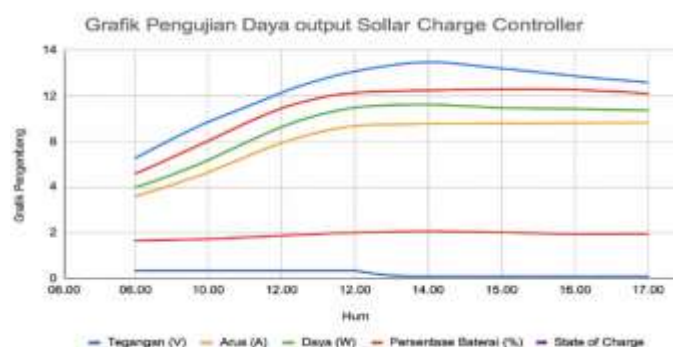
Muhammad Renaldi Sudewo (*Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan Photocell Sensor Berbasis Internet Of Things (IoT)*)

Tabel 2. Hasil Pengujian Daya Output SCC ke Baterai

Pukul	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya(W)	Persentase Baterai (%)	State of Charge(%)
06.00	0,8	5,6	4	8	0
07.00	1,5	5,6	8,3	8,2	0,2
08.00	2,5	5,6	13,9	8,7	0,5
09.00	5,5	5,6	30,5	9	0,3
10.00	8,3	5,6	46,1	9,3	0,3
11.00	12,1	5,6	67,2	10,1	0,8
12.00	12,8	5,6	71,1	12,2	2,1
13.00	13,04	5,6	73	12,7	0,5
14.00	13,1	5,6	72,8	12,9	0
15.00	12,5	5,6	69,5	12,6	0,3
16.00	12	5,6	66,7	12,5	0,1
17.00	11,3	5,6	62,8	12,5	0
Rata - Rata	8,7	5,6	48,8	10,7	0,42

Dalam proses pemantauan pengisian baterai selama satu hari penuh, dimulai dari pukul 06.00 hingga 17.00 WIB. Pengamatan difokuskan pada parameter utama seperti *Tegangan (V)*, *Arus (A)*, *daya (W)*, *Persentase Baterai (%)*, dan *State of Charge (SOC)* setiap jam. Nilai Tegangan menunjukkan peningkatan seiring dengan intensitas cahaya matahari: pada pukul 06.00 tegangan sangat rendah: 0,8 V, menandakan panel baru mulai aktif. Tegangan meningkat secara signifikan hingga mencapai puncaknya di 13,1 V pada pukul 14.00. Setelah itu, mulai menurun perlahan menuju 11,3 V pada pukul 17.00. Hasil nilai Rata-rata Tegangan harian sebesar 8,7 V, Arus yang dihasilkan oleh panel surya adalah 5,6 A, yang menunjukkan bahwa panel surya 100 Wp beroperasi mendekati kapasitas optimalnya dalam kondisi sinar matahari maksimal. Ini juga mengindikasikan bahwa SCC berhasil menjaga kestabilan pengaliran arus ke baterai.

Dengan menampilkan data dalam bentuk grafik dapat dilihat suatu perbandingan antar parameter data agar dapat mudah dipahami. Berikut Grafik dibawah ini:

**Gambar 8. Grafik Pengujian Daya Output Sollar Charge Controller**

c. Pengujian Output SCC dan Tegangan Baterai Secara Langsung

Pada *Gambar 9* menunjukan pengujian secara langsung untuk mengetahui seberapa besar tegangan yang diberikan oleh *Solar Charge Controller (SCC)* ke baterai, serta membandingkannya secara langsung dengan tegangan aktual pada terminal baterai. Tujuan

dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa proses pengisian berjalan dengan baik dan efisien, serta untuk mendeteksi ketidaksesuaian pada tegangan atau adanya drop tegangan, dan kehilangan daya akibat resistansi kabel dan sambungan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur berupa multimeter digital, yang terhubung secara langsung:

- Pengukuran ke terminal output SCC (untuk melihat tegangan yang diberikan ke baterai).
- Pengukuran ke terminal kutub positif dan negatif baterai (untuk melihat tegangan yang benar-benar diterima baterai).

Pengambilan data dilakukan saat sistem sedang bekerja menyuplai daya dari panel surya ke baterai, dalam *Gambar 9* memberikan gambaran tentang perbedaan potensial antara output SCC dan terminal baterai, dalam pengukuran memiliki nilai selisih 0,05 – 0,2 Volt dalam system pengisian terhadap baterai. Perbedaan ini normal, disebabkan oleh aliran arus selama pengisian dan hambatan kabel penghubung. Dapat kita lihat secara langsung pada gambar dibawah ini:



Gambar 9. Pengujian Output SCC dalam Pengisian Baterai Secara Langsung

Berdasarkan gambar diatas dapat kita lihat pada: Gambar Pertama menunjukkan hasil pengukuran tegangan output dari solar charge controller (SCC) sebesar 13,04 Volt dan Gambar Kedua menunjukkan hasil pengukuran tegangan langsung pada terminal baterai sebesar 12,98 Volt. Perbedaan antara kedua nilai tegangan tersebut adalah 0,06 Volt, di mana tegangan output SCC lebih tinggi dibandingkan tegangan pada terminal baterai. Perbedaan pada tegangan ini merupakan fenomena normal dalam sistem pengisian baterai dan terjadi pada beberapa faktor yaitu: Arus Mengalir dari Potensial Lebih Tinggi ke Lebih Rendah , Resistansi Kabel dan Sambungan , Resistansi Internal Baterai

d. Pengujian Kapasitas Daya Output Yang Dihasilkan Inverter

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan inverter dalam menyuplai daya terhadap beban rumah tangga pada kondisi Beban Puncak, serta untuk memantau penurunan kapasitas baterai yang digunakan sebagai sumber energi. Inverter yang diuji beroperasi dengan tegangan input 12VDC dari baterai dan menghasilkan tegangan output 232,4VAC yang digunakan untuk menyalakan beban sebesar 28 Watt. Pengujian dilakukan mulai dari pukul 17.00 hingga 05.00 keesokan harinya, dengan bertambahnya waktu, output inverter akan mengalami penurunan pada daya dan presentase baterai. Dengan melakukan pengambilan

Muhammad Renaldi Sudewo (Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLts) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan Photocell Sensor Berbasis Internet Of Things (IoT))

beberapa data setiap satu jam sekali, yaitu: Tegangan output inverter (Volt), Arus output (Ampere), Daya beban (Watt), Energi yang telah digunakan (Watt-hour/Wh), dan Presentase sisa kapasitas baterai (%) berdasarkan total kapasitas awal baterai yang diasumsikan sebesar 540 Wh (dari $12V \times 45Ah$).

Sebelum melakukan proses pengambilan data, diperlukan pemahaman terlebih dahulu terhadap rumus-rumus dasar yang digunakan secara umum dalam perhitungan sistem. Pemahaman ini bertujuan agar pengolahan data dapat dilakukan secara akurat dan hasil pengukuran dapat dianalisis dengan tepat. Berikut adalah penjelasan tentang rumus *energi (Wh)*, dan *presentase kapasitas baterai (%)*.

a. Rumus Energi (Watt-hour - Wh)

Energi adalah jumlah daya yang digunakan selama waktu tertentu.

Rumus: $E = P \times t$

Keterangan:

E = Energi (Wh)

P = Daya (W)

t = Waktu (jam)

Contoh: Jika daya beban 28Watt digunakan selama 3 jam:

$$= 28 \times 3 = 84 \text{ Wh}$$

b. Rumus Presentase Kapasitas Baterai (%) Digunakan untuk mengetahui berapa persen energi baterai yang tersisa setelah pemakaian.

Energi baterai = $V \times Ah$

Misalnya baterai 12 Volt, 45 Ah: Kapasitas total = $12 \times 45 = 540 \text{ Wh}$

Rumus Presentase Sisa Baterai:

Persentase (%) = $(\text{Kapasitas Total} - \text{Energi Terpakai} : \text{Kapasitas Total}) \times 100\%$.

Contoh: Jika telah terpakai 168 Wh:

maka Sisa = $(540 - 168 : 540) \times 100 = 68,9 \%$

Tabel dibawah ini hasil pengujian terhadap kapasitas daya output inverter saat kondisi beban puncak rumah tangga, dengan beban tetap sebesar 28 watt.

Tabel 3. Daya Output Inverter Menompang Beban Rumah

Pukul	Tegangan (V)	Ampere (A)	Daya (W)	Energi (Wh)	Presentase Baterai(%)
17.00	232,4	0,14	28	28	94,81
18.00	232,1	0,14	28	56	89,63
20.00	231	0,14	27,9	83,9	84,48
21.00	230,5	0,14	27,5	111,4	79,37
22.00	230	0,14	27,2	138,6	74,33
23.00	229,5	0,13	27	165,6	69,33
00.00	229	0,13	27	192,6	64,33
01.00	227,3	0,13	26,9	219,5	59,35
02.00	226,4	0,12	26,8	246,3	54,39
03.00	225,7	0,12	26,5	272,8	49,48
04.00	225,5	0,12	26,4	299,2	44,59
05.00	225	0,12	26,2	325,4	39,74
Rata-Rata	229,1	0,13	27,1	176,3	65,54

Muhammad Renaldi Sudewo (Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan Photocell Sensor Berbasis Internet Of Things (IoT))

Hasil pengujian yang ditampilkan pada tabel di atas merupakan bagian dari implementasi sistem Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang digunakan sebagai alat transmisi tegangan otomatis saat beban puncak rumah tangga, dengan dukungan *photocell sensor* berbasis *Internet of Things (IoT)*. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja daya output inverter dalam menyuplai arus listrik ke beban rumah tangga pada waktu beban puncak. Pengujian ini difokuskan untuk mengevaluasi kapasitas daya output inverter inverter dalam menyuplai arus listrik ke beban rumah tangga pada waktu beban puncak, yaitu pada rentang waktu pukul 17.00 hingga 05.00. Dalam pengujian ini menggunakan beban berupa dua unit lampu dengan total daya 28Watt yang diasumsikan sebagai beban. Meskipun sistem inverter dan baterai yang digunakan mampu mengalirkan daya lebih dari 28 Watt, namun pengujian difokuskan pada beban 28Watt sebagai standar pengukuran stabilitas daya dan efisiensi penyaluran energi dari *inverter* ke beban.

Tujuan dilakukan pengujian ini untuk membuktikan bahwa sistem PLTS yang dirancang dapat beroperasi secara mandiri dan responsif terhadap perubahan cuaca lingkungan, serta memberikan solusi alternatif hemat energi dalam mendukung perubahan arus listrik saat beban puncak. Berikut adalah dokumentasi visual dari sistem yang telah dilakukan pengujian secara langsung:



Gambar 10. Pengujian Output Daya Inverter Saat Beban Puncak Dengan Daya 28Watt Secara Langsung

Gambar diatas menunjukkan tampilan fisik dari sistem PLTS yang telah berhasil dirakit dan diuji dalam kondisi real. Sistem ini terdiri dari sejumlah komponen utama yang saling terintegrasi dan bekerja secara otomatis dalam merespons perubahan intensitas cahaya, khususnya saat terjadi beban puncak pada malam hari.

Data yang diperoleh kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk memudahkan pemahaman dalam membaca data konsumsi energi, penurunan kapasitas baterai, dan kestabilan daya inverter selama periode pengujian. Berikut adalah grafik hasil pengujian daya output inverter dengan beban 28 Watt:



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian Daya Output Inverter Dengan Daya 28Watt

Berdasarkan gambar diatas dapat kita lihat bahwa tegangan output inverter cukup stabil selama proses pengujian sebesar 232,4 V hingga 225 V. Stabilitas ini menunjukkan bahwa inverter mampu mempertahankan suplai tegangan meskipun kapasitas baterai terus menurun akibat penggunaan daya secara terus-menerus, Arus (Ampere) yang mengalir juga mengalami penurunan dari nilai 0,14 A menjadi 0,12 A, ini terjadi karena konsumsi daya yang menurun secara perlahan. Daya beban sebesar 28Watt turun menjadi sekitar 26,2Watt pada akhir pengujian, mengindikasikan adanya pengaruh dari penurunan tegangan dan sisa kapasitas baterai terhadap performa output inverter, Akumulasi energi (Wh) meningkat secara konsisten dari 28 Wh di awal pengujian menjadi 325,4 Wh pada pukul 05.00 pagi, yang berarti total konsumsi energi selama 12 jam berada pada kisaran tersebut. Hal ini sesuai dengan ekspektasi untuk beban konstan sebesar 28Watt, yang secara teoritis membutuhkan sekitar 336 Wh dalam 12 jam.

4. Kesimpulan

Tujuan dari peneliti dalam "Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban Puncak Rumah Tangga Menggunakan *Sensor PhotoCell Berbasis Internet of Things (IoT)*" untuk memanfaatkan energi matahari yang merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan yang mudah dimanfaatkan oleh masyarakat dapat membantu mengurangi tekanan pada jaringan listrik utama (PLN) saat beban puncak tinggi, serta membantu pengurangan biaya operasional sehingga konsumen tidak bergantung dengan pembangkit listrik konvensional.

Dari hasil penelitian dan pengujian alat ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem PLTS hybrid yang dirancang berhasil berfungsi secara otomatis dalam mengalihkan sumber daya listrik dari PLN ke PLTS berdasarkan intensitas cahaya yang dideteksi oleh *PhotoCell Sensor*, pada rentang waktu beban puncak (pukul 17.00 – 22.00 WIB).
2. Sistem ini beroperasi secara otomatis dan dikendalikan oleh photocell sensor. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur intensitas cahaya. saat intensitas cahaya sekitar berubah jaringan listrik PLTS akan bekerja dan jaringan listrik utama (PLN) akan terputus secara otomatis. dengan adanya sistem alat Rancang Bangun Sistem PLTS Sebagai Alat Transmisi Tegangan Beban puncak Rumah Tangga Menggunakan *PhotoCell Sensor Berbasis IoT* dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan pengurangan biaya operasional selama beban puncak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Rusmaryadi, Sukarmansyah, T. P. O. Sianipar, and H. Setiadi, "Pengaruh Cermin Reflektor Terhadap Daya Dan Kenaikkan Temperatur Sel Surya," *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 85–94, 2018, [Online]. Available: www.univ-tridinanti.ac.id/ejournal/
- [2] T. D. Lorobezy and Krismadinata, "Rancang Bangun Sistem Monitoring PLTS Off-Grid Berbasis IoT," *MSI Trans. Educ.*, vol. 4, no. 2, pp. 2721–4893, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.46574/mted.v4i2.111>
- [3] A. Mulyadi, Zulfikar, and Zulhelmi, "Desain Sistem Transfer Beban Otomatis Dari Sumber Pln Ke Plts Pada Waktu Beban Puncak (Wbp)," *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 2, no. 4, pp. 73–77, 2017.
- [4] "SKRIPSI Maharani Wisudawati Swista_183600036 (1)."
- [5] (sumber: <https://www.blackbox.ai/chat/lhHGcHo>).
- [6] O. Rumah, "Jurnal Sosial dan Teknologi (SOSTECH) Perancangan Home Automation dalam Mengontrol e-ISSN 2774-5155 Lampu dan Kipas Menggunakan Blynk Berbasis p-ISSN 2774-5147 NodeMCU," vol. 1, no. 7, pp. 597–606, 2021.
- [7] G. Hergika, P. Studi, S. Komputer, F. Teknologi, I. Universitas, and S. Raya, "PERANCANGAN INTERNET OF THINGS (IOT) SEBAGAI KONTROL INFRASTRUKTUR DAN PERALATAN TOLL," vol. 8, no. 2, 2021.
- [8] P. Lpj, D. I. Kawasan, P. Khayangan, and T. Desa, "J urnal P engabdian M asyarakat T eknik," vol. 4, no. 2, pp. 69–74, 2022, doi: 10.24853/jpmt.4.2.69-74.
- [9] T. Majaw, R. Deka, S. Roy, and B. Goswami, "Solar Charge Controllers using MPPT and PWM: A Review," *ADBU J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–4, 2018, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/287658-solar-charge-controllers-using-mppt-and-66d6c4aa.pdf>
- [10] N. I. Firdausi, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析Title," *Kaos GL Derg.*, vol. 8, no. 75, pp. 147–154, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125798%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.smr.2020.02.002%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/810049%0Ahttp://doi.wiley.com/10.1002/anie.197505391%0Ahttp://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090409500205%0Ahttp://>
- [11] Hasani, "Pemantauan Gas Beracun Pada Kawah Gunung Berbasis Internet of Things," *Skripsi, Jur. Tek. Elektro Univ. Teknol. Yogyakarta.*, vol. 1, no. 21 Februari 2019, pp. 1–13, 2019.
- [12] M. Adamowicz, "T-source inverter," no. May, 2014.
- [13] P. M. Sulistyawan, "Perancangan Sistem pemantau Tekanan Darah Dengan Sensor Tekanan MPX5100GP Berbasis STM32F103," *Semin. Nas. Fortei Reg.* 7, vol. 4 No.1, p. 167, 2021, [Online]. Available: <https://journal.fortei7.org/index.php/sinarFe7/article/view/45>
- [14] A. Rismawan, D. Hastuti, and A. Solikin, "Rancang Bangun Penjemur Pakaian Otomatis menggunakan Motor dan Sensor Berbasis Internet Of Things (IoT)," 2023.
- [15] A. Solikin, Adi Winarno, and F. Zamir Irtany, "Sistem Kontrol Listrik Skala Rumah Tangga Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU," *JE-Unisla*, vol. 9, no. 1, pp. 70–74, 2024, doi: 10.30736/je-unisla.v9i1.1205.