

RANCANG BANGUN PROTOTYPE SOLAR CELL OFF GRID PADA LAMPU TAMAN OTOMATIS

DESIGNING AN OFF-GRID SOLAR CELL PROTOTYPE FOR AUTOMATED GARDEN LIGHTING

Muhammad Taufik^{1a*} Junaidi Asrul^{2b} Riza Widia^{3b}

^aPoliteknik Negeri Padang, Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Kampus Limau Manis Padang 25163, Indonesia

^aPoliteknik Negeri Padang, Teknik Elektro Kampus Limau Manis Padang 25163, Indonesia

Telp. 0751-72590 Fax. 0751-72576

*mtaufik444444@gmail.com, junaidasrul@pnp.ac.id, rizawidia@pnp.ac.id

ABSTRACT

This research aims to design an off-grid PLTS system for garden lighting based on IoT that is efficient and effective. This system will use IoT technology to control garden lights automatically based on light levels and time. This Off-Grid PLTS system will be designed based on the energy needs of garden lighting, solar panel and battery capacity, as well as a lighting control system. The results of research on solar panels tested for three days at 06:00 to 18:00 from the results of the first day of research obtained when the weather conditions were clear, the light level was obtained, namely 74000 lux with the power obtained 25.78 watts when charging the battery and when it rains, you get a light level of 800 lux with a charging power of 1.78 watts. From this it can be concluded that the effect of light intensity and weather on solar panels has an effect on charging the garden lamp battery. From the research results, charging the garden lamp battery with 12 V 35 Ah, the charging time is 21 hours 43 minutes with an average charging current of 1.92 A and battery discharge is obtained from research on the state of the automatic light, the battery discharge time is 19 hours 25 minutes with an average current 1.41A average. Bright light battery discharge time 18 hours 2 minutes with an average current of 1.55A.

Keywords : Off-Grid PLTS, batteries, weather.

I. PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu sumber energi yang tersedia ada di alam. Energi surya juga merupakan energi yang tidak akan pernah habis. PLTS adalah sebuah alat pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi surya diubah menjadi energi listrik [3].

Salah satu pemanfaatan energi surya adalah untuk penerangan jalan taman yang berfungsi untuk keamanan dan kenyamanan bagi masyarakat. Penggunaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-Grid* pada penerangan jalan umum dapat menjadi alternatif solusi untuk memenuhi kebutuhan penerangan di daerah-daerah tersebut. Lebih lanjut tidak hanya PLTS dalam skala besar yang memerlukan sistem monitoring, namun juga beberapa fungsi fasilitas publik berbasis sel photovoltaic (PV) salah satunya sistem Penerangan Jalan[1].

Dengan perkembangan teknologi saat ini sistem monitoring PLTS telah menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang dapat diaplikasikan

pada penerangan jalan taman untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaan energi. IoT dengan protocol Blynk dapat penyimpanan dan pengolah data, sehingga lampu taman dapat dikontrol nyala padam dengan ponsel pintar android serta pemantauan tegangan solar panel secara realtime. [2], dengan memanfaatkan sensor-sensor yang terhubung pada jaringan IoT, sistem penerangan jalan dapat dikontrol dan dimonitor secara otomatis berdasarkan tingkat cahaya, waktu, dan kondisi cuaca[7].

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem PLTS *Off-Grid* pada penerangan jalan taman berbasis IoT yang efisien dan efektif dalam memenuhi kebutuhan penerangan taman. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan solusi alternatif yang dapat diterapkan pada daerah-daerah terpencil atau sulit dijangkau oleh sumber listrik utama dalam memenuhi kebutuhan penerangan [11].

II. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian Kuantitatif. Penelitian ini akan dilakukan melalui Studi literatur: Melakukan studi literatur terkait teknologi PLTS Off-Grid, *Internet of Things* (IoT), dan sistem penerangan jalan taman yang sudah ada.

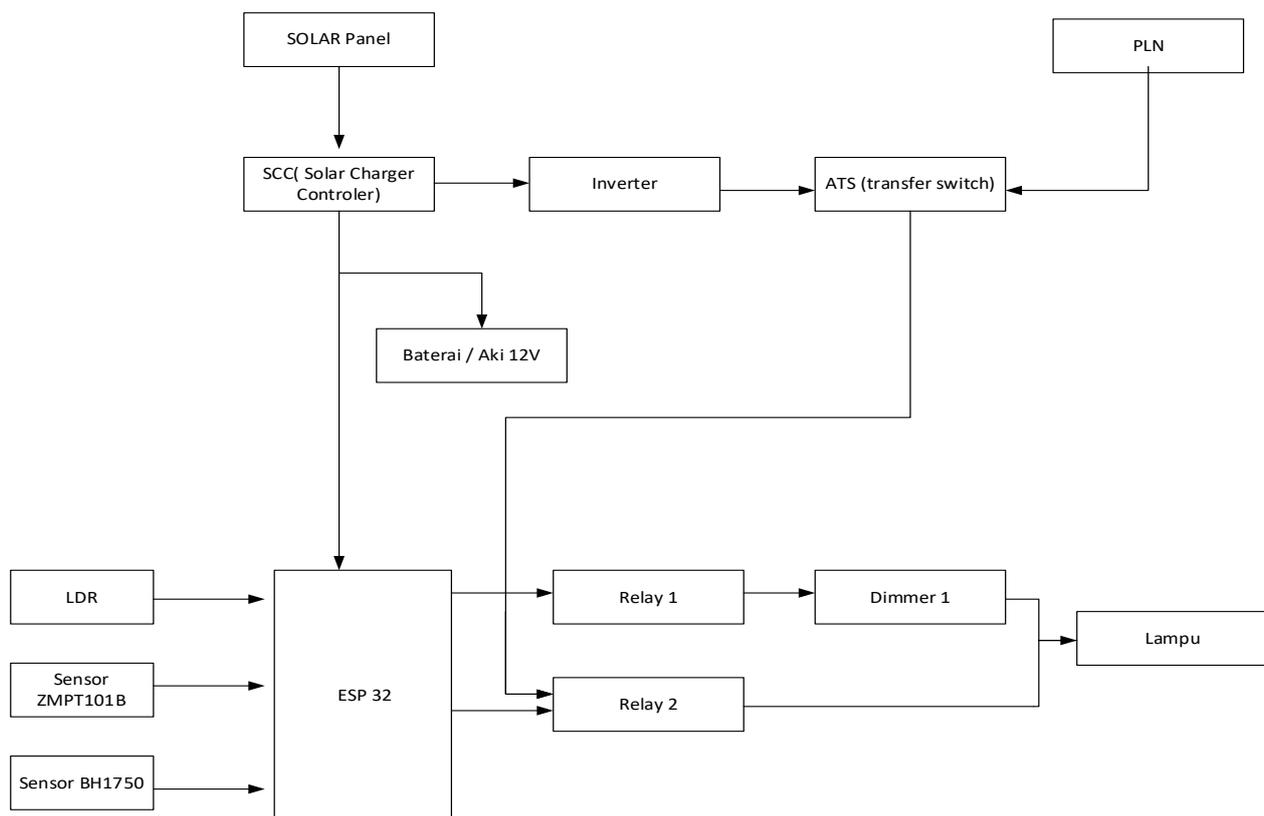
A Perancangan Alat

Pada alat ini Penulis akan membuat alat perancangan PLTS *Off Grid* Pada penerangan jalan taman berbasis Iot menggunakan solar panel sebagai sumber tegangan. Pada Penerangan jalan menggunakan lampu berjumlah 2 buah dengan jam operasi selama 12 jam. Solar charger controller yang digunakan yang digunakan memiliki 12 V dan memiliki batas arus 10 Ampere. Setelah

dihubungkan dengan baterai barulah dihubungkan dengan solar panel, keluaran dari solar charger controller ini lalu hubungkan dengan baterai barulah dihubungkan langsung ke kontrol lampu penerangan secara Iot, kontrol ini akan memberikan tegangan pada lampu sehingga lampu berkerja. Pada alat ini digunakan Aki 12 V 35 Ah dan sumber PLN untuk mensuplai energy ke lampu dengan daya 7 W.

B Perancangan Sistem Alat

Perancangan sistem ini dimaksudkan untuk memberi gambaran mengenai alat yang akan dibuat Secara garis besar, prinsip kerja alat yang akan dibuat ini bisa dilihat pada blok diagram pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Perencanaan Sistem

Perancangan sistem ini dimaksudkan untuk memberi gambaran mengenai alat yang akan dibuat. Secara garis besar, prinsip kerja alat yang akan dibuat ini bisa dilihat pada blok diagram pada gambar 1.

Keterangan :

- Solar Panel : Jenis Monocrystalline dengan kapasitas 50 wp.
- Solar Charger Controller (SCC) : pada penelitian ini menggunakan kapasitas SCC dengan maximum 10 A tipe *Pulse width*

modulation (PWM) dengan tegangan digunakan 12V dan 24 V

- Aki / Battery : Baterai yang digunakan dalam penelitian yaitu 12 V dengan kapasitas 35 Ah .
- ESP 32 : penelitian menggunakan esp 32 tipe Node MCU ESP32 dengan tegangan kerja 3,3 V dan *Digital IO Pin (DIO)* : 25
- ATS (*Automatic Transfer Switch*) : ATS dipakai yaitu menggunakan 4 relay chanel dengan kapasitas maksimum 10 A.
- Relay : Relay digunakan yaitu tipe 2 chanel dengan kapasitas maksimum 10 A

- ZMPT101B: berfungsi sebagai sensor pendeteksi besaran tegangan pada sistem PLTS dan tegangan pada Inverter [6] juga sebagai pembaca secara jarak jauh melalui B lynk.
- LDR : pada penelitian digunakan tipe LDR Photoresistor BB-05 dengan tegangan kerja 3,3V – 5 V
- Inverter : pada penelitian ini menggunakan inverter pure sine wave dengan kapasitas 300 Watt dengan efisiensi 90% dengan daya output 220 V -230 V
- Sensor Cahaya : Sensor digunakan yaitu tipe BH 1750 dengan tegangan kerja 3,3 V – 5 V dengan Data range 0-65535
- Dimmer : Penelitian menggunakan dimmer AC dengan kapasitas daya 2000W dan tegangan output 90V – 220 V (adjustable).

Berdasarkan gambar diagram perancangan sistem alat diatas dapat diketahui bahwa pada alat ini digunakan solar panel sebagai sumber energy, solar sel menangkap cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energy listrik.

Lalu energi listrik tersebut disimpan ke Aki melalui solar charger controller untuk mengontrol tegangan yang masuk pada aki agar tidak over charge dan sebagai proteksi pada saat pengecasan berlangsung. Keluaran dari solar charge controller dihubungkan ke kontrol dari lampu penerangan jalan taman.

C Perhitungan Kebutuhan PLTS OFF Grid

Pada saat merencanakan pemasangan PLTS, ada berapa terlebih dahulu mengkalkulasi pemakaian komponen PLTS yang harus sesuai dengan yang dirancang. Maka dari itu di perlukan perhitungan agar pemilihan Komponen pada PLTS secara Tepat.

1) Perhitungan Energi Listrik Dipakai

Pada Perencanaan pemakaian daya listrik pada perencanaan lampu penerangan jalan menggunakan 2 buah lampu led dengan daya 14 W dengan sistem operasi dari jam 18:00 WIB sampai dengan 06 :00 WIB sehingga jam operasi yaitu 12 jam sehingga pemakaian daya listrik digunakan selama sehari. Berikut data pemakaian lampu taman pada tabel 1.

Tabel 1. Data Pemakaian beban lampu taman

Alat	Jumlah	Waktu Operasi	Total Daya Listrik	Total Energi
Lampu Led 7 W 220 VAC	2	12 Jam	14 W	168Wh

Dari tabel 1, dapat diketahui jika total penggunaan daya listrik setiap hari sebesar 168 Wh. Untuk menghitung kebutuhan panel surya

off-grid berdasarkan total beban 14 watt dengan waktu kerja selama 12 jam.

2) Perhitungan Kebutuhan Panel Surya

Untuk menentukan banyaknya panel Surya yang dibutuhkan, penting untuk mengetahui Watt Peak dipakai.

Jadi, Watt Peak adalah besarnya atau optimal nya nominal watt tertinggi yang dapat dihasilkan dari Surya Panel.

Di Indonesia proses photovoltaic optimalnya hanya berlangsung 5 jam, sehingga untuk menghitung banyaknya panel Surya yang digunakan, dapat dengan cara berikut:

$$\text{Panel surya} = \frac{(\text{Wh})}{\text{waktu optimal matahari}} \quad (1)$$

Jumlah jam sinar matahari efektif adalah perkiraan rata-rata jam sinar matahari yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Nilai umum yang sering digunakan adalah sekitar 4-6 jam per hari, tetapi dapat bervariasi tergantung pada lokasi geografis. jika menggunakan jumlah jam sinar matahari efektif sebesar 5 jam rumusnya akan menjadi:

$$\text{Panel surya} = \frac{168 \text{ Wh}}{5}$$

$$\text{Panel surya} = 33,6 \text{ wattpeak (Wp)}$$

Jadi, untuk mendapat daya yang diinginkan, perlu menggunakan panel Surya 50 Wp. Namun, Karena Jadi dari perhitungan diperoleh maka untuk solar panel yang diperlukan yaitu berjumlah 50 Wp 1buah.

3) Perhitungan Kapasitas Baterai

Pada siang hari, baterai selain digunakan penyimpanan energi, tetapi juga melakukan pengisian dari PLTS, sehingga pada malam hari tetap bisa menggunakan energi listrik tanpa harus menggunakan jaringan listrik PLN.

Untuk acuan energi listrik yang digunakan untuk menentukan baterai dipakai dalam sehari adalah 168 Wh. Untuk memilih spesifikasi baterai yang tepat. Di pasaran juga berbagai jenis spesifikasi baterai. Disini Spesifikasi baterai yang mau digunakan yaitu (12 V: 35 Ah). Sehingga perhitungan jumlah baterai yang akan digunakan.

$$\text{Kapasitas Baterai} = 1.5 \times \frac{\text{Total Energi Dipakai}}{\text{Tegangan Baterai}} \quad (2)$$

$$\text{Kapasitas Baterai} = 1.5 \times \frac{168}{12}$$

$$\text{Kapasitas Baterai} = 21 \text{ Ah}$$

Kapasitas baterai yang ideal adalah 1.5 kali dari kebutuhan beban[14].Jadi Hasil Perhitungan

diatas maka didapat jumlah baterai diperlukan yaitu 12 V 21 AH. Untuk aki yang digunakan untuk penelitian yaitu 12 V dengan kapasitas 35 Ah.

4) Perhitungan Kebutuhan SCC

Untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi dari panel surya agar bisa mengetahui kebutuhan solar charge controller[9]. Pada Panel Solar 50 Wp dengan spesifikasi berikut:

- $P_m = 50 \text{ Wp}$
- $V_m = 17,2 \text{ V}$
- $V_{oc} = 21,6 \text{ V}$
- $I_{mp} = 2,85 \text{ A}$
- $I_{sc} = 3,23 \text{ A}$

Sehingga perhitunggan pada solar charge controller dapat menggunakan rumus:

$$I_{sc} = \frac{P_m}{V_s} \tag{3}$$

Dimana :

- Isc panel = Arus yang terdapat pada panel surya
- Pmax = daya yang dibangkitkan panel surya
- Vs = tegangan yang digunakan Baterai

$$I_{sc} = \frac{50}{12} = 4,1 \text{ A}$$

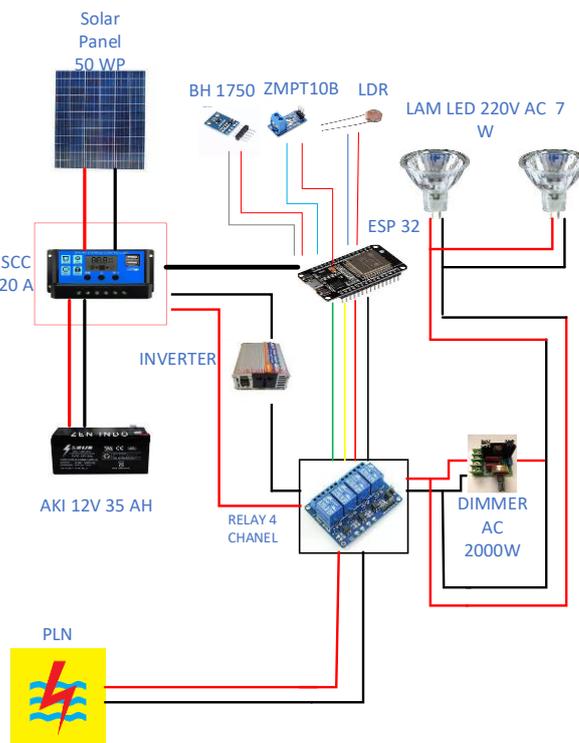
Jadi Minimal SCC yang harus dimiliki arus diatas 4,1 A sehingga solar charge controller yang dipakai yaitu 10 A.

D Perencanaan Rangkaian

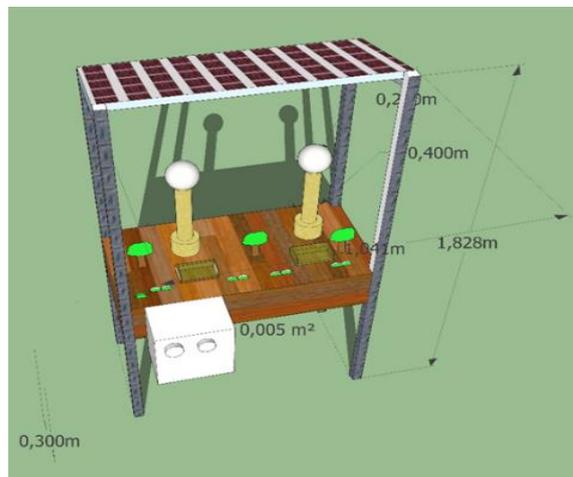
Untuk rangkaian pemasangan alat ini, pertama yang harus dilakukan yaitu menghubungkan baterai dengan solar charge controller, nantinya solar charger controller akan otomatis mendeteksi apakah akan menggunakan pengaturan 12 V atau 24 V, dalam pemasangan ini harus dilakukan dengan pemasangan baterai terlebih dahulu agar solar charger controller ini tidak rusak. Setelah dipasangkannya baterai kemudian solar panel dihubungkan pada solar charger controller, Kemudian keluaran dari solar charger controller akan dihubungkan ke Arduino uno untuk menghidupkan Arduino uno dan dihubungkan relay no untuk dimmer sehingga menghidupkan lampu. Berikut ini perencanaan wiring rangkaian solar panel pada gambar 2.

E Perencanaan Bangun Solar Panel

Sebelum mengerjakan pembuatan alat, tentunya harus terlebih dahulu merancang bentuk bangun PLTS dan juga alat spesifikasi yang akan dibuat. Tujuan adalah untuk memudahkan dalam proses pengerjaan pembuatan alat dan juga untuk memudahkan dalam memilih material yang akan digunakan untuk alat tersebut. Rancangan alat dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Wiring Rangkaian Solar Panel



Gambar 3. Perencanaan Alat PLTS

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

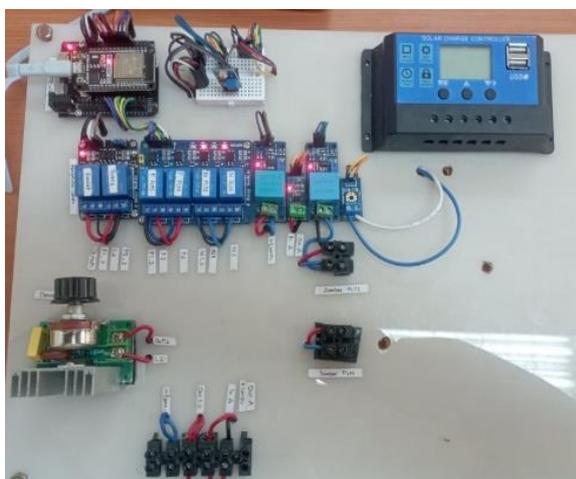
A Pengujian Control lampu Taman

Penelitian pada pengujian mencakup dua aspek utama: pengujian LDR untuk mengukur respons cahaya terhadap perubahan intensitas cahaya lingkungan dan pengujian system waktu untuk mengamati perubahan intensitas cahaya lampu taman seiring berjalannya waktu. Selain itu, penelitian juga akan menguji kemampuan pengontrol ATS untuk beralih secara otomatis antara sumber daya listrik. Dengan pendekatan ini, penelitian akan mengevaluasi performa keseluruhan system dalam menjaga penerangan optimal dan efisien dalam berbagai kondisi.



Gambar 4. Prototype PLTS Lampu Taman

Dari gambar 4 hasil pengerjaan prototype pada lampu taman yang telah dibuat sesuai dengan rancangan pada lampu taman..



Gambar 5. Control Lampu Taman

Dari gambar 5 dapat dilihat hasil pemasangan kontrol pada lampu taman sesuai dengan hasil wiring rangkaian lampu taman yang telah rencanakan.

1) Pengujian sensor LDR lampu

Dalam pengujian ini penelitian akan mengevaluasi efektivitas system untuk penerangan lampu taman berbasis IoT. Pada penelitian menguji kerja lampu berdasar Lux cahaya matahari diterima pada sensor LDR.

Tabel 2. Intensitas lux LDR pada lampu

No.	Kondisi Awal	Nilai LDR	Kondisi Lampu Padam	Kondisi Lampu Menyala
1.	Padam	>500	✓	
2.	Padam	<500		✓

Dari hasil tabel 2 system didapat pada pengujian control lampu berdasarkan nilai LDR diterima ESP 32 untuk lampu mana sesuai yang diharapkan. Ketika matahari terbit maka nilai sensor LDR berkerja dibawah 500 memerintahkan

lampu taman hidup. Ketika sensor LDR mendeteksi cahaya matahari maka nilai LDR diatas 500 maka lampu taman berhenti berkerja pada pagi hari.

2) Pengujian Intensitas cahaya Lampu terhadap Setting Waktu

Penelitian akan melakukan pengujian pada lampu taman berbasis IoT untuk mengukur respons sistem terhadap variasi tingkat kecerahan lampu antara terang dan redup. Hal ini akan membantu penelitian menilai kemampuan sistem dalam menyesuaikan intensitas cahaya sesuai dengan kondisi lingkungan dan waktu.

Tabel 3. Intensitas cahaya lampu terhadap waktu

No.	Kondisi Awal	Waktu	Kondisi Lampu Terang	Kondisi Lampu Redup
1.	Menyala	18.00 – 23.00	✓	
2.	Menyala	23.00 – 05.00		✓
3.	Menyala	05.00 – 06.00	✓	

Dari hasil tabel 3 didapat dari pengujian berdasarkan intensitas cahaya lampu Analisa diambil berdasarkan waktu kerja pada keadaan lampu taman terang yang berkerja pada waktu 18:00 wib sampai dengan waktu 23:00 wib. Setelah waktu 23:00 wib lampu taman akan redup sampai pukul 05 :00 Wib. Setelah pukul 05:00 lampu taman akan menyala terang sampai jam 06:00 WIB. Ketika sensor LDR mendeteksi sinar matahari maka lampu taman akan mati. Hal bertujuan mendapatkan efisien dalam pemakaian energy listrik dipakai pada saat keadaan redup hal ini menghemat dalam pemakaian energi listrik.

3) Pengujian ATS

Penelitian akan melakukan pengujian sumber daya dari sistem ATS PLTS ke pasokan listrik PLN. Untuk menguji system ATS dalam penggantian sumber energi dari PLTS ke PLN ketika tegangan pada inverter dari baterai. Berikut hasil pengujian dari yang peroleh.

Tabel 4. Pengujian ATS

No.	Kondisi Awal	Sensor Tegangan	ATS PLTS	ATS PLN
1.	PLTS	225 volt	✓	
2.	PLTS	0 volt		✓

Dari tabel 4 penelitian diperoleh hasil pengujian pada sistem automatic transfer switch hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada tegangan pada inverter mengalami penurunan maka automatic transfer switch berpindah sumber ke PLN.

B Pengujian Panel Surya

Penelitian akan melaksanakan pengujian sistem PLTS di wilayah 3CCH+6CJ, Jl. Dr. Moh. Hatta No.32, Kelurahan Cupak Tangah,

Kecamatan Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat selama periode tertentu. Pengujian ini akan mempertimbangkan variasi kondisi cuaca yang mungkin terjadi selama perjam pengujian. Dengan memantau kinerja sistem PLTS dalam berbagai kondisi cuaca seperti hujan, berawan, dan cerah, Penelitian mendapatkan wawasan yang lebih baik tentang seberapa baik sistem beradaptasi dengan lingkungan sekitar dan tetap memberikan output energi yang diharapkan.

1) Pengujian Hari Pertama

Pada hari pertama pengujian, penelitian akan mengambil data arus dan tegangan dari sistem PLTS di wilayah 3CCH+6CJ, Jl. Dr. Moh. Hatta No.32, Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat. Pengambilan data akan dilakukan mulai dari jam 06:00 hingga jam 18:00. Selama periode ini, Penelitain akan memantau dan mencatat perubahan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sistem, serta mengamati berbagai kondisi cuaca seperti hujan, berawan, dan cuaca cerah. Dengan mengumpulkan data secara rinci dalam jendela waktu tersebut, Penelitian akan mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang bagaimana sistem PLTS beroperasi dan merespons perubahan cuaca sepanjang hari.

Hasl pengujian PLTS hari pertama dapat di lihat pada tabel 5 dan grafik 1, bahwa dalam keadaan cuaca cerah pukul 10.00 tercatat daya hasil pengisian aki mencapai puncak sebesar 25,62 Watt, pada intensitas cahaya 21.200 lux.

Dalam penelitian PLTS saat hujan, pada pukul 3 WIB teramati bahwa daya hasil pengisian aki mencapai 1,78 Watt dengan intensitas cahaya sekitar 420 lux pada kondisi siang.

Ketika intensitas cahaya matahari makin tinggi maka daya yang dihasilkan semakin besar. kondisi cerah dan berawan dapat mengakibatkan penurunan daya yang dihasilkan panel surya [4].

Pada pengujian hari pertama intensitas matahari mencapai titik tertinggi pada 21200 lux dengan daya dihasilkan cukup besar pada saat cuaca cerah, begitu sebaliknya ketika intensitas matahari turun yaitu 800 Lux maka daya dihasilkan makin turun pada saat di sore hari dalam keadaan berawan.

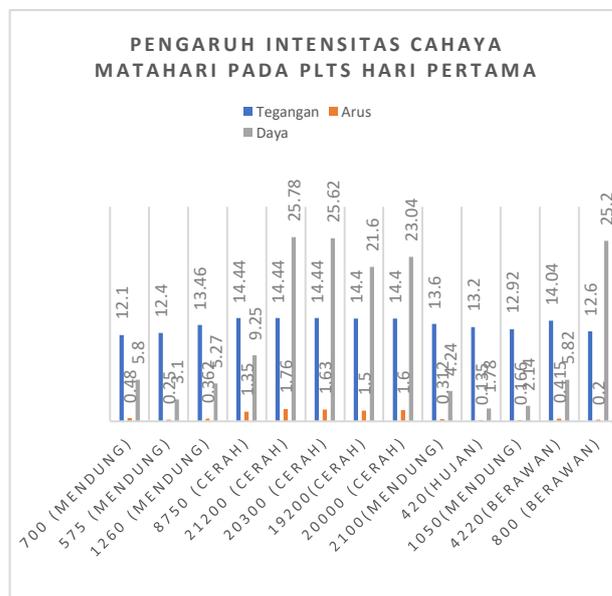
2) Pengujian pada hari kedua

Di hari kedua pengujian, fokus akan diberikan pada pengumpulan data arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sistem PLTS di wilayah 3CCH+6CJ, Jl. Dr. Moh. Hatta No.32, Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat (Kode Pos: 251763). Penelitian akan mengambil data dari jam 06:00 hingga jam 18:00, dalam rentang waktu ini, Penelitian juga akan secara kontinu memantau kondisi cuaca

yang meliputi hujan, berawan, dan cuaca cerah. Dengan data yang terkumpul, penelitian akan dapat menganalisis kinerja sistem PLTS dan bagaimana sistem beradaptasi terhadap perubahan cuaca dalam jangka waktu tersebut.

Tabel 5. Pengujian hari pertama PLTS

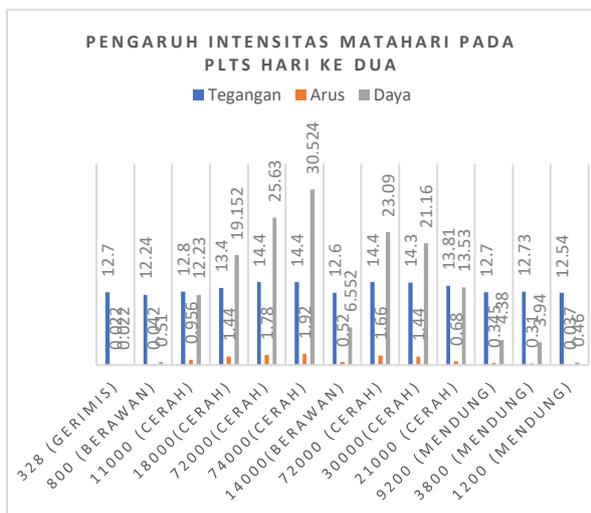
JAM	Cahaya matahari (Lux)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cuaca	Daya (Watt)
06:00	700	12,1	0,48	Mendung	5,8
07:00	575	12,4	0,25	Mendung	3,1
08:00	1260	13,46	0,36	Mendung	5,27
09:00	8750	14,44	1,35	Cerah	9,25
10:00	21200	14,44	1,76	Cerah	25,78
11:00	20300	14,44	1,63	Cerah	25,62
12:00	19500	14,4	1,5	Cerah	21,6
13:00	20000	14,4	1,6	Cerah	23,04
14:00	2100	13,6	0,31	Mendung	4,50
15:00	420	13,2	0,13	Hujan	1,78
16:00	1050	12,92	0,16	Mendung	2,14
17:00	4220	14,04	0,41	Berawan	5,82
18:00	800	12,6	0,20	Berawan	25,2



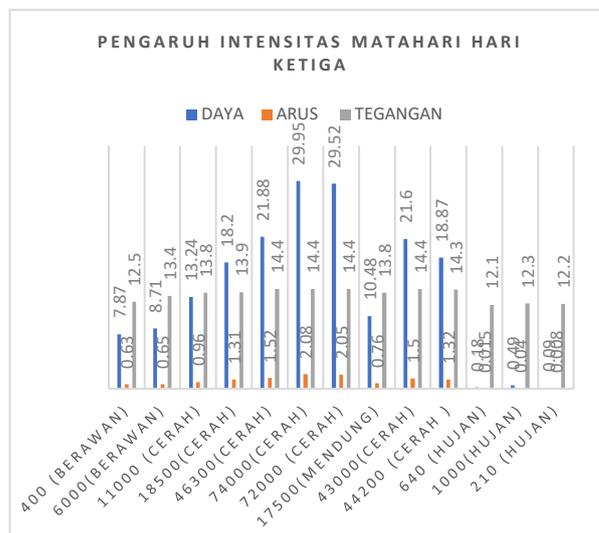
Grafik 1. Pengujian Hari Pertama

Tabel 6. Pengujian hari kedua PLTS

JAM	Cahaya matahari (Lux)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cuaca	Daya (Watt)
06:00	328	12,7	0,022	Gerimis	0,022
07:00	800	12,24	0,042	Berawan	0,51
08:00	11000	12,8	0,956	Cerah	12,23
09:00	48000	13,4	1,44	Cerah	19,152
10:00	72000	14,4	1,78	Cerah	25,63
11:00	74000	14,4	2,12	Cerah	30,524
12:00	14000	12,6	0,52	Berawan	6,552
13:00	72000	14,4	1,66	Cerah	23,09
14:00	43000	14,3	1,48	Cerah	21,16
15:00	21000	13,81	0,980	Cerah	13,53
16:00	3800	12,7	0,345	Mendung	4,38
17:00	2800	12,73	0,310	Mendung	3,94
18:00	320	12,54	0,037	Hujan	0,46



Grafik 2. Pengujian Hari Kedua PLTS



Grafik 3. Pengujian Hari Ketiga PLTS

Pada tabel 6 dan grafik 2 di hari kedua penelitian PLTS, saat pukul 11 dalam cuaca cerah, didapatkan bahwa daya hasil pengisian aki mencapai puncak tertinggi, yakni 30,52 Watt dengan intensitas cahaya mencapai luar biasa tinggi, yakni 74.000 Lux.

Hasil penelitian pada hari kedua saat hujan menunjukkan pada jam 6, di mana daya hasil pengisian aki hanya mencapai 0,03 Watt dengan intensitas cahaya sekitar 320 Lux.

Pengaruh intensitas sinar matahari pada hari kedua menunjukkan, bahwa intensitas cahaya matahari makin tinggi maka daya yang dihasilkan semakin besar, dimana intensitas cahaya juga berpengaruh oleh keadaan cuaca.

3) Pengujian hari ketiga

Penelitian dilakukan wilayah 3CCH+6CJ, Jl. Dr. Moh. Hatta No.32, Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat. Penelitian akan mengambil data dari pukul 06:00 hingga pukul 18:00 WIB, dalam rentang waktu ini, penelitian juga akan secara kontinu memantau kondisi cuaca yang meliputi hujan, berawan, dan cuaca cerah.

Tabel 7. Pengujian PLTS hari ketiga

JAM	Cahaya matahari (Lux)	Tegangan (V)	Arus (A)	Cuaca	Tegangan (V)	Daya (Watt)
06: 00	400	12,5	0,63	Berawan	15,1	7,8
07: 00	6000	13,4	0,65	Berawan	20,4	8,7
08:00	11000	13,8	0,96	Cerah	20	13,2
09:00	18500	13,9	1,31	Cerah	20,28	18,2
10:00	46300	14,4	1,52	Cerah	19,8	21,8
11:00	74000	14,4	2,08	Cerah	19,6	29,9
12:00	72000	14,4	2,05	Cerah	20,7	29,5
13:00	17500	13,8	0,76	Mendung	19,75	10,4
14:00	43000	14,4	1,5	Cerah	20,08	21,6
15:00	44200	14,3	1,32	Cerah	20,8	18,8
16:00	640	12,1	0,015	Hujan	14,6	0,18
17:00	1000	12,3	0,04	Hujan	18,62	0,49
18:00	210	12,2	0,008	hujan	16,3	0,09

Dengan data yang terkumpul, Penelitian akan dapat menganalisis kinerja sistem PLTS dan bagaimana sistem beradaptasi terhadap perubahan cuaca dalam jangka waktu tersebut.

Pada tabel 7 dan grafik 3 hasil pengujian ke hari ke-3 penelitian PLTS diperoleh hasil optimal pada keadaan cuaca cerah pukul 11.00 WIB, dapat menghasilkan daya untuk pengisian aki sebesar 29,9 watt, dengan intensitas cahaya terukur pada nilai 74.000 Lux, sementara dalam keadaan berawan pukul 07.00 WIB diperoleh daya sebesar 8,7 watt pada nilai intensitas cahaya sebesar 6000 Lux, sedangkan pada keadaan cuaca hujan, intensitas cahaya yang tertinggi pada nilai 1000 lux dengan daya terukur sebesar 0,49 watt dipukul 17.00 WIB

C Pengujian Baterai lampu Taman

Untuk menguji kapasitas aki, Penelitian akan menjalankan serangkaian pengujian yang meliputi pengisian, pengosongan, dan pengukuran kapasitas baterai terpakai pada lampu taman.

Pengujian pengisian akan mengamati efisiensi dan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dari tingkat kosong hingga penuh. Pengujian pengosongan akan memantau konsumsi daya baterai selama operasional. Sementara itu, pengukuran kapasitas baterai terpakai akan memberikan pandangan tentang bagaimana baterai bertahan dalam situasi nyata. Dengan metode ini, penelitian akan dapat menilai kualitas dan daya tahan aki dalam menjalankan sistem penerangan lampu taman.

1) Perhitungan kapasitas aki

Penelitian akan melakukan perhitungan kapasitas baterai yang terpakai selama pengoperasian system lampu penerangan taman. Maka perhitungan ini akan membantu penelitian memahami sejauh mana baterai digunakan dalam

menjaga operasionalitas sistem, pada aki memiliki efisiensi sebesar 80% sesuai dengan *depth of discharge* (DOD) yang telah ditentukan oleh pabrik[10]. Kapasitas aki digunakan pada penerangan taman 35 Ah maka dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$\text{Kapasitas baterai (Ah)} = \text{DOD (\%)} \times \text{Kapasitas Baterai (Ah)} \tag{4}$$

$$\text{Kapasitas baterai terpakai (Ah)} = 80\% \times 35 \text{ Ah}$$

$$\text{Kapasitas baterai terpakai (Ah)} = 28\text{Ah}$$

Jadi dari kapasitas baterai 35 Ah kapasitas baterai dapat digunakan yaitu 28 Ah yang bertujuan agar aki tidak terlalu kosong yang bisa mengakibatkan kerusakan pada baterai.

2) Pengisian Baterai

Dalam pengujian pengisian baterai pada penerangan lampu taman, penelitian akan mengevaluasi kinerja sistem pengisian dengan mengamati seberapa efektifnya dalam mengisi ulang baterai dari tingkat energi yang rendah.

Fokus pengujian ini adalah untuk mengukur kecepatan pengisian dan memastikan bahwa sistem mampu mengembalikan baterai ke tingkat kapasitas yang memadai untuk mendukung operasi penerangan lampu taman dengan optimal.

Tabel 8. Pengisian baterai lampu taman

Jam	Sel Surya		Baterai		Cuaca
	V	I	V	I	
08:00	12,7	0,8	11,80	0,87	Berawan
09:00	14,4	1,8	11,9	1,9	Cerah
10:00	13,7	1,3	11,9	1,3	Berawan
11:00	13,5	1,1	12,0	1,1	Berawan
12:00	14,4	1,7	12,0	1,7	Cerah
13:00	14,3	1,5	12,2	1,53	Cerah
14:00	14,2	1,6	12,3	1,65	Cerah
15:00	14,4	2,05	12,6	2,00	Cerah
16:00	14,4	1,8	12,7	1,83	Cerah
17:00	14,3	1,6	13,01	1,54	Cerah

Dari tabel 8 pengujian pengisian baterai dapat dijelaskan bahwa arus dan tegangan akan semakin naik bila waktu semakin siang.

Kenaikan tegangan juga berpengaruh pada keadaan cuaca, jika cerah tegangan akan naik, tetapi apabila mendung tegangan akan menurun, namun penurunan tegangan tidak terlalu drastis.

Dari data table 8 yang dapat diketahui nilai arus total pengisian pada baterai sehingga diketahui berapa lama pengisian baterai maksimum dengan menggunakan sel surya kapasitas 50 wp.

$$I_{rata-rata} = \frac{\text{jumlah total arus pengujian}}{\text{Step Pengujian}} \tag{5}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{15,42}{10} = 1,542 \text{ A}$$

$$I_{rata-rata} = 1,542\text{A}$$

Maka dari hasil arus rata-rata peneliti akan menghitung lama pengisian aki dengan menggunakan persamaan berikut ini dengan rata-rata arus yang sudah didapatkan sebelumnya :

$$T = \frac{AH}{I_{rata-rata \text{ pengisian}}} \tag{6}$$

$$T = \frac{28}{1,542}$$

$$T = 18,15 / 18 \text{ Jam } 9 \text{ Menit}$$

Dari hasil perhitungan mengenai lama pengisian baterai, dapat disimpulkan bahwa sistem pengisian mampu mengisi ulang baterai lampu taman selama waktu 18 jam 9 menit.

3) Pengosongan Baterai

Dalam rangka pengujian pengosongan baterai pada penerangan lampu taman, penelitian akan mengamati dan menganalisis seberapa cepat baterai mengalami penurunan kapasitas selama operasional. Pengujian ini akan membantu penelitian memahami seberapa lama baterai dapat mendukung penerangan lampu taman sebelum memerlukan pengisian ulang. Pengujian akan dilakukan dalam 2 mode yaitu keadaan lampu terang selama 12 jam dan lampu taman pada saat otomatis selama 12 jam. Dengan demikian, penelitian akan dapat mengevaluasi daya tahan baterai dan merencanakan penggunaan yang optimal.

a. Keadaan lampu otomatis

Dari tabel 9 diperoleh data pengosongan baterai lampu taman untuk menguji pengosongan baterai dengan kapasitas 35 ampere-hour (AH) menggunakan lampu taman berdaya 14 watt dalam kondisi lingkungan yang terang.

Untuk menentukan besar nilai arus rata-rata yang mengalir menuju beban dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$I_{rata-rata} = \frac{I_{total \text{ Pengujian}}}{\text{Step Pengujian}} \tag{7}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{18,41}{13}$$

$$I_{rata-rata} = 1,41 \text{ A}$$

Melalui perhitungan durasi pengosongan, penelitian akan memproyeksikan waktu berapa lama lampu taman dapat beroperasi dengan baterai yang ada sebelum mencapai level kapasitas rendah. Dengan menggunakan rumus waktu pengosongan, penelitian akan memperoleh perkiraan yang akurat mengenai lamanya pengosongan :

$$T = \frac{AH}{I_{rata-rata\ Pengosongan}} \quad (8)$$

$$T = \frac{28}{1,41}$$

T = 19 jam, 51 menit

Dari hasil perhitungan mengenai lama pengosongan baterai, dapat disimpulkan bahwa sistem pengisian mampu mengisi ulang baterai lampu taman selama waktu 19 jam 51 menit.

Tabel 9. pengosong Baterai Lampu otomatis

Jam	Lampu		Keadaan Lampu	Daya (Watt)	Baterai	
	V (Volt)	I (mA)			I	V
18:00	220	78	Terang	14	1,55	13,5
19:00	220	78	Terang	14	1,55	13,3
20:00	220	78	Terang	14	1,55	13,2
21:00	220	78	Terang	14	1,55	12,9
22:00	223	78	Terang	14	1,55	12,9
23:00	220	78	Terang	14	1,55	12,8
24:00	120	123	Redup	12	1,26	12,7
01:00	120	123	Redup	12	1,26	12,7
02:00	120	123	Redup	12	1,26	12,6
03:00	120	123	Redup	12	1,26	12,6
04:00	120	123	Redup	12	1,26	12,4
05:00	120	123	Redup	12	1,26	12,4
06:00	220	78	Terang	14	1,55	12,2

b. Keadaan lampu manual (Terang)

Dari tabel 10 diperoleh data pengujian pengosongan baterai dilakukan menggunakan lampu taman dengan total daya lampu 14 Watt. Untuk menentukan besar nilai arus rata-rata yang mengalir menuju beban dapat menggunakan rumus 4.

$$I_{rata - rata} = \frac{I_{total\ Pengujian}}{Step\ Pengujian} \quad (4)$$

$$I_{rata - rata} = \frac{20,15}{13}$$

$$I_{rata - rata} = 1,55\ A$$

Melalui perhitungan durasi pengosongan, penelitian akan memproyeksikan waktu berapa lama lampu taman dapat beroperasi dengan baterai yang ada sebelum mencapai level kapasitas rendah.

Dengan menggunakan rumus waktu pengosongan, penelitian akan memperoleh perkiraan yang akurat mengenai lamanya pengosongan :

$$T = \frac{AH}{I_{rata-rata}} \quad (9)$$

$$T = \frac{28}{1,55}$$

$$T = 18\ jam\ 1\ menit$$

Dari hasil perhitungan mengenai lama pengosongan baterai, dapat disimpulkan bahwa sistem pengosongan mampu mengisi ulang

baterai lampu taman selama waktu 18 jam 1 menit.

Dari perhitungan yang diperoleh ketika keadaan lampu terang hidup selama 13 jam maka lama pengosongan baterai yang didapat yaitu 18 jam 1 menit dengan rata arus didapat yaitu 1,55A. sedangkan lampu keadaan otomatis lama pengosongan baterai yang didapatkan yaitu 19 jam 51 menit dengan rata pengosongan diperoleh yaitu 1,41A. dari data peroleh efisien lama pemakaian baterai diperoleh lebih bagus keadaan lampu otomatis

Tabel 10. Pengosongan baterai terang

Jam	Lampu		Keadaan Lampu	Daya (Watt)	Baterai	
	V	I (mA)			I	V
18:00	222	78	Terang	14	1,55	13,5
19:00	223	78	Terang	14	1,55	13,1
20:00	222	78	Terang	14	1,55	13,1
21:00	223	78	Terang	14	1,55	12,9
22:00	222	78	Terang	14	1,55	12,9
23:00	223	78	Terang	14	1,55	12,7
24:00	222	78	Terang	14	1,55	12,6
01:00	223	78	Terang	14	1,55	12,4
02:00	223	78	Terang	14	1,55	12,4
03:00	223	78	Terang	14	1,55	12,2
04:00	223	78	Terang	14	1,55	12,2
05:00	223	78	Terang	14	1,55	11,9
06:00	223	79	Terang	14	1,55	11,9

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil prototype PLTS off-grid pada penerangan taman berbasis IoT yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem ini mampu menghasilkan energi listrik yang dapat digunakan untuk penerangan taman dengan efisien dan ramah lingkungan dengan menggunakan panel surya berdaya 50 WP, regulator PWM 10A, ESP 32 sebagai Mikrokontroler, sensor ZMPT101b dan baterai kering berkapasitas 12 V dan 35 Ah, sehingga dapat menghasilkan energi listrik untuk 2 buah lampu 7W dalam waktu optimal 19 jam, 51 menit dalam keadaan lampu otomatis sebelum mencapai level kapasitas baterai rendah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Electro Politeknik Negeri Padang.

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. N. Hidayat and S. Sutrisno, "ANALISIS OUTPUT DAYA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 10WP, 20WP, DAN 30WP," *J. Crankshaft*, vol. 4, no. 2, pp. 9–18, Oct. 2021, doi: 10.24176/crankshaft.v4i2.6013.

- [2] H. R. Iskandar and A. Gunawan, "UJI KARAKTERISTIK PROTOTYPE PENERANGAN JALAN UMUM TENAGA SURYA BERBASIS INTERNET OF THINGS," *Jurnal Informatika*, vol. 4, no. 2, 2021.
- [3] A. Adam, M. Muharnis, A. Ariadi, and J. Lianda, "Penerapan IoT untuk Sistem Pemantauan Lampu Penerangan Jalan Umum," *ELINVO*, vol. 5, no. 1, pp. 32–41, May 2020, doi: 10.21831/elinvo.v5i1.31249.
- [4] N. Alim and A. A. H. Lateko, "ANALISIS PENGARUH SUHU KERJA PADA PANEL SURYA TERHADAP DAYA KELUARAN DARI PANEL," vol. 15, 2023.
- [5] D. Liestyowati, I. Rachman, E. Firmansyah, and Mujiburrohman, "Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berkapasitas 100 WP dengan Inverter 1000 Watt," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 5, pp. 623–634, Oct. 2022, doi: 10.55123/insologi.v1i5.1027.
- [6] R. Andari, "Sistem Monitoring Penggunaan Beban Pada Proses Pengosongan Baterai 100WP Menggunakan Sensor PZEM-004T," *j. amp. : j. ilm. bid. tek. elect. and comp.*, vol. 11, no. 1, pp. 29–36, Jul. 2021, doi: 10.33369/jamplifier.v11i1.15472.
- [7] M. N. Agriawan, Sania, C. Rasmita, N. Wahyuni, and Maisarah, "PROTOTYPE SISTEM LAMPU PENERANGAN JALAN OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR CAHAYA BERBASIS ARDUINO UNO," *phy*, vol. 4, no. 1, pp. 39–42, Oct. 2021, doi: 10.31605/phy.v4i1.1489.
- [8] P. Pujiyanto, A. S. Wardhana, and A. K. Dewi, "Pelatihan Dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Penerangan Jalan di Masyarakat," *JESDM*, vol. 11, no. 1, pp. 37–43, Apr. 2022, doi: 10.53026/jesdm.v11i1.916.
- [9] P. Gunoto and S. Sofyan, "PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 100 Wp UNTUK PENERANGAN LAMPU DI RUANG SELASAR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS RIAU KEPULAUAN," *SGTk*, vol. 3, no. 2, pp. 96–106, Nov. 2020, doi: 10.33373/sigma.v3i2.2754.
- [10] R. T. Jurnal, "STUDI PENYIMPANAN ENERGI PADA BATERAI PLTS," *energi*, vol. 9, no. 2, pp. 120–125, Nov. 2018, doi: 10.33322/energi.v9i2.48.
- [11] R. T. Jurnal, "KAJIAN SISTEM KINERJA PLTS OFF-GRID 1 kWp DI STT-PLN," *energi*, vol. 10, no. 1, pp. 38–44, Feb. 2019, doi: 10.33322/energi.v10i1.322.