



**RANCANG BANGUN LAMPU TAMAN
DENGAN SUPLAI TENAGA SURYA (PLTS)
MENGUNAKAN SISTEM *OFF-GRID***

Tugas Akhir

**Oleh:
YEHEZKIEL SILITONGA (4231901003)**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul: "Rancang Bangun Lampu Taman dengan Suplai Tenaga Surya *Off-Grid* Anda" adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 06 Agustus 2025



Yehezkiel Silitonga
NIM: 4231901008

Handwritten signature of Yehezkiel Silitonga.

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Yehezkiel Silitonga (4231901003)

Tanggal Sidang: 22 Juli, 2025

Disetujui oleh:



1. Ir. Jhon Hericson Purba, S.Pd., M.Pd
NIK:119230



1. Handri Toar S.ST., M.Tr.T.
NIK: 113114



2. Hasnira, S.ST., M.Tr. T.
NIK: 113112

RANCANG BANGUN LAMPU TAMAN DENGAN SUPLAI TENAGA SURYA (PLTS) MENGGUNAKAN SISTEM *OFF- GRID*

Abstrak

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama yang berpengaruh dalam kehidupan masyarakat. Hampir seluruh aktivitas, mulai dari rumah tangga, industri, Pendidikan, hingga tempat ibadah, membutuhkan energi Listrik untuk mendukung berbagai peralatan. Salah satu alternatif sumber energi yang ramah lingkungan adalah energi panel surya atau pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), yaitu sistem yang merubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Gedung *Workshop 7* menjadi salah satu lokasi perancangan sistem PLTS yang dirancang khusus untuk menyuplai energi bagi lampu taman. Tujuan dari perancangan ini Adalah untuk mengetahui besarnya daya yang dapat di dihasilkan oleh panel surya dengan menggunakan sistem PLTS *Off-grid*. Pada rancang bangun ini, digunakan panel surya *monocrystalline* 100 Wp, baterai 5 Ah, dan beban berupa 4 buah lampu masing-masing sebesar berdaya 5 Watt. Tiang lampu yang digunakan memiliki ukuran 80 x 9 cm. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa efisiensi maksimum sistem PLTS *off-grid* mencapai 21% pada intensitas radiasi matahari 930,9 W/m², dan efisiensi minimum tercatat sebesar 16% pada intensitas radiasi matahari sebesar 128,9 W/m². Total biaya yang diperlukan untuk rancang bangun lampu taman dengan suplai tenaga surya *off-grid* ini Adalah sebesar Rp. 4.095.000.

Kata Kunci: Lampu taman, *Off grid*, PLTS

THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF GARDEN LIGHTS WITH SOLAR POWER SUPPLY (PLTS) USING AN OFF-GRID SYSTEM

Abstract

Energy is one of the main needs that influence people's lives. Almost all activities, from households, industry, education, to places of worship, require electrical energy to support various equipment. One alternative environmentally friendly energy source is solar panel energy or solar power plants (PLTS), which are systems that convert sunlight energy into electrical energy. Workshop Building 7 is one of the locations for designing a PLTS system specifically designed to supply energy for garden lights. The purpose of this design is to determine the amount of power that can be produced by solar panels using an off-grid PLTS system. In this design, a 100 Wp monocrystalline solar panel, a 5 Ah battery, and a load of 4 lamps each with a power of 5 Watts are used. The lamppost used measures 80 x 9 cm. Based on the test results, it can be concluded that the maximum efficiency of the off-grid PLTS system reaches 21% at a solar radiation intensity of 930.9 W/m², and the minimum efficiency is recorded at 16% at a solar radiation intensity of 128.9 W/m². The total cost required to design and build this off-grid solar powered garden light is Rp. 4,095,000.

Keywords: Garden Lights, Off-grid, PLTS

Kata Pengantar

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yesus sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul **“Rancang Bangun Lampu Taman Dengan Suplai Tenaga Surya Menggunakan Sistem *Off-Grid*”**.

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi D-4 Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi di Politeknik Negeri Batam.

Dalam menyusun Tugas Akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, juga kepada saudara penulis yang telah memberi banyak bantuan, saran dan dorongan moral maupun materi serta tak henti-hentinya memberikan doa yang tulus kepada kami dalam menyelesaikan laporan tugas akhir.
2. Bapak Handri Toar, S.ST., M.Tr.T selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga untuk memberikan bimbingan, arahan, nasehat, serta saran-saran yang sangat berharga selama penyusunan.
3. Bapak Ir. Bambang Hendrawan, S.T., MSM., CIPMP., CISCIP. Selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
4. Bapak Irwanto Zarma Putra, S.Pd. M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam, atas dukungan yang diberikan selama proses perkuliahan.
5. Bapak Jhon Hericson Purba, S.Pd., M.Pd., dan Ibu Hasnira, S.ST., M. Tr.T. selaku Dosen Penguji yang telah banyak memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
6. Teman – teman seangkatan dan seperjuangan Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi di Politeknik Negeri Batam yang telah banyak memberikan masukan dan dorongan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Kepada mas Arif dan mas syukur Yang sudah memberikan saya pinjaman alat serta masukan dan dorongan kepada penulis
8. Semua pihak – pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu – persatu yang telah banyak membantu penulisan ini sehingga dapat terselesaikan tugas akhir ini.
Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini

demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Batam, 18 Juli 2025

Yehezkiel Silitonga

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	x
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan	2
Bab 2. Tinjauan Pustaka	3
2.1 Pembangkit Listrik	3
2.2 Panel Surya	3
2.3 Prinsip Kerja Panel Sel Surya	5
2.4 Jenis - Jenis Panel Surya	6
2.5 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya	8
2.5.1 Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	8
2.6 <i>Solar Charge Controller</i>	9
2.7 Baterai	10
2.8 <i>Miniature Circuit Breaker (MCB)</i>	12
Bab 3. Metodologi Penelitian	13
3.1 <i>Flowchart</i> Perencanaan	13
3.1.1 Studi literatur	14
3.2 Perancangan	14
3.2.1 Perancangan Lampu taman	15

3.2.2 Perancangan Elektrikal	17
3.3 Komponen Utama dan Spesifikasi	19
3.3.1 Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	19
3.3.2 <i>Solar Charge Controller</i>	20
3.4 Komponen Utama dan Spesifikasi	21
3.4.1 Alat	21
3.4.2 Bahan	22
3.5 Tahap Pembuatan dan Perakitan	23
3.5.1 Membuat Pondasi Lampu Taman.....	23
3.5.2 Panel Box.....	25
3.5.3 Prosedur Pengujian	25
3.6 Teknik Analisis Data.....	26
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	27
4.1. Hasil Kegiatan	27
4.1.1 Tempat PLTS.....	27
4.2. Hasil Pengujian	32
4.2.1 Data Hasil Pengujian alat.....	32
4.3. Biaya Perancangan	40
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	41
Daftar Pustaka	42
Biodata	43
Lampiran	45

Daftar Gambar

Gambar 1. Panel Surya	3
Gambar 2. Lapisan Panel Surya	4
Gambar 3. Prinsip Kerja Panel Surya	5
Gambar 4. <i>Monocrystalline</i>	7
Gambar 5. <i>Polycrystalline</i>	7
Gambar 6. <i>Thin Film Photovoltaic</i>	8
Gambar 7. Sistem PLTS Off-Grid	9
Gambar 8. <i>Solar charge controller</i> Jenis <i>Maximum Power Point Tracking</i> (MPPT)	9
Gambar 9. Gambar baterai timbal	11
Gambar 10. Gambar Baterai <i>Lithium Ion</i>	11
Gambar 11. Contoh dari <i>Miniature Circuit Breaker</i>	12
Gambar 12. Diagram alir Kegiatan	13
Gambar 13. Blok Diagram	14
Gambar 14. Lokasi Kampus Politeknik Negeri Batam	15
Gambar 15. Layout Gedung W7 dan posisi Lampu Taman	16
Gambar 16. <i>Layout</i> Ukuran tiang lampu taman	17
Gambar 17. <i>Single line diagram</i> PLTS yang akan digunakan untuk lampu taman	18
Gambar 18. Spesifikasi Panel Surya	20
Gambar 19. MPPT yang akan di gunakan	20
Gambar 20. Pondasi tiang lampu taman	24
Gambar 21. Menutup batu bata dengan campuran semen	24
Gambar 22. Membuat skrup tiang lampu dan pondasi	25
Gambar 23. Panel <i>Box</i> tampak luar (kiri) dan dalam (kanan)	25
Gambar 24. Panel Surya <i>Portable</i>	27
Gambar 25. Pengukuran arus panel surya pada MPPT	27
Gambar 26. Pengukuran tegangan panel surya menggunakan <i>multimeter</i>	28
Gambar 27. Pengukuran tegangan pada baterai menggunakan <i>multimeter</i>	28
Gambar 28 Pengujian lampu taman	29
Gambar 29. Panel <i>Box</i> sistem kelistrikan	29
Gambar 30. Grafik Hubungan Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Arus Panel	33
Gambar 31. Grafik Hubungan Antra Efisiensi Panel surya terhadap Waktu	36
Gambar 32. Grafik Hubungan Antara Intensitas Radiasi Matahari dan Daya Input Panel	37
Gambar 33. Kurva I-V	38
Gambar 34. Kurva P-V	39
Gambar 35. Kurva karakteristik MPPT	39

Daftar Tabel

Tabel 1. Komponen SLD.....	18
Tabel 2. Spesifikasi Panel Surya Tipe GP-100M-36.....	19
Tabel 3. PowMr 20A MPPT <i>Solar controller</i>	20
Tabel 4. Alat yang di perlukan	21
Tabel 5. Bahan Yang di perlukan	22
Tabel 6. Data tanpa beban	31
Tabel 7. Data dengan beban.....	34
Tabel 8. Penggunaan baterai ke beban	37
Tabel 9. Biaya pengeluaran rancang bangun lampu taman	40

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama yang memiliki pengaruh besar dalam kehidupan Masyarakat. Hampir seluruh sektor, seperti rumah tangga, industri, sekolah, tempat ibadah, dan lainnya membutuhkan energi listrik untuk mengoperasikan berbagai peralatan[1]. Salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan energi sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil adalah dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan, seperti energi matahari.

Energi matahari merupakan sumber energi terbarukan yang perlu dikembangkan karena sifatnya yang bersih dan ramah lingkungan. Pemerintah Indonesia telah menunjukkan komitmennya untuk beralih ke energi terbarukan melalui kebijakan energi nasional. Salah satu target utama adalah tercapainya 23%, yang didukung dengan berbagai kebijakan dan regulasi, termasuk dalam pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia [2].

Energi panel surya atau pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan teknologi yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik[3]. Energi panas matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik tanpa menggunakan bagian mekanik yang bergerak maupun sistem termal. Indonesia yang terletak di wilayah Khatulistiwa memiliki potensi energi surya rata-rata sebesar 4,5 kWh/m² per hari [4]. Menjadikannya sangat potensial untuk pemanfaatan teknologi tenaga surya, seperti panel surya.

Salah satu bentuk pemanfaatan energi surya yang dapat diterapkan secara langsung adalah pada sistem penerangan taman. Lampu taman yang menggunakan suplai energi dari panel surya merupakan solusi efisiensi untuk menghemat energi dan mendukung konsep Pembangunan berkelanjutan. Adapun literatur yang di gunakan penulis sebagai acuan diantaranya adalah buku Jurnal Tugas Akhir “Rancang Bangun Sistem Penerangan Dan Penyiraman Taman Otomatis dengan Suplai Tenaga Surya untuk Efisiensi Energi” yang ditulis oleh Rizky Zatwhara Putra, Universitas Bhayakara Surabaya 2020.

Alasan penulis memilih “Rancang Bangun Lampu Taman dengan Suplai Tenaga Surya (PLTS) Menggunakan Sistem *off-grid*, di lakukan di Workshop 7 Politeknik Negeri Batam dikarenakan kurangnya pencahayaan di area tersebut pada malam hari. Untuk membuat PLTS ini memiliki sistem dengan komponen pendukung seperti; panel surya, baterai, MPPT dan inverter. pembangkit listrik tersebut untuk mencukupi kebutuhan sumber energi

listrik pada lampu taman setiap harinya, dan merupakan sumber energi di masa depan yang ramah lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

Setelah memahami latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan:

1. Bagaimana membuat lampu taman dengan suplai tenaga surya?
2. Bagaimana efisiensi PLTS menggunakan sistem *off-grid*?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah di atas adalah:

1. Untuk menjelaskan proses Pembuatan Lampu Taman dengan suplai tenaga surya menggunakan sistem *off-grid*.
2. Dapat mengkalkulasi efisiensi yang di hasilkan PLTS menggunakan sistem *off-grid*.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan bisa menerangi gedung W7 pada malam hari.
2. Diharapkan hasil penelitian ini bisa menjadi referensi tambahan dalam pembuatan maupun pengembangan alat yang menggunakan energi surya.

1.5. Batasan

Agar Penelitian menjadi terarah dan memberikan kejelasan analisis permasalahan, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut; perancangan di lakukan di *Workshop 7*, menggunakan panel *monocrystalline* 100 Wp , beban 4 x 5 watt , baterai aki 5 Ah, pengukuran yang di ambil tegangan (V), arus (A), daya (Watt), intensitas radiasi matahari (Ir).

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pembangkit Listrik

Pembangkit listrik merupakan salah satu infrastruktur yang di butuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat. Semakin bertambahnya tahun maka maka meningkat pula populasi manusia di Indonesia karena itu permintaan kebutuhan energi listrik juga semakin meningkat.

Pembangkit listrik adalah suatu sistem dimana penggerak utamanya terdiri dari turbin dan generator yang bekerja untuk memproduksi energi listrik. Energi listrik yang di hasilkan akan disalurkan ke masyarakat melalui jaringan transmisi dan distribusi. Ada berbagai macam pembangkit listrik antara lain adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU), Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dan lainnya.

2.2 Panel Surya



Gambar 1. Panel Surya

(<https://id.pinterest.com/pin/1091700765908477085/>)

Panel surya adalah salah satu teknologi energi terbarukan yang mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik [5]. Teknologi ini semakin populer karena sifatnya yang ramah lingkungan hemat biaya dalam jangka panjang, dan berpotensi mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Panel surya dikenal sebagai modul *photovoltaic*, perangkat yang terdiri dari kumpulan sel surya (*solar cells*) [6]. Teknologi ini memanfaatkan bahan semikonduktor seperti silikon yang mampu menyerap sinar matahari

dan menghasilkan arus listrik. Secara umum, sel surya memiliki ketebalan minimum 0.3mm dan terbuat dari irisan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Sambungan antara dua lapis sel surya terbuat dari bahan semikonduktor yang dikenal sebagai tipe "p" (positif) dan semikonduktor "N" (negatif) maka electron-elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi Listrik [7]. Kinerja dari sel photovoltaik ini tergantung dari sinar radiasi matahari. Oleh karena itu ada beberapa lapisan yang terpasang di modul panel surya, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Lapisan Panel Surya

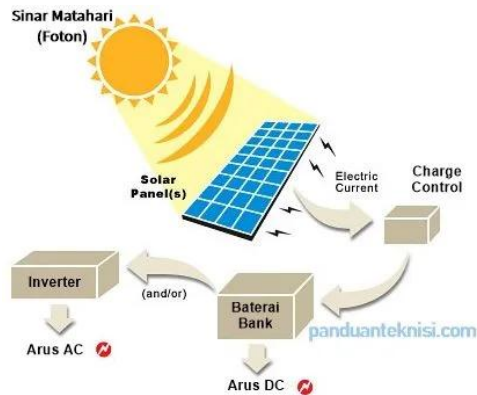
(<https://images.app.goo.gl/YVhsAhNohLRA7M117>)

Keterangan pada gambar 2:

- Bingkai terbuat dari *aluminium anodized* untuk menghindari korosi.
- Kaca pelindung berfungsi untuk melindungi sel *photovoltaic* dari lingkungan sekitar dan sebagai kekokohan sel photovoltaik itu sendiri.
- Enkapsulasi adalah lapisan antara sel *photovoltaic* dan kaca pelindung dan mencegah kerusakan mekanisme pada sel *photovoltaic* dan mengisolasi tegangan dari sel *photovoltaic* dengan bagian modul lainnya.
- Sel *photovoltaic* merupakan komponen utama dari modul photovoltaic. Biasanya sel ini terbuat dari sel semikonduktor yang mampu menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel-sel saling terhubung secara seri untuk mendapatkan tegangan dan arus yang dikehendaki. Bahan yang digunakan untuk sel *photovoltaic* umumnya adalah silikon, seperti *polycrystalline* dan *monocrystalline*.

- Lembaran insulasi (*backsheet*) terbuat dari bahan plastik untuk melindungi dan secara elektrik mengisolasi sel-sel dari kelembaban dan cuaca.
- Kotak penghubung (*junction box*) digunakan sebagai terminal penghubung antara rangkaian sel photovoltaik ke beban atau ke panel lainnya. Biasanya berisi kawat *busbar* dari rangkaian panel surya, kabel dan *bypass diode*.

2.3 Prinsip Kerja Panel Sel Surya



Gambar 3. Prinsip Kerja Panel Surya

(<https://images.app.goo.gl/dnGyoJ3eno5v1Bd5A>)

Istilah "*photovoltaic*" berasal dari bahasa Yunani (*phos*) yang berarti "Cahaya", dan dari (*volt*) yang berarti "unit kekuatan-motif elektro", (*volta*) berasal dari nama terakhir fisikawan Italia Alessandro Volta [8]. *Foton* adalah partikel sinar matahari yang sangat kecil. Prinsip kerja Sel surya ini dimulai dari partikel yang di sebut "*Foton*" menghantam atom semikonduktor sel surya sehingga dapat menimbulkan energi yang besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya, elektron yang terpisah dan bermuatan negatif tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semi konduktor, sehingga atom yang kehilangan elektron tersebut dinamakan "*hole*" dengan muatan positif.

Elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif dan *hole* akan bergerak menjauhi daerah positif. Ketika di berikan beban maka akan menimbulkan arus listrik. Pada gambar 3 dapat kita lihat bahwa panel surya menangkap sinar matahari (*foton*) setelah itu di konversikan menjadi arus dan tegangan

menuju SCC, kemudian dari SCC menuju ke baterai setelah itu dari baterai ke inverter.

Persamaan rumus yang di gunakan pada panel surya dijabarkan pada persamaan 1,2,3,4, dan 5:

- Daya input panel surya

$$P_{in} = I_r \times A \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- P_{in} = daya input panel surya, (Watt)
- I_r = intensitas radiasi matahari, (Watt/m²)
- A = luas panel surya, (m²)

- Daya output panel surya

$$P_{out} = V \times I \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- P_{out} = daya output panel surya, (Watt)
- I_r = tegangan, (Volt)
- A = Arus, (Ampere)

- Efisiensi panel surya

$$\eta_{\text{panel surya}} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

- P_{out} = daya masukan Panel Surya, (Watt)
- P_{in} = daya keluaran panel surya, (Watt)

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum merancang panel surya sebagai berikut:

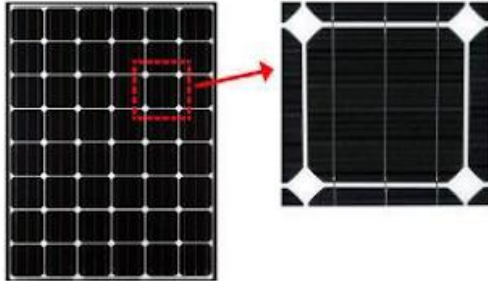
- a) Mencari total beban listrik harian:
 Energi beban = Daya x Lama Pemakaian (4)
- b) Menentukan Jumlah panel surya yang dibutuhkan:
 Kapasitas $\frac{\text{total beban pemakaian harian}}{\text{Waktu optimal} \times \text{Kapasitas Panel Surya}} \dots\dots\dots (5)$

2.4 Jenis - Jenis Panel Surya

Panel surya merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik melalui fotoelektrik dimana teori kuantum yang menyatakan bahwa cahaya teradiasi dalam bentuk paket-paket energi secara terpisah dan diserap oleh elektron secara individual (Alber Einstein yang dinyatakan dalam jurnal kuantum yang berjudul “*On a heauristic viewpoint concerning the emission and transformation of light*”, maret 1905)[8]. Energi yang di hasilkan adalah arus searah (DC). Sekitar 94% dari pasar PV didominasi oleh panel *polycrystalline* dan *monocrystalline*, 5% – 6% diwakili oleh panel *thin film*. Sel silicon kristal

memiliki harga yang lebih mahal sementara sel *thin film* lebih murah namun memiliki tingkat efisiensi yang lebih rendah [9]. Panel surya memiliki bentuk, jenis dan kemampuan yang berbeda, berikut beberapa jenis panel surya:

➤ *Monocrystalline*



Gambar 4. Monocrystalline

(<https://sl.bing.net/eBhqISKFcFU>)

Jenis modul surya *monocrystalline* memiliki efisiensi yang cukup tinggi dengan besaran efisiensi sebesar 17 - 25 % dan menghasilkan daya listrik yang paling tinggi. Modul ini dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim. Dan modul ini mempunyai rata-rata umur panel 20 tahun lebih. Kelemahan dari panel ini adalah tidak akan berfungsi dengan baik di tempat yang cahaya matahari kurang (teduh). Contoh gambar dari panel *monocrystalline* dapat dilihat pada Gambar 4 di atas.

➤ *Polycrystalline*



Gambar 5. Polycrystalline

(<https://images.app.goo.gl/5CGmd7jRNENr1jNr7>)

Polycrystalline diciptakan karena harga untuk jenis ini cenderung lebih murah dibandingkan dengan jenis *monocrystalline*. Proses pembuatan memakai *Czochralski* dengan ketebalan yang lebih tipis dengan *monocrystalline*. Oleh karena itu modul ini hanya memiliki efisiensi sekitar 12 - 14 %. *Polycrystalline* dapat menghasilkan listrik walaupun keadaan cahaya matahari yang kurang atau mendung. Gambar dari panel *polycrystalline* dapat dilihat pada Gambar 5 di atas.

➤ *Thin Film Photovoltaic*



Gambar 6. *Thin Film Photovoltaic*

(<https://images.app.goo.gl/mqPi4CMcVtNHFmLQ7>)

Sel surya *thin film* dan *Amorphous Silicon* atau a-Si adalah sel surya generasi kedua, dengan efisiensi modul hingga 8,5% sehingga untuk luas permukaan yang di perlukan per Watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada *monocrystalline* & *polycrystalline*. Inovasi terbaru adalah *thin Film triple junction photovoltaic* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lainnya. Contoh gambar dari panel *thin film photovoltaic* dapat dilihat pada Gambar 6 di atas.

2.5 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Umumnya ada 3 desain pembangkit listrik tenaga surya yaitu PLTS *off-grid*, PLTS *on-grid* dan PLTS *hybrid*.

2.5.1 Sistem PLTS *Off-Grid*

PLTS *off-grid* adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan sistem yang mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi dan menyimpan kelebihan energi tersebut kedalam baterai dengan

cadangan minimal 3 hari sebagai bentuk antisipasi cuaca yang kurang mendukung dengan intensitas cahaya matahari rendah. Blok diagram penerapan sistem PLTS off-grid bisa di lihat pada Gambar 7 dibawah ini.

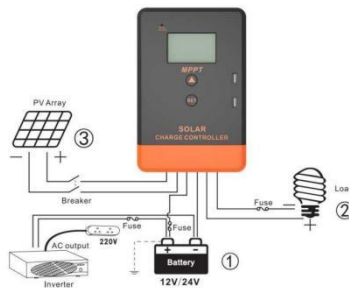


Gambar 7. Sistem PLTS Off-Grid

(<https://images.app.goo.gl/NvkbvuoehHKUeMRD7>)

2.6 Solar Charge Controller

Solar charger controller merupakan perangkat elektronik yang di tempatkan di antara susunan modul surya dan baterai. memiliki fungsi untuk memastikan baterai agar tidak terjadi kelebihan pelepasan muatan (*over discharge*) atau kelebihan pengisian muatan (*over charge*) yang dapat menjadikan baterai tidak lama bertahan. *Charger controller* mampu menjaga tegangan atau arus keluar masuk baterai aki sesuai kondisi baterai. Salah satu contoh SCC (*Solar Charge Controller*) di tunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Solar charge controller Jenis Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Keterangan:

1. MPPT *charging* baterai
2. MPPT ke load
3. MPPT ke panel surya

Tegangan dan arus yang masuk ke SCC harus lebih tinggi dari tegangan dan arus larik panel surya. Batas aman (*safety margin*) 1,25 untuk arus tegangan maksimum masukkan yang harus di pertimbangkan. Cara untuk menentukan tegangan dan arus pada spesifikasi SCC dengan menggunakan persamaan 6.

$$\text{Capacity of charger controler} = \frac{\text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor}}{\text{System Voltage}} \dots\dots\dots(6)$$

Dengan:

Demand Watt = Permintaan daya / daya output (W)

Safety Factor = Faktor keamanan

System Voltage = Tegangan pada sistem (V)

2.7 Baterai

Baterai di gunakan dalam sistem PLTS sebagai *back up* energi cadangan dimana jika panel surya mendapatkan sedikit energi dari matahari (berawan/mendung) maka baterailah yang akan menyuplai *inverter* sebagai pengganti energi panel surya. Penggunaan baterai biasanya hanya di gunakan dalam sistem PLTS *off-grid dan PLTS* hybrid.

Ada beberapa jenis-jenis baterai yang perlu di pertimbangkan sebelum kita memilih baterai yang efisien, berikut ini beberapa jenis baterai berdasarkan bahan elektrolit yang digunakan.

1. Baterai *lead acid* (asam timbal)

Baterai asam timbal adalah jenis baterai yang paling banyak di gunakan pada sistem PLTS karena harganya yang lebih murah dibandingkan dengan lainnya. Jenis baterai ini terdiri dari dua jenis: baterai asam timbal yang di keringkan dan baterai asam timbal yang basah. Meskipun harganya tergolong murah dan mudah untuk ditemukan tetapi baterai ini memiliki kelemahan yang perlu di perhatikan yaitu masa pakai/kegunaan dari baterai ini relatif pendek dan kapasitas penyimpan yang terbatas. Salah satu contoh baterai timbal di tunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Gambar baterai timbal

(<https://images.app.goo.gl/TmsEev7x4LNfqYca9>)

2. Baterai *Lithium Ion*

Salah satu baterai yang dapat di isi ulang dengan mudah. Baterai ini memiliki tegangan sebesar 3,6volt dan untuk proses *charging*-nya membutuhkan tegangan sebesar 4,2 volt. Dalam baterai lithium ion bergerak elektroda negative ke elektroda positif dalam proses pelepasannya. Baterai ini semakin populer digunakan pada PLTS karena memiliki kapasitas penyimpanan energi yang lebih tinggi dan masa pakai yang lebih lama di dibandingkan dengan baterai lainnya. Baterai ini juga memiliki harga yang lebih mahal dan memerlukan perlakuan khusus dalam pengoperasiannya.



Gambar 10. Gambar Baterai *Lithium Ion*

(<https://images.app.goo.gl/K9zQEW9YVvC4AjDp7>)

2.8 Miniature Circuit Breaker (MCB)

MCB adalah komponen dalam instalasi listrik rumah yang mempunyai peran sangat penting. Komponen ini berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik bila terjadi beban berlebih dan hubung singkat arus listrik (*Short circuit*). Kegagalan fungsi dari MCB ini berpotensi menimbulkan masalah seperti kebakaran. Contoh gambar dari MCB dapat dilihat pada Gambar 11.



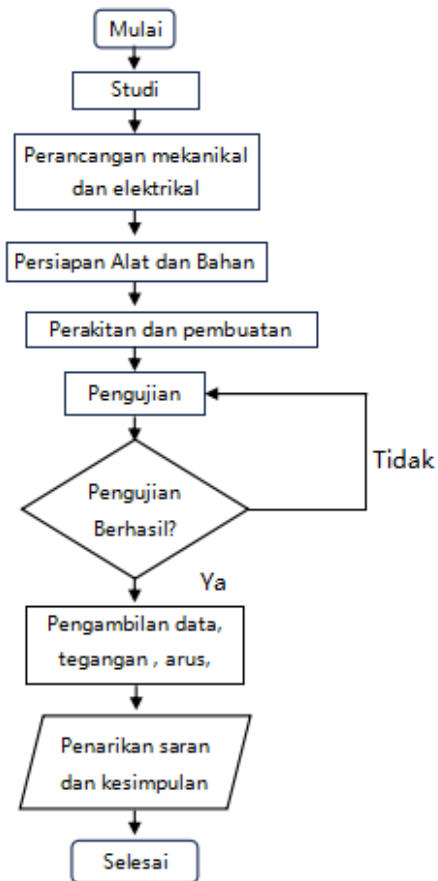
Gambar 11. Contoh dari *Miniature Circuit Breaker*.

(<https://images.app.goo.gl/HU3FETn7w2PGfMJS7>)

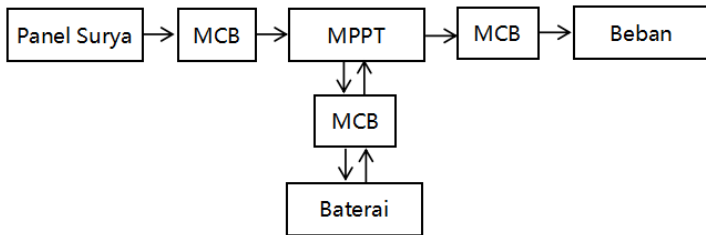
Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1 Flowchart Perencanaan

Tahapan Rancang Bangun Lampu Taman dengan suplai tenaga surya menggunakan sistem *off-grid* dapat di gambarkan dalam bentuk *flowchart* berikut ini:



Gambar 12. Diagram alir Kegiatan



Gambar 13. Blok Diagram

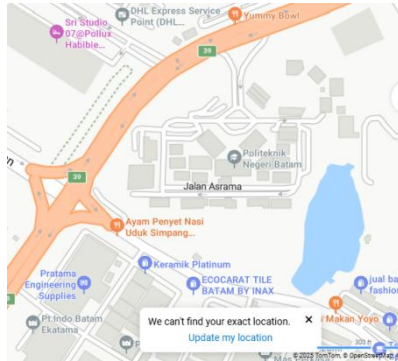
Dari gambar 13. dapat kita lihat bahwa prinsip kerja dari PLTS *off-grid* adalah PV Panel surya menangkap radiasi sinar matahari kemudian di konversikan menjadi tegangan dan arus, setelah itu *output* dari PV pergi ke MCB lalu Ke MPPT, ada 2 *output* dari MPPT, yang pertama output MMPT ke MCB lalu Ke baterai, untuk *output* kedua MMPT ke MCB lalu ke beban.

3.1.1 Studi literatur

Tahap awal dari penelitian ini dilakukan studi literatur dengan mencari dan mempelajari referensi jurnal ilmiah dari internet yang membahas tentang PLTS *off-grid*. memahami fungsi dan mengetahui karakteristik dari komponen yang di gunakan pada Sistem PLTS *off-grid*, prinsip kerja serta teori yang menunjang lainnya. Diharapkan dengan literatur yang didapat bisa memberikan arahan dan mengurangi kesalahan dalam penelitian.

3.2 Perancangan

Dalam tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari rancang bangun lampu taman dengan suplai tenaga surya yang akan berjalan. Perancangan dilakukan di Kampus Politeknik Negeri Batam yang berlokasi di Jl. Ahmad Yani, Tlk. Tering, Kec.Batam Kota, Batam, Kepulauan Riau. Gambar menunjukkan Lokasi Kampus Politeknik Negeri Batam dapat dilihat melalui aplikasi Maps pada Gambar 14.



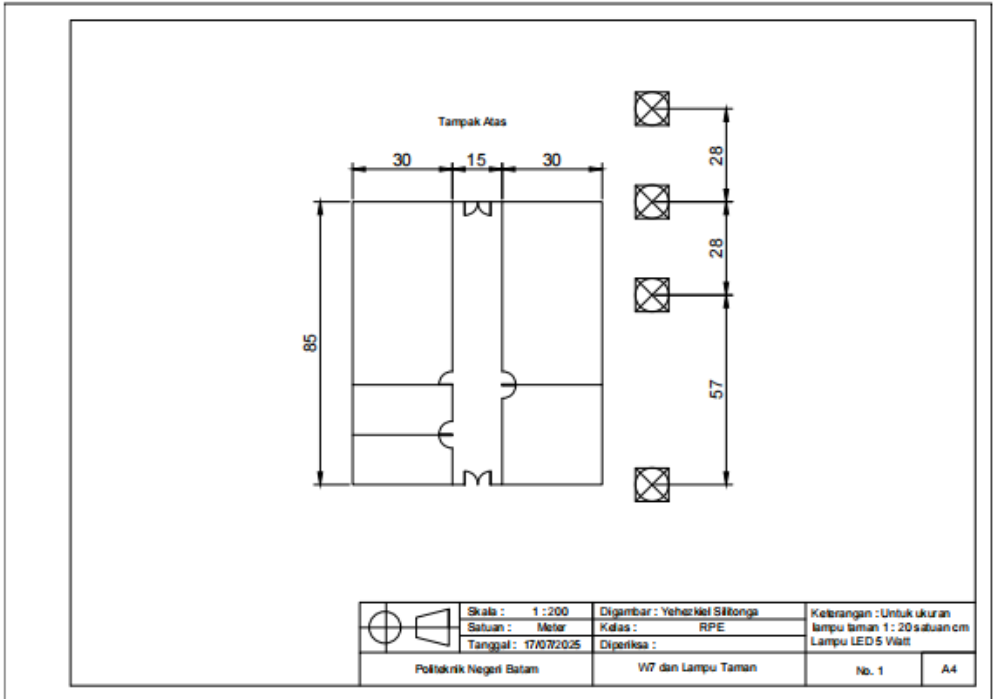
Gambar 14. Lokasi Kampus Politeknik Negeri Batam

(Politeknik Negeri Batam - Google Maps)

Perancangan Lampu taman dengan suplai Tenaga surya akan di lakukan di Gedung *Workshop 7* Laboratorium Listrik dan Mesin Politeknik Negeri Batam. Sebelum kita melakukan rancang bangun lampu taman kita perlu membuat perancangan mekanikal dan perancangan elektrikal.

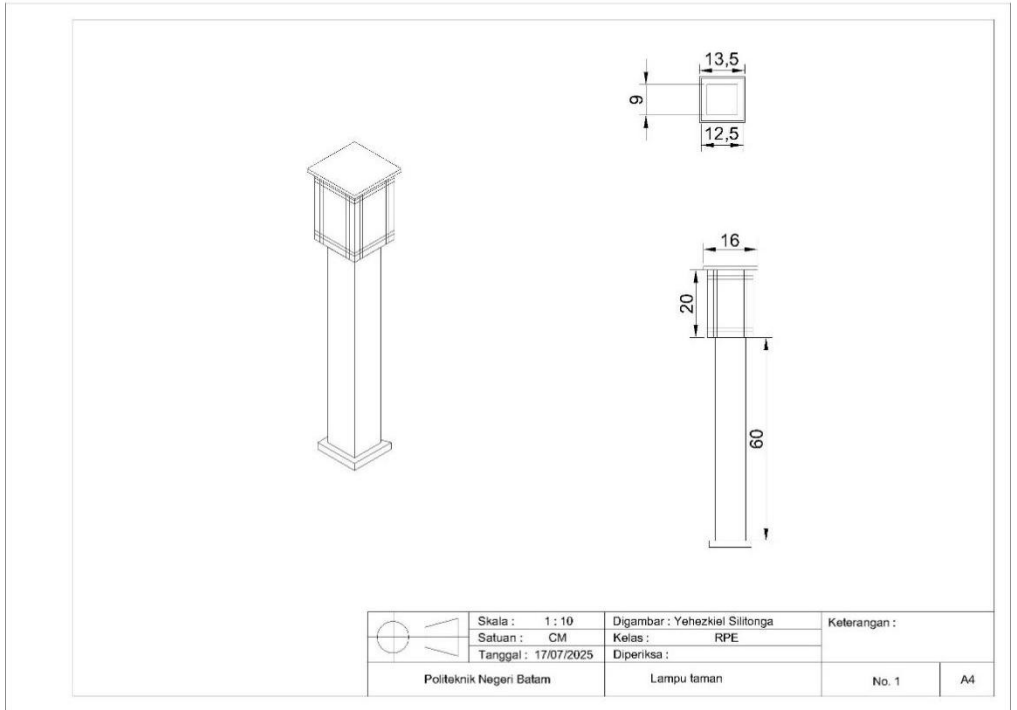
3.2.1 Perancangan Lampu taman

Pada Gambar 15. Kita dapat melihat layout dari *Workshop 7* dan tempat letak dari lampu taman yang akan kita rancang.



Gambar 15. Layout Gedung W7 dan posisi Lampu Taman.

Pada Gambar 15 dapat kita lihat bahwa titik pemasangan lampu taman berada di sebelah kanan bangunan W7. Dari tiang lampu 1 sampai lampu ke-2 berjarak 11,4 m dari tiang lampu ke 2 sampai lampu ke 3 dan lampu ke 4 berjarak 5,6 m.

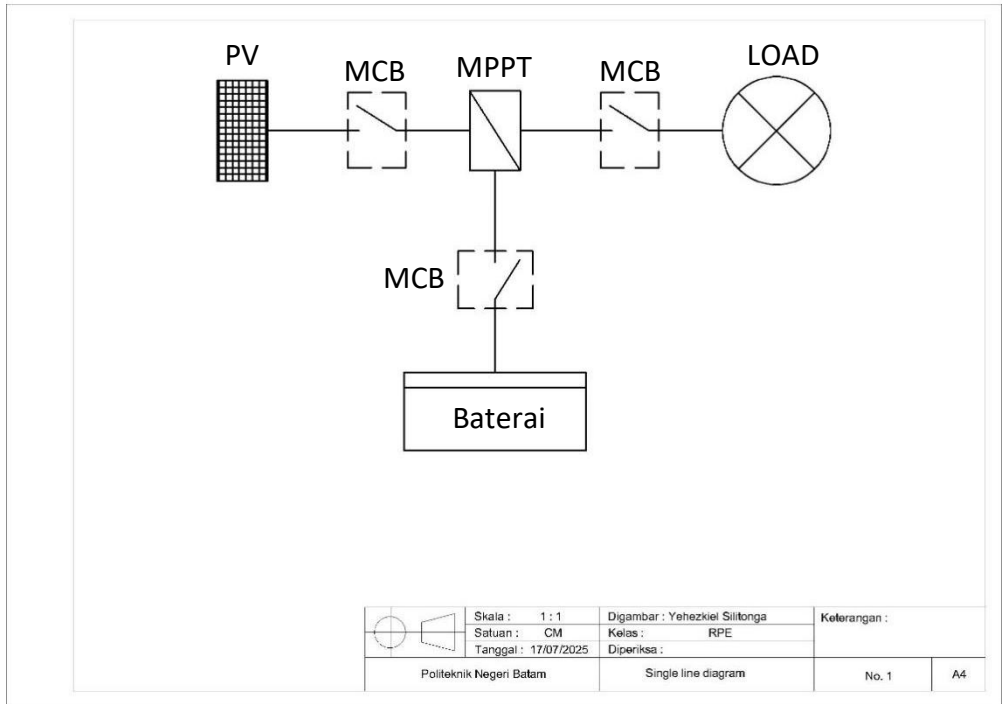


Gambar 16. Layout Ukuran tiang lampu taman.

Pada gambar 16. kita bisa melihat ukuran dari tiang lampu taman dengan tinggi tiang 85 cm dan lebar tiang 9 cm.

3.2.2 Perancangan Elektrikal

Langkah pertama dalam perencanaan adalah desain dari rencana tersebut. Perencanaan akan dilakukan di Workshop 7 Politeknik Negeri Batam pada Gambar 14.



Gambar 17. Single line diagram PLTS yang akan digunakan untuk lampu taman

Adapun rangkaian sistem yang akan di buat dapat dilihat pada *Single line diagram* (SLD) Gambar 17. Dan berikut spesifikasi dari komponen di atas dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1. Komponen SLD

<i>Part List</i>		
No	Nama	Item
1	Panel surya <i>monocrystalline</i>	1
2	MCB DC 16 A	3
3	MPPT 20 A	1
4	Baterai Aki 12 V 5 Ah	1
5	Lampu DC 12 V 5 Watt	4

3.3 Komponen Utama dan Spesifikasi


Pada perancangan kali ini ada beberapa alat dan bahan dalam merancang PLTS sederhana sebagai berikut:

3.3.1 Panel Surya *Monocrystalline*

Dalam penelitian ini, menggunakan panel surya dengan jenis monocrystalline dengan daya maksimal 100 Wp. Jenis panel ini mengeluarkan energi yang lebih baik karena efisiensinya yang besar. Panel surya yang telah terpasang pada jaringan PLTS. Dengan spesifikasi dari panel yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi Panel Surya Tipe GP-100M-36

Sel panel	<i>Monocrystalline</i>
Dimensi	770 x 670 x25 (mm)
Power	100 Wp
<i>Open Circuit Voltage</i>	24,8 V
<i>Optimum operating Voltage</i>	20,8 V
<i>Short Circuit Current</i>	5,06 A
<i>Maximum Power Circuit`</i>	4,81 A
<i>Maximum System Voltage</i>	1000 V

Technical Data	
MODULE TYPE: GP-100M-36	
Peak Power(Pmax)	(W): 100
Production Tolerance	(%) : 13
Maximum Power Current(Imp)	(A): 4.81
Maximum Power Voltage(Vmp)	(V): 20.8
Short Circuit Current(Isc)	(A): 5.09
Open Circuit Voltage(Voc)	(V): 24.8
Weight	(kg): 5.5
Dimensions	(mm): 770*670*25
Maximum System Voltage	(VDC): 1000
Wind Resistance	(Pa): 2400
All technical data at standard test condition Irr=1.5 (1000W/m ²) Tc=25°C 25 Years Limited Output Guarantee	
	
WARNING ELECTRICAL HAZARD THIS UNIT PRODUCES DC ELECTRICITY WHEN EXPOSED TO LIGHT COVER GLASS BEFORE REMOVING TERMINAL FUNCTION BOX LID.	

Gambar 18. Spesifikasi Panel Surya

3.3.2 Solar Charge Controller

Dalam penelitian ini, disini kami menggunakan SCC jenis MPPT dimana MPPT adalah teknologi yang digunakan dalam sistem *charging* baterai untuk mengekstrak daya maksimum dari panel surya. Gambar 19 adalah bentuk dari MPPT yang akan di gunakan.



Gambar 19. MPPT yang akan di gunakan.

(<https://images.app.goo.gl/Mxr4AHvEffqagPNt7>)

Dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3. PowMr 20A MPPT Solar controller

Dimensi	123 x 178 x 48 (mm)
---------	---------------------

<i>Voltage Rating</i>	12/24 V otomatis
<i>Current Rating</i>	20 A
<i>Input Power</i>	PV 12V : 300 Watt 24V : 600 Watt

3.4 Komponen Utama dan Spesifikasi

3.4.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan rancang lampu taman ini dapat dilihat pada tabel 4:

Tabel 4. Alat yang di perlukan







1. Multimeter		3. Cangkul dan sekop	
2. Tang potong		4. Sendok semen	
3. Obeng + dan -		5. Ember dan Martil	

3.4.2 Bahan

Bahan-bahan yang di gunakan pada proses pembuatan rancang lampu taman dapat dilihat pada tabel 5:

Tabel 5. Bahan Yang di perlukan

1. Kabel serabut		2. MCB DC	
3. Panel Surya		4. MPPT	
5. Tiang lampu Taman		6. Batu Bata	
7. Baterai (Aki)		8. Semen	

9. Lampu LED 12 Volt		10. Baut dan Piecer	
11. Meteran		12. Pipa listrik	
13. Panel Box		14. Solar Power Meter	

3.5 Tahap Pembuatan dan Perakitan

3.5.1 Membuat Pondasi Lampu Taman

Prosedur pembuatan dan perakitan lampu taman yaitu sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. Pondasi lampu taman
3. Membuat pondasi lampu taman dengan menggunakan batu bata yang di susun seperti pada Gambar 20.



Gambar 20. Pondasi tiang lampu taman.

4. Setelah ini peneliti menutup batu dengan campuran pasir dan semen seperti pada Gambar 21.



Gambar 21. Menutup batu bata dengan campuran semen.

5. Peneliti membuat pondasi tiang lampu sebanyak 4 buah dengan jarak 3 meter.
6. Lalu peneliti menggali lubang untuk pipa dari tiang ke tiang.
7. Kemudian masukkan kabel ke dalam pipa dan hubungkan kabel secara paralel.
8. Setelah plesteran sudah kering lalu pasang lampu tiang menggunakan 4 baut yang di skrup setiap sisi lampu tiang, seperti pada gambar 22.

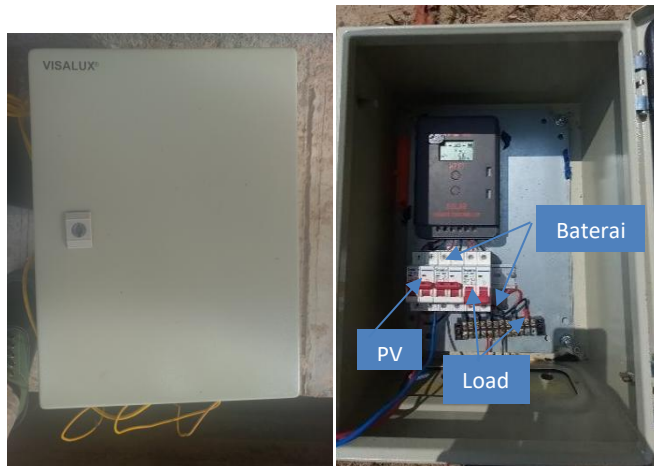


Gambar 22. Membaut skrup tiang lampu dan pondasi

3.5.2 Panel Box

Proses pembuatan panel *box* yaitu:

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. Menentukan ukuran panel *box* sesuai dengan jumlah dan ukuran komponen yang akan di rangkai
3. Memasang komponen pada panel *box* yang terdiri dari MCB, SCC dan terminal
4. Setelah komponen-komponen di pasang kemudian dirangkai agar dapat berfungsi, seperti pada Gambar 23.



Gambar 23. Panel *Box* tampak luar (kiri) dan dalam (kanan).

3.5.3 Prosedur Pengujian

1. Memasang dan merangkai panel surya, panel box dan beban untuk pengujian
2. Pertama kita perlu menaikkan MCB dari baterai ke SCC setelah itu menaikkan MCB dari panel ke MPPT kemudian Menaikkan MCB dari beban (lampu) ke MPPT.
3. Mencatat hasil pengukuran kedalam tabel pengamatan.
Adapun parameter yang akan diukur adalah:
 - Intensitas radiasi matahari, I_r (Watt/m^2)
 - Tegangan keluaran panel surya, V (Volt)
 - Arus keluaran panel surya (Ampere)

- Tegangan Beban Dc, V (Volt)
 - Arus beban DC, I (Ampere)
4. Menganalisis hasil pengamatan
 5. Membuat kesimpulan tentang pengujian yang telah dilakukan
 6. Pengujian selesai.

3.6 Teknik Analisis Data

Adapun teknis analisis data di peroleh dari persamaan-persamaan yang akan digunakan sebagai berikut:

- Daya input panel surya menggunakan rumus pada persamaan 1.

$$P_{in} = I_r \times A$$

Dimana:

P_{in} = Daya input panel surya (Watt)

I_r = Intensitas radiasi matahari (Watt/m²)

A = Luas panel surya, (m²)

- Daya output panel surya menggunakan rumus pada persamaan 2

$$P_{out} = V \times I$$

Dimana:

V = Tegangan, (Volt)

I = Arus, (Ampere)

- Efisiensi Panel Surya menggunakan rumus pada persamaan 3

$$= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

η Panel surya = Efisiensi panel surya, (%)

P_{out} = Daya keluaran panel surya, (Watt)

P_{in} = Daya masukan panel surya, (Watt)

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Kegiatan

4.1.1 Tempat PLTS

Pada Gambar 24 panel surya secara *portable* yang diletakkan diatas meja yang di gunakan sebagai tempat panel surya untuk mendapatkan data. Pada Gambar 28 lampu taman dengan suplai tenaga surya menggunakan sistem *off-grid* lampu menyala.



Gambar 24. Panel Surya *Portable*.



Gambar 25. Pengukuran arus panel surya pada MPPT.



Gambar 26. Pengukuran tegangan panel surya menggunakan *multimeter*



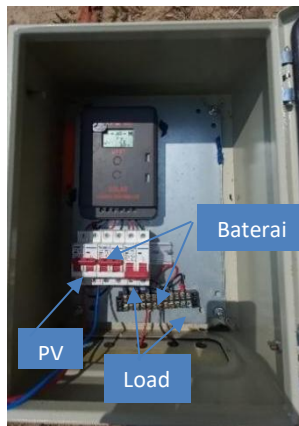
Gambar 27. Pengukuran tegangan pada baterai menggunakan *multimeter*.



Gambar 28 Pengujian lampu taman

4.1.2 Sistem Kelistrikan

Rancangan sistem kelistrikan dengan menggunakan komponen-komponen kelistrikan yang sudah di tentukan pada gambar 29:



Gambar 29. Panel Box sistem kelistrikan.

Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan data seperti pada tabel 7. Pengambilan data dilakukan pada pukul 10.00 WIB sampai dengan 12.30 WIB. Dengan mengukur tegangan dan arus yang di hasilkan pada panel surya, dan mengukur nilai intensitas radiasi matahari. Nilai maksimum efisiensi yang dihasilkan sebesar 21% dan nilai minimum sebesar 16%.

Berikut data yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan,
Kamis, 03 juli 2025

Tabel 6. Data tanpa beban

Waktu	PLTS			I_r (W/m ²)	A (m ²)	P_{in} (W)	η_{panel} %	Ket
	V (Volt)	Arus (A)	P_{out} (Watt)					
10.00	19,64	1	19,64	178,6	0,51	92,14	21%	Berawan
10.15	17,85	0,9	16,06	160,9	0,51	83,01	19%	Berawan
10.30	18,21	1	18,21	181	0,51	93,38	20%	Berawan
10.45	19,33	5,3	102,44	930,9	0,51	480,25	21%	Cerah
11.00	17,3	0,7	12,11	147,1	0,51	75,89	16%	Berawan
11.15	17,76	0,6	10,66	128,9	0,51	66,50	16%	Berawan
11.30	18,89	1,2	22,67	246,5	0,51	127,17	18%	Berawan
11.45	18,7	1,9	35,53	362	0,51	186,76	19%	Berawan
12.00	18,75	1,1	20,62	218,3	0,51	112,62	18%	Berawan
12.15	18,4	1	18,4	193,1	0,51	99,62	18%	Berawan
12.30	19,97	1	19,97	205,9	0,51	106,22	19%	Berawan

4.2. Hasil Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat dan rangkaian yang sudah penulis rangkai beroperasi dengan baik. Pengujian dilaksanakan mulai dari pagi hari hingga sore hari, di mana panel surya digunakan untuk mengisi daya baterai dan secara langsung menyuplai beban. Selanjutnya, mulai dari sore hingga malam hari, beban disuplai sepenuhnya oleh baterai (aki) dengan tujuan untuk mengamati penurunan tegangan (*drop voltage*) pada baterai selama proses penyalaan beban. Selama proses pengujian, berbagai parameter seperti tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya menuju beban terbaca melalui MPPT. Sedangkan untuk pengukuran tegangan beban dan tegangan panel surya digunakan alat ukur *multimeter*. Pengujian ini secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui daya Listrik yang dihasilkan oleh panel surya serta efisiensi sistem PLTS dalam mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan.

4.2.1 Data Hasil Pengujian alat

Data hasil pengujian tanpa beban

1) Menghitung Daya *Input* (P_{in}) Panel Surya

Untuk mengetahui daya input panel surya kita perlu menghitung menggunakan rumus pada persamaan 1 dengan menggunakan data pada Tabel 6, maka didapatkan nilai daya *input* panel surya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{in} &= I_r \times A \\ &= (178,6 \text{ W/m}^2) \times (0,5159 \text{ m}^2) \\ &= 92,14 \text{ W} \end{aligned}$$

2) Menghitung Daya *Output* (P_{out}) Panel

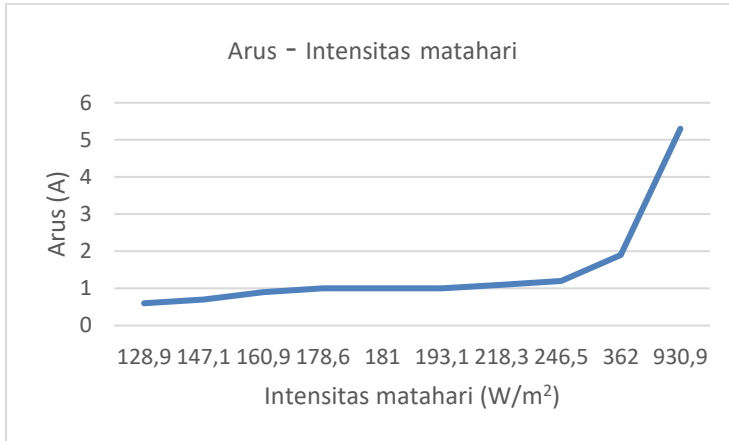
Untuk menghitung daya output panel surya menggunakan rumus pada persamaan 2 dengan menggunakan data pertama pada Tabel 6, maka didapatkan nilai daya *output* panel surya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \\ &= (19,64 \text{ V}) \times (1 \text{ A}) \\ &= 19,64 \text{ W} \end{aligned}$$

3) Menghitung Efisiensi Panel Surya, (%)

Untuk menghitung efisiensi panel surya menggunakan rumus pada persamaan 3 menggunakan data pertama pada tabel 6 maka didapatkan nilai efisiensi panel surya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \eta \text{ Panel surya} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{19,64}{92,14} \times 100\% \\ &= 21\% \end{aligned}$$



Gambar 30. Grafik Hubungan Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Arus Panel

Berdasarkan Gambar 30, terlihat *tren* grafik menunjukkan hubungan antara intensitas radiasi matahari dan arus yang dihasilkan oleh panel surya. Secara umum, semakin tinggi nilai intensitas radiasi matahari yang di terima, maka arus yang di hasilkan oleh panel surya juga akan meningkat. Pengujian ini dilakukan tanpa pembebanan (tanpa beban terpasang), bertujuan untuk mengetahui kemampuan panel dalam *charging* aki secara langsung. Nilai maksimum intensitas matahari tercatat sebesar 930,9 W/m² pada pukul 10.45 WIB, yang menghasilkan arus maksimum sebesar 5,3A. sementara itu, nilai minimum intensitas matahari terjadi pada pukul 11.15 WIB dengan nilai sebesar 128,9 W/m², menghasilkan arus minimum sebesar 0,6A.

Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan data seperti pada tabel 7. Pengambilan data dilakukan pada pukul 10.00 WIB sampai dengan 12.30 WIB. Dengan mengukur tegangan dan arus yang di hasilkan pada panel surya, dan mengukur nilai intensitas radiasi matahari. Nilai maksimum efisiensi yang dihasilkan sebesar 22% dan nilai minimum sebesar 2%.

Berikut data yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah di lakukan,
 Dengan beban
 Jumat, 04 juli 2025

Tabel 7. Data dengan beban

NO	Waktu	PLTS			Baterai (Volt)	I _r (W/m ²)	Luas panel (A)	Pin (W)	η _{panel} (%)	Ket
		V (Volt)	I (A)	P _{out} (Watt)						
1	09.00	19,07	3,7	70,56	12,84	623,6	0,51	321,72	22%	Cerah
2	09.15	17,85	0,6	10,71	12,18	100,8	0,51	52,00	21%	Berawan
3	09.30	18,96	4,3	81,5	13,4	730,3	0,51	376,76	22%	Cerah
4	09.45	20,8	3,6	74,88	12,79	747,3	0,51	385,53	19%	Cerah
5	10.00	20,3	3,7	75,11	13,82	844	0,51	435,42	17%	Cerah
6	10.15	21,88	2,4	52,51	13,78	844,5	0,51	435,68	12%	Cerah
7	10.30	22,02	1,5	33,03	13,84	890,2	0,51	459,25	7%	Cerah
8	10.45	22,17	1	22,17	13,84	976	0,51	503,52	4%	Cerah
9	11.00	18,6	0,7	13,02	13,8	151,6	0,51	78,21	17%	Berawan
10	11.15	22,32	0,6	13,4	13,88	1015,4	0,51	523,84	3%	Cerah
11	11.30	22,34	0,6	13,4	13,89	1058,6	0,51	546,13	2%	Cerah

Data hasil pengujian PLTS Berbeban

1) Menghitung Daya *Input* (P_{in}) Panel Surya

Untuk menghitung daya input panel surya menggunakan rumus pada persamaan 1 dengan menggunakan data pada tabel 7, maka didapatkan hasil dengan nilai daya input panel surya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{in} &= I_r \times A \\ &= (623,6 \text{ W/m}^2) \times (0,5159 \text{ m}^2) \\ &= 321,75 \text{ W} \end{aligned}$$

4) Menghitung Daya Output (P_{out}) Panel

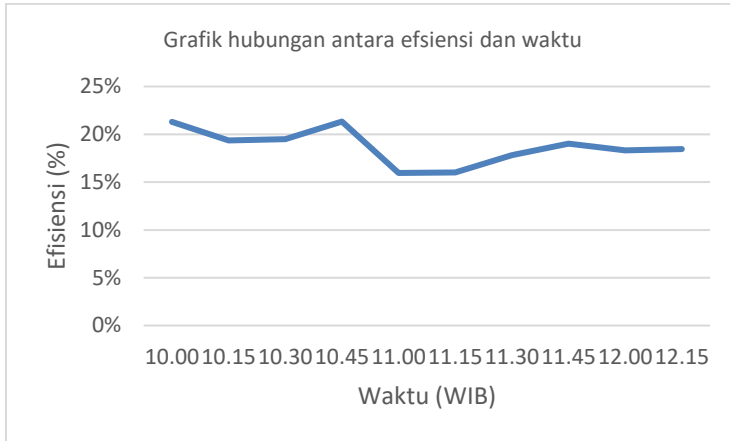
Untuk menghitung daya output panel surya menggunakan rumus pada persamaan 2 dengan menggunakan data pertama pada Tabel 7, maka didapatkan nilai daya output panel surya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \\ &= (19,07 \text{ V}) \times (3,7 \text{ A}) \\ &= 70,56 \text{ W} \end{aligned}$$

5) Menghitung Efisiensi Panel Surya (%)

Untuk menghitung efisiensi panel surya menggunakan rumus pada persamaan 3 menggunakan data pertama pada tabel 7 maka didapatkan nilai efisiensi panel surya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \eta \text{ Panel surya} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{70,56}{321,75} \times 100\% \\ &= 22\% \end{aligned}$$

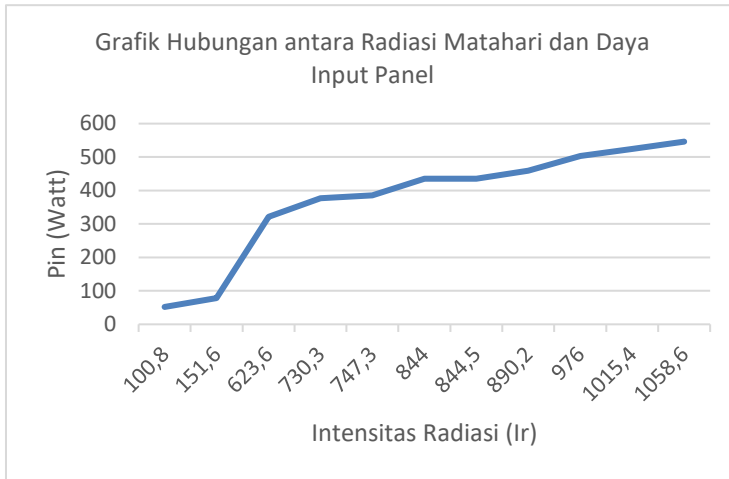


Gambar 31. Grafik Hubungan Antra Efisiensi Panel surya terhadap Waktu.

Berdasarkan pada Gambar 31, grafik menunjukkan bahwa efisiensi panel surya mengalami fluktuasi yang disebabkan oleh kondisi cuaca, seperti; cerah, berawan, atau mendung, serta oleh kualitas panel surya dalam mengonversi intensitas radiasi matahari menjadi tegangan (V) dan arus listrik (A).

Efisiensi maksimum panel surya tercatat pada pukul 10.45 WIB, yaitu sebesar 21%, saat intensitas radiasi matahari berada pada titik tertinggi. Sementara itu, efisiensi minimum terjadi pada pukul 11.15 WIB, yaitu sebesar 16%, yang bertepatan dengan penurunan intensitas radiasi akibat perubahan kondisi cuaca.

Fluktuasi efisiensi ini menunjukkan bahwa kinerja panel surya sangat bergantung pada kondisi lingkungan dan kemampuan panel dalam menangkap serta mengonversikan energi matahari secara optimal.



Gambar 32. Grafik Hubungan Antara Intensitas Radiasi Matahari dan Daya Input Panel.

Berdasarkan Gambar 32, tampak *trend* grafik meningkat. Di mana semakin besar intensitas radiasi matahari, maka semakin besar pula daya *input* yang diterima panel surya. Sebaliknya, apabila intensitas radiasi menurun, maka daya *input* yang dihasilkan juga akan menurun.

Pada kondisi pengujian, nilai intensitas radiasi matahari tertinggi tercatat sebesar 1058,6 W/m^2 yang menghasilkan daya input sebesar 546,13 Watt. Sementara itu, intensitas radiasi terendah tercatat sebesar 100,8 W/m^2 dengan daya input sebesar 52,00 Watt.

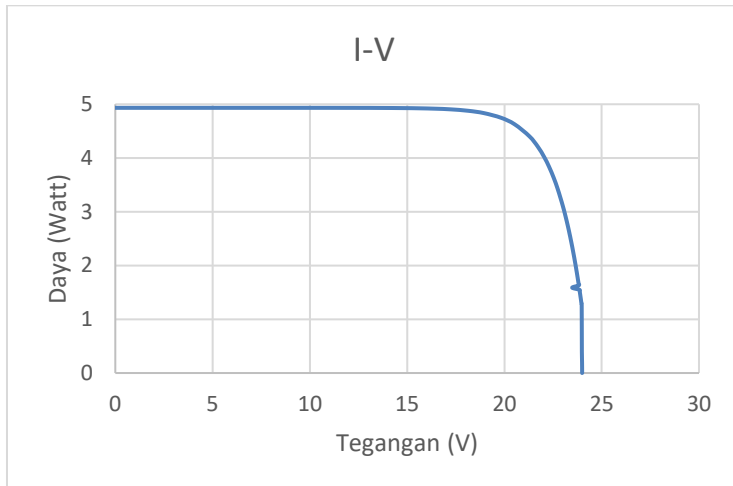
Hasil ini mengonfirmasi bahwa terdapat hubungan linear antara intensitas radiasi matahari dan daya yang dihasilkan panel surya, sehingga cuaca dan waktu pengoperasian menjadi faktor dalam menentukan performa sistem PLTS.

Tabel 8. Penggunaan baterai ke beban

NO	Waktu (WIB)	Volt(V)	Arus (A)	Kapasitas Baterai (%)
1	18.00	12,4	1,6	100

2	18.15	12,2	1,6	89
3	18.30	11,9	1,6	79
4	18.45	11,8	1,7	68
5	19.00	11,6	1,7	57
6	19.15	11,4	1,7	46
7	19.30	11	1,8	35
8	19.45	11	1,9	25

Pada Tabel 8, dapat diamati penggunaan baterai dan kapasitasnya dari pukul 18.00 WIB hingga 19.45 WIB. Selama periode tersebut, MPPT secara otomatis merespon tegangan *input* dari baterai. Jika tegangan baterai berada di atas 11 volt, maka MMPT akan tetap mengalirkan daya ke beban. Namun, apabila tegangan baterai turun di bawah 11 volt, MMPT secara otomatis akan memutuskan suplai daya ke beban sebagai bentuk perlindungan sistem. Dalam kondisi ini, MPPT perlu dilakukan *reset* atau dinyalakan Kembali secara manual agar sistem dapat beroperasi Kembali.



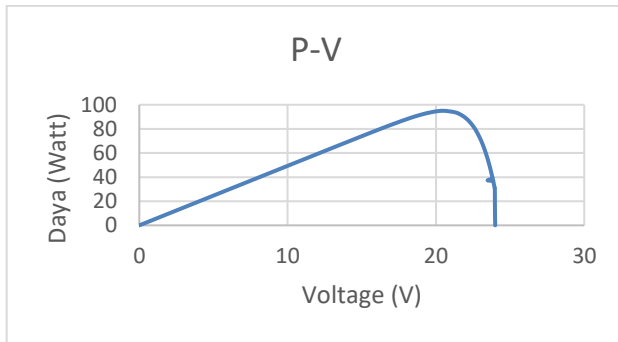
Gambar 33. Kurva I-V

Karakteristik kelistrikan dari perangkat panel surya (PV) dapat dianalisis melalui hubungan antara arus dan tegangan yang di tampilkan pada Gambar 33, yang dikenal sebagai I-V (arus-tegangan). Kurva ini menggambarkan

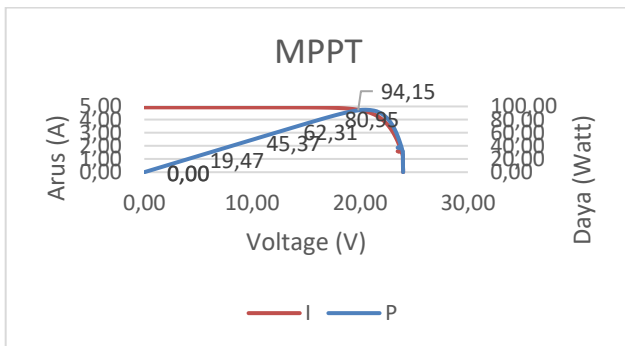
kinerja modul PV dari kondisi arus hubung singkat hingga tegangan pada kondisi rangkaian terbuka. Dari hasil pengukuran yang dilakukan, terdapat beberapa parameter utama yang di peroleh melalui kurva I-V yaitu V_{oc} sebesar 24,8 Volt dan I_{sc} sebesar 5,3 Ampere.

Tegangan V_{oc} merupakan tegangan maksimum yang dapat diperoleh dari panel surya ketika tidak ada beban yang terhubung ke sistem. Sementara itu, I_{sc} adalah arus maksimum yang dihasilkan saat terminal *output* dihubungkan langsung ke alat ukur tanpa adanya beban.

Kurva I-V sangat penting dalam mengevaluasi performa panel surya karena menunjukkan bagaimana panel berperilaku terhadap kondisi beban dan pencahayaan. Kurva ini juga menjadi dasar dalam menentukan titik daya maksimum (MPPT) yang menjadi acuan dalam pengaturan MPPT.



Gambar 34. Kurva P-V



Gambar 35. Kurva karakteristik MPPT

Pada gambar 35 dapat dilihat nilai Mpp sebesar 95Watt dengan Imp 4,63 A dan Vmp 19,83 V.

Keterangan:

- Mpp : *Maximum Power Point*
- Imp : Arus saat daya maksimum
- Vmp : Tegangan saat daya maksimum

$$P_{max} = V_{mp} \times I_{mp}$$

4.3. Biaya Perancangan

Biaya yang di perlukan dalam rancang bangun lampu taman dengan suplai tenaga surya menggunakan PLTS, tabel 9 memperlihatkan bahan dan alat-alat yang digunakan dan harganya

Tabel 9. Biaya pengeluaran rancang bangun lampu taman

No	Alat dan bahan	Harga satuan	Jumlah	Milik
1	Panel surya 100 Wp	Rp. 480.000	1	Kampus
2	Powmr MPPT 20 A	Rp. 351.000	1	Sendiri
3	Baterai gel 5 Ah	Rp. 300.000	1	Sendiri
4	Lampu LED 12 V	Rp. 50.000	4	Sendiri
5	Kabel Listrik NYA 1,5mm 50m	Rp. 175.000	2	Sendiri
6	MCB DC 16 A	Rp. 68.000	6	Kampus
7	Batu merah	Rp. 2.000	24	Sendiri
8	Panel Box 40x60x18	Rp. 260.000	1	Kampus
9	Pipa Listrik	Rp. 8.000	16	Sendiri
10	Tiang Lampu Taman	Rp. 100.000	4	Kampus
Total		Rp. 4.095.000		

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data yang di peroleh dari hasil perancangan PLTS, maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Untuk membuat lampu taman dengan suplai tenaga surya menggunakan sistem *off-grid* maka dilakukan beberapa tahapan seperti menyediakan alat dan bahan yang di butuhkan, kemudian melakukan perancangan mekanikal dan elektrik. Dalam pembuatan rancang bangun ini di gunakan 1 buah panel surya 100 Wp, 1 buah aki gel 5 Ah Dimana dengan beban lampu 4 x 5 watt, berdasarkan hasil pengujian, panel surya mampu mengisi baterai selama kurang lebih 2 jam. Durasi ini dapat bervariasi tergantung pada kondisi cuaca. Baterai mampu menyuplai daya ke seluruh lampu selama kurang lebih 2 jam tanpa mengalami pemadaman. Durasai ini dapat bervariasi tergantung pada kapasitas baterai yang tersedia.
- 2) Nilai maksimum efisiensi panel surya dengan nilai 21%, dan nilai minimum panel surya adalah 16%.

5.2. Saran

Saran yang di dapat dalam rancang bangun lampu taman dengan suplai tenaga surya menggunakan system *off grid*

1. Saat memilih komponen-komponen seperti Panel surya SCC dan baterai sebaiknya kapasitasnya dapat di perbesar agar daya yang di hasilkan bisa lebih besar dan dapat di gunakan untuk menghidupkan lampu taman lebih banyak, dan membuat sitem lampu otomatis.
2. Sebaiknya pada proses penelitian harus ada beberapa jenis panel surya seperti *Monocrystalline*, *Polycrystalline* supaya kita dapat membandingkan berapa efisien dari masing-masing jenis panel baik saat mendung maupun saat cerah.

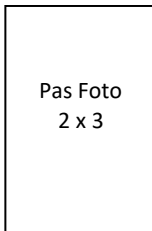
Daftar Pustaka

- [1] L. Lindawati, R. Mandala Putra, A. Amin, M. Silviana, and P. Raisah, "EDUKASI BUDAYA HEMAT LISTRIK BAGI PELAJAR SEKOLAH DASAR," 2022. [Online]. Available: <https://dmi-journals.org/jai/>
- [2] H. Bayu and J. Windarta, "Tinjauan Kebijakan dan Regulasi Pengembangan PLTS di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 123–132, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.10043.
- [3] L. Lubna, S. Sudarti, and Y. Yushardi, "Potensi Energi Surya Fotovoltaik Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Pelita J. Penelit. dan Karya Ilm.*, vol. 21, no. 1, pp. 76–79, 2021, doi: 10.33592/pelita.v21i1.1269.
- [4] Haryanto. T, "Perancangan Energi Terbarukan Solar Panel Untuk Essential Load Dengan Sistem Switch," *J. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, p. 43, 2021, [Online]. Available: [https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Pera ncangan+Energi+Terbarukan+Solar+Panel+Untuk+Essential+Load+ Dengan+Sistem+Switch&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=Pera+ncangan+Energi+Terbarukan+Solar+Panel+Untuk+Essential+Load+Dengan+Sistem+Switch&btnG=)
- [5] Mardianto, A. Akmal, A. Hafid, and Adriani, "Perancangan Solar Cell Untuk Sumber Energi Listrik Mesin Pompa Air," *Tek. Elektro UNISMUH*, vol. 15, pp. 48–56, 2023.
- [6] B. Budiyo and H. Setiawan, "Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Vertikal Dengan Panel Surya Fleksibel Pada Jenis Monocrystalline," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 4, no. 1, p. 77, 2021, doi: 10.24853/resistor.4.1.77-86.
- [7] P. Jawab *et al.*, "Penerbit LP3M UMY Penerbit LP3M UMY," *Tek. 37 (2)*, 2016, 59-63, vol. 11, no. 2, pp. 61–78, 2016, doi: 10.14710/teknik.v37n2.9011.
- [8] B. Rudyanto, R. E. Rachmanita, and A. Budiprasojo, *Dasar-Dasar Pemasangan Panel Surya*. 2023.
- [9] M. A. Rahmanta, A. Syamsuddin, F. Tanbar, and N. Damanik, "Analisis Perkembangan Teknologi Modul Photovoltaic (PV) Untuk Meningkatkan Penetrasi Pusat Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di

Indonesia," *J. Offshore Oil, Prod. Facil. Renew. Energy*, vol. 7, no. 1, pp. 22–33, 2023, doi: 10.30588/jo.v7i1.1509.

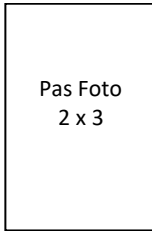
- [10] Wahyu Bagus Rahmatulloh and Aris Heri Andriawan, "Rancang Bangun PLTS Menggunakan Sistem Hybrid Pada Rumah Tangga Untuk Mengurangi Ketergantungan Energi Listrik Dari PLN," *Uranus J. Ilm. Tek. Elektro, Sains dan Inform.*, vol. 2, no. 3, pp. 58–72, 2024, doi: 10.61132/uranus.v2i3.207

Biodata



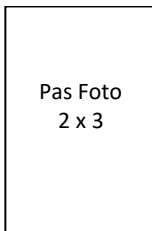
Nama :
TTL :
Agama :
Alamat :

Email :
Riwayat Pendidikan SMA/SMK :
SMP :



Nama :
TTL :
Agama :
Alamat :

Email :
Riwayat Pendidikan SMA/SMK :
SMP :



Nama :
TTL :
Agama :
Alamat :

Email :
Riwayat Pendidikan SMA/SMK :
SMP :

Lampiran

Tabel 1
Tanpa beban
Kamis, 03 juli 2025

NO	Waktu	PLTS			Baterai (Volt)	I _r (W/m ²)	Luas panel (A)	Pin (W)	η _{panel} (%)	Ket
		V (Volt)	I (A)	P _{out} (Watt)						
1	09.00	19,33	3,7	71,521	12,82	574,3	0,5159	296,2814	24%	Cerah
2	09.15	19,4	4	77,6	13	655,2	0,5159	338,0177	23%	Cerah
3	09.30	19,03	4,1	78,023	13,49	727,5	0,5159	375,3173	21%	Cerah
4	09.45	20,62	3,8	78,356	13,82	798,3	0,5159	411,843	19%	Cerah
5	10.00	21,9	2,1	45,99	13,87	741	0,5159	382,2819	12%	Cerah
6	10.15	22,23	1,1	24,453	13,8	845,6	0,5159	436,245	6%	Cerah
7	10.30	22,16	0,8	17,728	13,8	846,7	0,5159	436,8125	4%	Cerah
8	10.45	22,11	0,7	15,477	13,87	966,5	0,5159	498,6174	3%	Cerah
9	11.00	20,31	0,5	10,155	13,82	190,3	0,5159	98,17577	10%	Berawan
10	11.15	20,71	0,4	8,284	13,96	111,3	0,5159	57,41967	14%	Berawan
11	11.30	22,6	0,3	6,78	14,04	428,5	0,5159	221,0632	3%	Berawan

Tabel 2
 Dengan beban
 Jumat, 04 juli 2025











NO	Waktu	PLTS			Baterai (Volt)	I _r (W/m ²)	Luas panel (A)	Pin (W)	η _{panel} (%)	Ket
		V (Volt)	I (A)	P _{out} (Watt)						
1	09.00	19,16	3,8	72,808	12,8	626,6	0,5159	323,2629	23%	Cerah
2	09.15	19,56	3,9	76,284	12,8	660,1	0,5159	340,5456	22%	Cerah
3	09.30	17,63	0,9	15,867	12,85	175,4	0,5159	90,48886	18%	Berawan
4	09.45	18,33	1,7	31,161	13,06	306,1	0,5159	157,917	20%	Berawan
5	10.00	22,29	1,9	42,351	13,23	886,2	0,5159	457,1906	9%	Cerah
6	10.15	17,87	0,8	14,296	13,14	150,2	0,5159	77,48818	18%	Berawan
7	10.30	18,2	0,7	12,74	13,25	137,6	0,5159	70,98784	18%	Berawan
8	10.45	22,48	0,6	13,488	13,28	979,7	0,5159	505,4272	3%	Cerah
9	11.00	16,67	0,3	5,001	13,18	66,6	0,5159	34,35894	15%	Mendung
10	11.15	18,01	0,4	7,204	13,32	96,7	0,5159	49,88753	14%	Mendung
11	11.30	15,2	0,1	1,52	13,1	40,6	0,5159	20,94554	7%	Mendung

Tabel 3
Tanpa Beban
Kamis, 10 juli 2025

NO	Waktu	PLTS			Baterai (Volt)	I _r (W/m ²)	Luas panel (A)	Pin (W)	η _{panel} (%)	Ket
		V (Volt)	I (A)	Pout (Watt)						
1	09.00	19,29	3,3	63,657	12,8	529,1	0,5159	272,9627	23%	Cerah
2	09.15	17,28	1,3	22,464	12,56	234,3	0,5159	120,8754	19%	Berawan
3	09.30	19,12	3,6	68,832	13,1	617,9	0,5159	318,7746	22%	Cerah
4	09.45	21,89	2,4	52,536	13,9	803,6	0,5159	414,5772	13%	Cerah
5	10.00	22,01	1,6	35,216	13,88	838,2	0,5159	432,4274	8%	Cerah
6	10.15	20,74	1,1	22,814	13,72	381,1	0,5159	196,6095	12%	Berawan
7	10.30	22,84	0,7	15,988	13,87	863,3	0,5159	445,3765	4%	Cerah
8	10.45	22,22	0,6	13,332	13,84	760,4	0,5159	392,2904	3%	Cerah
9	11.00	22,75	0,4	9,1	13,99	104,6	0,5159	53,96314	17%	Berawan
10	11.15	22,47	0,4	8,988	13,7	851,6	0,5159	439,3404	2%	Cerah
11	11.30	22,21	0,4	8,884	14	887	0,5159	457,6033	2%	Cerah

**FORMULIR LOGBOOK BIMBINGAN DAN PENGAJUAN
SEMINAR PROPOSAL/SIDANG TUGAS AKHIR***

Nama : Yehezkiel Silitonga
 NIM : 4231901003
 Pembimbing I : Handri Toar S.ST.,M.TR. T
 Pembimbing II* :
 Judul : Rancang Bangun Lampu Taman Dengan Suplai Tenaga Surya
 Menggunakan Sistem Off-Grid

No	Hari/Tgl	Rincian Kegiatan	TTD Pembimbing I & II
1	Senin/30 juni 2025	Memasang tiang lampu taman dan memasang kabel	
2	Selasa/1 juli 2025	Merakit intalasi PLTS dan pengujian	
3	Kamis/3 juli 2025	Pengambilan data pengisian baterai tanpa beban	
4	Senin/7 juli 2025	Pengambilan data pengisian baterai dengan beban	
5	Selasa/8 juli 2025	Bimbingan bab 1 dan bab 3	
6	Rabu/9 juli 2025	Pengambilan data baterai dengan beban	
7	Kamis /10 juli 2025	Bimbingan bab 4 dan bab 5	
8	Senin/14 juli 2025	Bimbingan bab dan bab 5	
9	Selasa/15 Juli 2025	Bimbangan bab 1 sampai bab 5	
10	Rabu/16 juli 2025	Bimbangan bab 1 sampai bab 5	

Berdasarkan hasil bimbingan yang telah dilaksanakan selama 1 bulan dan telah disetujui oleh dosen pembimbing, maka dengan ini saya mengajukan diri sebagai peserta Seminar Proposal /Sidang Tugas Akhir*.

Batam, 18 juli 2025
 Yehezkiel Silitonga

 NIM: 4231901003