

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN MINIATUR PLTS OFF GRID UNTUK PENERANGAN JEMBATAN GANTUNG KAPASITAS 150 WP DI JORONG LUBUK GOBING

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

RESKI ABADI
2107220067



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama

:

Reski

Abadi

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Reski Abadi
NPM : 2107220067
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Miniatur PLTS Off Grid Untuk Penerangan
Jembatan Gantung Kapasitas 150 WP Di Jorong Lubuk
Gobing
Bidang ilmu : Energi Baru Terbarukan (EBT)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 September 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Muhammad Adam, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji

Ir. Abdul Aziz Hutasuhut, MM.

Dosen Pembanding II / Peguji

Dr. Elvy Sahnur Nst., ST., M.Pd.

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,

Dr. Elvy Sahnur Nst., ST., M.Pd.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Reski Abadi
Tempat /Tanggal Lahir: Lubuk Gobing/01 Januari 2002
NPM : 2107220067
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Rancang Bangun Miniatur PLTS Off Grid Untuk Penerangan Jembatan Gantung Kapasitas 150 WP Di Jorong Lubuk Gobing”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 September 2025

Saya yang menyatakan,



Reski Abadi

iii

NPM : 2107220067
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Miniatur PLTS Off Grid Untuk Penerangan Jembatan Gantung Kapasitas 150 WP Di Jorong Lubuk Gobing
Bidang ilmu : Energi Baru Terbarukan (EBT)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 September 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Muhammad Adam, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji

Dosen Pembanding II / Peguji

Ir. Abdul Aziz Hutasuhut, MM.

Dr. Elvy Sahnur Nst., ST., M.Pd.

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,

Dr. Elvy Sahnur Nst., ST., M.Pd.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Reski Abadi
Tempat /Tanggal Lahir: Lubuk Gobing/01 Januari 2002
NPM : 2107220067
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Rancang Bangun Miniatur PLTS Off Grid Untuk Penerangan Jembatan Gantung Kapasitas 150 WP Di Jorong Lubuk Gobing”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 September 2025

Saya yang menyatakan,



Reski Abadi

ABSTRAK

Pemanfaatan energi terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), semakin penting untuk mendukung kebutuhan energi ramah lingkungan sekaligus mengurangi ketergantungan pada pasokan listrik konvensional. Penelitian ini bertujuan merancang bangun miniatur PLTS off-grid dengan kapasitas 150 Wp yang digunakan untuk penerangan jembatan gantung di Jorong Lubuk Gobing, Kabupaten Pasaman Barat. Jembatan tersebut menjadi akses vital bagi masyarakat, namun belum memiliki penerangan sehingga berisiko terhadap keselamatan dan kenyamanan pengguna pada malam hari. Metode penelitian meliputi observasi lapangan, studi literatur, perancangan sistem, perakitan miniatur, hingga uji coba kinerja. Sistem PLTS terdiri dari panel surya, solar charge controller, baterai, sensor

LDR, dan lampu LED sebagai beban. Panel surya berfungsi mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik yang kemudian disimpan pada baterai. Sensor LDR dipasang sebagai pengendali otomatis untuk menyalakan lampu saat malam hari dan mematikannya pada siang hari. Hasil pengukuran intensitas cahaya matahari di lokasi penelitian menunjukkan rata-rata iradiasi harian cukup tinggi untuk mendukung sistem PLTS. Prototipe miniatur yang dibuat berhasil menyalakan enam titik lampu LED secara otomatis dengan pencahayaan yang merata di sepanjang miniatur jembatan. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa PLTS off-grid berkapasitas 150 Wp layak diterapkan sebagai solusi alternatif penerangan jembatan gantung. Implementasi ini diharapkan dapat meningkatkan keselamatan, efisiensi energi, serta menjadi contoh pemanfaatan energi terbarukan di daerah pedesaan.

Kata Kunci: PLTS, Off-Grid, Energi Terbarukan, Penerangan Jembatan, Miniatur

ABSTRACT

The utilization of renewable energy, particularly Solar Power Plants (PLTS), has become increasingly important to support environmentally friendly energy needs and reduce dependence on conventional electricity sources. This research aims to design and develop an off-grid PLTS miniature with a capacity of 150 Wp for lighting a suspension bridge in Jorong Lubuk Gobing, Pasaman Barat Regency. The bridge serves as a vital access point for the local community but lacks proper lighting, posing risks to safety and comfort during nighttime use. The research method includes field observation, literature study, system design, prototype assembly, and performance testing. The PLTS system consists of solar panels, a solar charge controller, batteries, an LDR sensor, and LED lamps as the load. The

solar panels convert sunlight into electrical energy, which is stored in the battery. The LDR sensor functions as an automatic controller to turn the lights on at night and off during the day. The measurement results of solar irradiation at the research site indicate that the average daily irradiation is sufficient to support the PLTS system. The developed prototype successfully powered six LED lighting points automatically with evenly distributed illumination along the miniature bridge. This study demonstrates that a 150 Wp off-grid PLTS system is feasible to be applied as an alternative solution for suspension bridge lighting. Its implementation is expected to improve public safety, enhance energy efficiency, and serve as an example of renewable energy utilization in rural areas.

Keywords: *PLTS, Off-Grid, Renewable Energy, Bridge Lighting, Miniature*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Rancang Bangun miniatur PLTS Off-Grid untuk Penerangan Jembatan Gantung Kapasitas 150 Wp di Jorong Lubuk Gobing" ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, MAP. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Dr. Elvy Sahnur Nst, S.T., M.Pd. selaku ketua prodi teknik elektro universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Muhammad Adam, ST., MT., selaku dosen pembimbing penulis yang selalu memberi arahan kepada penulis.
5. Bapak / ibuk dosen umumnya fakultas teknik, khususnya teknik elektro yang senantiasa memberikan pengajaran pada penulis.
6. Orang tua, yang selalu memberi penulis nasehat, motivasi, dan dukungan yang tiada henti-hentinya.
7. Nifa, selaku kawan dekat penulis yang selalu memberikan semangat dan dukungannya kepada penulis.
8. Kawan-kawan, yang senantiasa memberi semangat dan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Elektro.

Medan, 29 April 2025

RESKI ABADI
2107220067

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan penelitian.....	3
1.3 Ruang lingkup.....	3
1.4 Rumusan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	5
2.2 Penerangan Jalan Umum.....	10
2.3 Prinsip Kerja PJU PLTS.....	11
2.4 Komponen – Komponen PJU PLTS	12
2.4.1 Sistem Pengendali	12
2.4.2 Lampu LED.....	13
2.4.3 Lampu Halogen.....	14
2.4.4 Lampu Pijar.....	15
2.4.5 Lampu CFL.....	16
2.4.6 Tiang PJU.....	17

2.4.7	Array PV (Panel Surya)	18
2.4.8	Solar Charger Controller (SCC).....	21
2.4.9	Baterai	22
2.4.10	iverter	25
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Metode Penelitian.....	27
3.2	Waktu dan Tempat penelitian	27
3.2.1	Waktu penelitian	27
3.2.2	Tempat Penelitian.....	28
3.2.3	Alasan penggunaan miniatur.....	28
3.3	Bahan dan Alat.....	29
3.3.1	Bahan untuk PLTS	30
3.3.2	Bahan dan alat untuk jembatan gantung	33
3.3.3	Harga Bahan dan Alat	40
3.4	Percobaan lampu 6 watt.....	41
3.5	Sketsa sistem PLTS	42
3.6	Desain PLTS	42
3.7	Bagan Alir Penelitian	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1	Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari	46
4.1.1	Data iridiasi matahari	46
4.1.2	Perhitungan Luminansi	64
4.1.3	Kapasitas PLTS.....	65
4.1.4	Menghitung kapasitas baterai.....	66
4.1.5	Menentukan SCC	66
4.1.6	Jarak dan ketinggian tiang lampu.....	67

4.1.7 Skala banding.....	67
4.2 Hasil rancang bangun miniatur	68
BAB V PENUTUP	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran.....	70
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 penerangan Jalan Umum.	10
Gambar 2. 2 Lampu LED.	13
Gambar 2. 3 Lampu Halogen.	14
Gambar 2. 4 Lampu Pijar.	15
Gambar 2. 5 Lampu CFL.	16
Gambar 2. 6 Tiang PJU.	17
Gambar 2. 7 Panel Surya Monocrystalline.	20
Gambar 2. 8 panel surya polycrystalline.	20
Gambar 2. 9 Sholar Charger Control.	22
Gambar 2. 10 Batrai.	23
Gambar 2. 11 Batrai Lithium.	24
Gambar 2. 12 Batrai VRLA.	25
Gambar 2. 13 Inverter.	26
Gambar 3. 1 Lokasi Jembatan Gantung.	28
Gambar 3. 2 Jembatan gantung.	29
Gambar 3. 3 Panel Surya.	30
Gambar 3. 4 Modul charger TP 4056.	30
Gambar 3. 5 Batterai.	31
Gambar 3. 6 Lampu LED.	31
Gambar 3. 7 LDR.	32
Gambar 3. 8 Kabel listrik.	32
Gambar 3. 9 Kawat.	33
Gambar 3. 10 Tang Kombinasi.	33
Gambar 3. 11 Tusuk sate.	34
Gambar 3. 12 Solder dan Timah.	34
Gambar 3. 13 Stik Es Krim.	35
Gambar 3. 14 Lakban.	35
Gambar 3. 15 Triplek.	36
Gambar 3. 16 Lem cina.	36
Gambar 3. 17 Benang bangunan.	37
Gambar 3. 18 Cat minyak.	37

Gambar 3. 19 Gunting.....	38
Gambar 3. 20 Kater.....	38
Gambar 3. 21 Penggaris dan pena.....	39
Gambar 3. 22 Kapas.....	39
Gambar 3. 23 Percoban lampu 6 watt	41
Gambar 3. 24 Sketsa sistem PLTS.....	42
Gambar 3. 25 Desain PLTS.	43
Gambar 4. 1 Diagram iradiasi harian.....	63
Gambar 4. 2 Miniatur.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Waktu penelitian	27
Tabel 3. 2 Harga bahan dan alat.....	40
Tabel 4. 1 Data pengukuran iradiasi tanggal 01, july 2025.....	46
Tabel 4. 2 Data pengukuran iradiasi tanggal 02, juli 2025.	47
Tabel 4. 3 Data pengukuran iradiasi tanggal 03, juli 2025.	48
Tabel 4. 4 Data pengukuran iradiasi tanggal 04, juli 2025.	48
Tabel 4. 5 Data pengukuran iradiasi tanggal 05, juli 2025.	49
Tabel 4. 6 Data pengukuran iradiasi tanggal 06, juli 2025.	50
Tabel 4. 7 Data pengukuran iradiasi tanggal 07, juli 2025.	50
Tabel 4. 8 Data pengukuran iradiasi tanggal 08, juli 2025.	51
Tabel 4. 9 Data pengukuran iradiasi tanggal 09, juli 2025.	52
Tabel 4. 10 Data pengukuran iradiasi tanggal 10, juli 2025.	53
Tabel 4. 11 Data pengukuran iradiasi tanggal 11, juli 2025.	54
Tabel 4. 12 Data pengukuran iradiasi tanggal 12, juli 2025.	54
Tabel 4. 13 Data pengukuran iradiasi tanggal 13, juli 2025.	55
Tabel 4. 14 Data pengukuran iradiasi tanggal 14, juli 2025.	56
Tabel 4. 15 Data pengukuran iradiasi tanggal 15, juli 2025.	57
Tabel 4. 16 Data pengukuran iradiasi tanggal 16, juli 2025.	57
Tabel 4. 17 Data pengukuran iradiasi tanggal 17, juli 2025.	58
Tabel 4. 18 Data pengukuran iradiasi tanggal 18, juli 2025.	59
Tabel 4. 19 Data pengukuran iradiasi tanggal 19, juli 2025.	60
Tabel 4. 20 Data pengukuran iradiasi tanggal 20, juli 2025.	61
Tabel 4. 21 Data iradiasi harian.	62
Tabel 4. 22 Skala banding.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan energi terbarukan di dunia terus mengalami peningkatan dari tahun 2010 hingga 2018. Sumber energi terbarukan yang paling dominan adalah tenaga air, yang menyumbang 47,9% dari total sumber energi pada tahun 2018. Asia menjadi wilayah dengan penggunaan energi terbarukan terbesar, dengan kapasitas terpasang mencapai 1.023.535 MW (1.023,5 GW) atau sekitar 43,54% dari total kapasitas energi terbarukan dunia. Eropa menempati posisi kedua dengan kapasitas terpasang sebesar 536.392 MW (536,9 GW) atau sekitar 22,82%, diikuti oleh Amerika Utara di peringkat ketiga dengan kapasitas terpasang 366.500 MW (366,5 GW) atau sekitar 15,59%. Secara global, Tiongkok menjadi negara dengan kapasitas energi terbarukan terbesar, hampir mencapai 700.000 MW (700 GW) pada tahun 2018, yang bersumber dari tenaga surya, angin, dan air. Amerika Serikat berada di posisi kedua dengan kapasitas terpasang sekitar 250.000 MW (250 GW), disusul oleh Brasil (136.000 MW atau 136 GW), Jerman (120 GW), dan negara lainnya. Indonesia masuk dalam daftar 10 negara dengan pengembangan energi terbarukan terbesar, terutama di sektor panas bumi, dengan kapasitas terpasang sebesar 1.945,5 MW (1,9 GW) pada tahun 2018, menjadikannya peringkat kedua di dunia. Selain itu, Indonesia juga mengembangkan energi terbarukan lainnya, seperti tenaga air, surya, biomassa, dan angin. Secara khusus, kapasitas energi angin mengalami lonjakan signifikan, dari kurang dari 1 MW pada tahun 2010 menjadi 1,12 MW pada tahun 2017, dan melonjak drastis menjadi 76,12 MW pada tahun 2018.(Yuliyanto., 2019).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui modul fotovoltaik. Sebagai bagian dari energi hijau, PLTS termasuk dalam kategori pembangkit listrik terbarukan yang lebih efisien, andal, serta mampu memenuhi kebutuhan energi listrik secara berkelanjutan. Selain itu, PLTS juga menjadi solusi ramah lingkungan dalam menyediakan listrik bagi masyarakat. Dengan potensi energi matahari yang mencapai 207.889,8 MW, pemerintah Indonesia telah menerbitkan Peraturan

Menteri ESDM No. 53 Tahun 2018 dan Permen ESDM No. 50 Tahun 2017 guna mengoptimalkan pemanfaatan energi terbarukan dalam penyediaan tenaga listrik.(Ridho et al., 2022).

Hampir seluruh wilayah Indonesia memiliki potensi besar untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dengan rata-rata daya yang dapat dihasilkan mencapai 4 kWh/m² per hari. Namun, hingga saat ini, pemanfaatan energi matahari di Indonesia masih sangat rendah, hanya sekitar 0,05% dari total potensinya. Letak geografis Indonesia yang berada di garis khatulistiwa memberikan peluang besar untuk pengembangan energi surya sebagai sumber listrik berkelanjutan di masa depan.(Windarta et al., 2023).

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan salah satu elemen penting dalam mendukung keselamatan, kenyamanan pengguna jalan, serta memperindah tampilan kota pada malam hari. Perencanaan sistem penerangan yang baik harus memperhatikan faktor-faktor seperti tingkat iluminasi, pemerataan pencahayaan, batasan silau, serta efisiensi energi yang digunakan.

Setelah mengamati langsung kondisi penerangan di jalan menuju jembatan gantung yang menghubungkan Jorong Lubuk Gobing, terlihat bahwa area tersebut sama sekali tidak memiliki penerangan. Hal ini sangat menyulitkan pengguna jalan, terutama pejalan kaki dan pesepeda, serta meningkatkan risiko kriminalitas. Oleh karena itu, saya memiliki ide untuk merancang bangun miniatur sistem penerangan jalan berbasis tenaga surya di jembatan gantung tersebut. Di harapkan miniatur ini sudah dapat merepresentasikan pisik dari sekala utamanya. Energi surya dipilih karena merupakan sumber energi terbarukan yang paling sesuai dengan kondisi lingkungan di wilayah tersebut.

1.2 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kapasitas PLTS yang optimal sebagai penerangan jembatan.
2. Merancang bangun miniatur alat penerangan jembatan menggunakan PLTS.

1.3 Ruang lingkup

Agar penelitian tugas akhir ini lebih terarah dan tanpa mengurangi maksud tujuannya, maka di tetapkan ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Membahas mengenai kinerja alat penerangan jembatan.
2. Membahas mengenai pengamatan dan perhitungan kapasitas PLTS.

1.4 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara agar jembatan gantung di jorong Lubuk Gobing bisa mendapat penerangan maxsimal.
2. Bagaimana cara merancang bangun miniatur lampu penerangan jembatan yang ramah lingkungan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Sebagai bahan pertimbangan atau proposal untuk mengajukan ke pemerintah daerah setempat.
2. Menjadi solusi alternatif yang ramah lingkungan untuk penerangan jembatan gantung di jorong Lubuk Gobing.
3. Meningkatkan keselamatan masyarakat yang melintas pada saat malam hari dengan pencahayaan yang lebih baik.
4. Mengurangi ketergantungan terhadap listrik dari jaringan PLN, yang dapat menghemat biaya operasional penerangan.

Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan penulis dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang pendahuluan, latar belakang rumus masalah, rumusan masalah, tujuan, manfaat penulisan, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan tentang tinjauan pustaka relevan yaitu teori-teori rujukan yang dapat menunjang dalam penulisan tugas akhir, serta teori dasar yang berisikan landasan teori dasar setiap komponen alat yang di gunakan.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang lokasi penelitian berlangsung, fungsi alat dan bahan penelitian, tahapan pengerjaan, jadwal dan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan tentang hasil dari pembuatan prototype pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 135 wp.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan penelitian pembangkit listrik tenaga surya dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Dalam penelitian ini, penulis merujuk pada berbagai penelitian sebelumnya yang memiliki relevansi dengan topik yang sedang dikaji. Penelitian-penelitian terdahulu tersebut digunakan sebagai landasan teoritis dan referensi dalam menganalisis serta memahami berbagai aspek yang berkaitan dengan penelitian ini. Berikut ini disajikan beberapa hasil penelitian yang dianggap relevan dan dijadikan bahan kajian serta pertimbangan dalam menyusun kerangka penelitian yang lebih komprehensif.

(Ridho et al., 2022) dalam penelitiannya, menyimpulkan bahwa perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di jembatan gantung yang menjadi akses menuju Desa Lok Buntar menggunakan sistem off-grid. Sistem ini sepenuhnya mengandalkan energi matahari dan dipilih karena lokasi perancangan berada jauh dari jaringan listrik PLN. Oleh karena itu, penentuan titik pemasangan komponen harus dilakukan secara cermat agar seluruh sistem dapat beroperasi secara optimal. Berdasarkan analisis data dan perhitungan kebutuhan energi, beban listrik sebesar 50 Watt yang beroperasi selama 12 jam per hari memerlukan suplai energi sebesar 360 Wh per hari. Sementara itu, daya rata-rata yang dapat dihasilkan oleh sistem ini mencapai 429,39 Wh per hari. Komponen utama yang digunakan dalam sistem ini terdiri dari panel surya tipe polycrystalline dengan kapasitas 50 Wp sebanyak satu unit, solar charge controller (SCC) tipe PWM dengan kapasitas arus 10 A sebanyak satu unit, serta baterai aki basah bertegangan 12 V dengan kapasitas 45 Ah. Adapun total biaya yang diperlukan untuk implementasi sistem ini adalah Rp 1.249.500.

(Simamora et al., 2020), dalam penelitian mereka yang berjudul "*Rancang Bangun Penerangan Jalan Tenaga Surya pada Jembatan Penghubung Desa di Kabupaten Lebak, Banten*" menyimpulkan bahwa Program Kemitraan Masyarakat (PKM) terkait pemanfaatan energi surya untuk penerangan jembatan penghubung di Desa Sukarame, Kabupaten Lebak, Banten, telah berhasil dilaksanakan pada 22 Juni 2019. Program ini meliputi pemasangan lampu Penerangan Jalan Umum (PJU)

berbasis tenaga surya, dengan jenis lampu KEIBU LED PJU 5 watt. Panel surya berkapasitas 5 watt ditempatkan di bagian atas lampu, yang juga dilengkapi dengan sistem penyalaaan otomatis berdasarkan deteksi cahaya sekitar serta baterai tertanam berkapasitas 2000 mAh. Sebelum pemasangan, tim PKM terlebih dahulu melakukan survei lokasi untuk menentukan titik pemasangan, yang kemudian diputuskan sebanyak tiga titik di sepanjang jembatan. Pemasangan berhasil dilakukan, dan lampu beroperasi dengan baik pada malam hari. Dari segi ekonomi, penelitian ini membandingkan total biaya penggunaan PJU tenaga surya dengan PJU lampu pijar yang menggunakan listrik dari rumah warga. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dalam periode tiga tahun, penggunaan PJU lampu pijar membutuhkan biaya sebesar Rp977.050,20, sedangkan PJU tenaga surya hanya memerlukan Rp690.000,00. Mayoritas biaya pada PJU lampu pijar digunakan untuk membayar listrik, sementara meskipun harga awal PJU tenaga surya lebih mahal, dalam jangka panjang sistem ini lebih ekonomis dengan selisih penghematan sebesar Rp287.055,2 per titik selama tiga tahun.

(Saragi et al., 2022), dalam penelitian berjudul "*Analisis Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Penerangan Lampu Jalan*" menyimpulkan bahwa kinerja optimal teknologi sel surya dalam menghasilkan listrik dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu intensitas cahaya matahari, material penyusun panel surya, dan suhu operasi panel. Semakin tinggi intensitas sinar matahari, maka tegangan, arus, serta efisiensi keluaran panel surya juga meningkat, dan sebaliknya. Berdasarkan hasil perhitungan, efisiensi rata-rata keseluruhan sistem untuk mendukung beban penerangan lampu jalan mencapai 6,78%, yang tergolong cukup baik untuk aplikasi tersebut. Selain itu, daya yang dapat diterima oleh baterai memiliki efisiensi rata-rata sebesar 9,3%, mengingat efisiensi energi surya yang dapat dimanfaatkan umumnya tidak melebihi 10%.

(Handayani Oktaria. et al., 2023), dalam penelitian mereka yang berjudul "*Rancang Bangun DC House Berbasis PLTS di Kampung Gadog, Desa Sukamahi, Kec. Sukaresmi*" menyimpulkan bahwa pembangunan PLTS menjadi salah satu solusi dalam menyediakan suplai listrik bagi masyarakat Kampung Gadog. PLTS dipilih karena merupakan sistem pembangkit yang mudah diterapkan di daerah terpencil. Dengan menggunakan sistem off-grid, diperlukan baterai sebagai

penyimpanan daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Perancangan PLTS ini dirancang khusus untuk mendukung kebutuhan listrik pada DC House. Selain itu, disediakan stop kontak pengisian daya, sehingga listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh warga lain yang rumahnya jauh dan belum memiliki akses listrik untuk mengisi daya perangkat portabel mereka. Sebagai bagian dari program pengabdian masyarakat, pendampingan kepada warga sekitar juga dilakukan untuk memberikan edukasi mengenai pemanfaatan dan perawatan PLTS. Dengan adanya edukasi ini, diharapkan sistem PLTS dapat digunakan secara optimal sesuai dengan umur pakainya.

(Sukma Indra Bayu. et al., 2021), dalam penelitian berjudul "*Perencanaan Lampu Penerangan Jalan Umum Menggunakan Tenaga Surya (Solar Cell) untuk Alternatif Penerangan*" menyimpulkan bahwa perencanaan Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis tenaga surya mengacu pada standar SNI 2008. Lokasi penerangan terletak di Jalan Talang Pete dengan panjang sekitar 350 meter dan lebar 2 meter. Sistem penerangan ini menggunakan lampu LED 60 Watt, tiang tipe *single head*, modul surya berdaya 100 Wp, *solar charge controller* dengan tegangan 12 V/10 A, serta baterai berkapasitas 100 Ah dengan tegangan 12 V. Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan, lampu LED 60 Watt memiliki fluks cahaya sebesar 6000 lumen (lm), intensitas cahaya sebesar 477,70 cd, iluminasi sebesar 11,35 lux, serta luminansi sebesar 1,16 cd/m².

(Yolnasdi, 2017), dalam penelitiannya yang berjudul "*merancang sistem penerangan jalan di Jalan Kartini Kota Bangkinang*" dengan memanfaatkan lampu sorot LED berdaya 80 Watt sebagai sumber cahaya. Perencanaan tersebut mempertimbangkan kebutuhan iluminasi sesuai SNI 7391:2008, yakni 2–5 lux untuk jalan lokal, dengan penentuan jumlah lampu, tinggi tiang 10 meter, dan jarak antar tiang sebesar 50 meter untuk mencapai pencahayaan yang merata. Selain itu, pemilihan kabel penghantar tanah jenis NYFGBY 4x6 mm² juga diperhitungkan untuk mendukung instalasi yang aman dan efisien. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa penggunaan lampu LED memberikan efisiensi daya yang lebih baik dibandingkan lampu konvensional, serta mampu menekan biaya operasional PJU.

(Effendi et al., 2018). Dalam penelitiannya membahas mengenai peluang penghematan energi pada sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) di Kabupaten

Padang Pariaman. Penelitian ini memfokuskan pada dua pendekatan utama, yaitu penerapan alat pembatas dan pengukur listrik (APP) untuk mencatat konsumsi daya secara akurat, serta penggantian lampu konvensional jenis SON 70 Watt dengan lampu LED 30 Watt yang lebih efisien. Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan APP dapat menghemat konsumsi energi sebesar 542,2 kWh dan 383,4 kWh per bulan di dua lokasi studi, sedangkan penggantian lampu dengan LED menghasilkan efisiensi energi hingga 57,14% dan pengurangan biaya listrik sebesar 54,47%. Penelitian ini merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 7391:2008 sebagai acuan dalam menentukan tingkat pencahayaan minimum sebesar 2–5 lux untuk jalan lingkungan serta mempertimbangkan aspek pemerataan dan pengendalian silau. Selain itu, perhitungan instalasi listrik seperti penentuan ukuran kabel, batas jatuh tegangan, sistem pentanahan, serta perlindungan arus lebih dilakukan berdasarkan pedoman PUIL 2000. Hasil dan metode dalam penelitian tersebut relevan sebagai acuan bagi pengembangan sistem PJU hemat energi yang efisien dan sesuai standar teknis di berbagai daerah, termasuk untuk perencanaan pada penelitian ini.

(*SNI 7391:2008, n.d.*). Tentang Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan, tidak terdapat ketentuan khusus yang secara eksplisit menetapkan tingkat pencahayaan (lux) untuk jembatan gantung. Namun, standar ini memberikan panduan umum untuk berbagai jenis jalan dan area, termasuk jembatan, berdasarkan fungsi dan klasifikasi jalannya. Untuk jembatan gantung yang digunakan oleh pejalan kaki atau kendaraan ringan di area dengan lalu lintas rendah hingga sedang, tingkat pencahayaan antara 3–7 lux dapat dianggap memadai. Dan juga Luminansi minimum 0,5-1,0 cd/cm² sudah cukup untuk jalan kolektor. Namun, jika jembatan tersebut berada di area dengan lalu lintas tinggi atau memiliki potensi risiko keselamatan, disarankan untuk meningkatkan tingkat pencahayaan sesuai kebutuhan spesifik.

(Nisworo & Pravitasari, 2024). Dalam penelitiannya menyebutkan Pemasangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Jembatan Gantung Kali Progo memberikan solusi penerangan yang efektif bagi masyarakat Desa Sidorejo, terutama untuk akses di malam hari. Sistem ini mampu menyalakan beban lampu LED sebesar 18 Watt selama 6 jam setiap malam, yakni dari pukul 18.00

hingga 24.00 WIB. Energi yang digunakan berasal dari hasil penyinaran matahari sepanjang hari yang disimpan dalam baterai berkapasitas 60 Ah dengan tegangan 13,8 V, diubah menjadi 220 V AC melalui inverter. Penerapan PLTS ini tidak hanya menjadi solusi alternatif karena belum tersedianya jaringan PLN di lokasi tersebut, tetapi juga sebagai sarana edukasi bagi masyarakat tentang pentingnya energi terbarukan. Program ini mendorong masyarakat untuk ikut serta dalam pemeliharaan dan pengelolaan PLTS secara mandiri agar sistem tetap optimal. Secara keseluruhan, proyek ini berhasil memenuhi kebutuhan penerangan dengan pendekatan pemberdayaan masyarakat dan teknologi ramah lingkungan.

(Azzahra & Fikri, 2021). Dalam penelitiannya yang berjudul “*Prototype Pembelajaran Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Berbasis Energi Surya*”. Membahas tentang pembuatan dan pengujian prototype PLTS portable berkapasitas 100 Wp yang digunakan sebagai media pembelajaran dalam mengenalkan energi terbarukan berbasis surya. Prototype tersebut dirakit dengan komponen utama PLTS seperti panel surya, baterai, inverter, dan solar charge controller, kemudian diuji dengan menggunakan beban lampu 9 watt untuk mengetahui kinerja sistem berupa tegangan dan arus yang dihasilkan.

(P. Harahap et al., 2019). dengan judul “*Optimasi Kapasitas Rooftop PV Off Grid Energi Surya Berakselerasi di Tengah Pandemi Covid-19 untuk Diimplementasikan pada Rumah Tinggal*”, sistem PLTS Off Grid berkapasitas 400 Wp terbukti mampu menyediakan energi listrik mandiri secara stabil meskipun dalam kondisi cuaca berawan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kebutuhan energi rumah tangga sebesar 3,35 kWh/hari dapat terpenuhi, dengan estimasi pengembalian investasi dalam kurun waktu sekitar 6 tahun.

(Nasution, 2022). Dalam penelitian menunjukkan bahwa orientasi sudut panel surya berpengaruh signifikan terhadap performa sistem PLTS berkapasitas 50 WP. Pada posisi panel yang mengikuti arah pergerakan matahari diperoleh daya keluaran rata-rata sebesar 38,24 W dengan arus 2,49 A, sedangkan pada posisi tegak lurus (horizontal) hanya mampu menghasilkan daya rata-rata 21,91 W dengan arus 1,40 A. Perbedaan tersebut menegaskan bahwa penyesuaian sudut panel sesuai dengan posisi matahari mampu meningkatkan efisiensi konversi energi dan kinerja sistem secara lebih optimal.

2.2 Penerangan Jalan Umum

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan fasilitas publik yang berperan penting dalam mendukung aktivitas masyarakat, terutama dalam meningkatkan keselamatan bagi pengendara dan pejalan kaki. Kurangnya pencahayaan yang optimal pada PJU dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti meningkatnya tindak kriminalitas, bertambahnya angka kecelakaan, serta gangguan kesehatan pada mata. Oleh karena itu, sistem PJU perlu dirancang dengan baik, mempertimbangkan faktor jenis dan warna lampu, jenis serta tinggi tiang, serta estetika yang sesuai dengan kondisi badan jalan. Namun, banyak PJU yang belum memenuhi standar, belum dilengkapi alat pencatat dan pembatas listrik, serta masih menggunakan lampu dengan konsumsi daya tinggi tetapi efisiensi pencahayaan rendah. Selain itu, banyak lampu jalan yang mati atau tidak terdata pemakaian dayanya.

Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan ini adalah penggunaan lampu LED sebagai pengganti lampu konvensional, baik dari segi teknis maupun ekonomi, guna mengurangi biaya listrik yang terus meningkat akibat kenaikan tarif dasar listrik serta kebutuhan PJU di wilayah dengan urbanisasi tinggi. Selain itu, penerapan sistem lampu jalan pintar berbasis embedded system dengan pengaturan pencahayaan (dimmer system) dan kontrol otomatis memungkinkan lampu menyala atau mati berdasarkan intensitas cahaya dan aktivitas di sekitarnya. Dengan sistem ini, konsumsi listrik dapat lebih efisien sesuai dengan kebutuhan penerangan jalan. Perancangan dan penataan PJU yang optimal diharapkan dapat mendukung implementasi sistem lampu jalan pintar yang lebih andal, efisien, dan mudah dalam perawatannya. (Tambunan et al., 2020).



Gambar 2. 1 penerangan Jalan Umum.

2.3 Prinsip Kerja PJU PLTS

Penerangan jalan tenaga surya merupakan sistem pencahayaan yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber listriknya dan dilengkapi dengan baterai untuk menyimpan daya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkitan listrik yang mengonversi energi matahari menjadi energi listrik melalui modul fotovoltaik. Sebagai bagian dari energi hijau, PLTS termasuk dalam kategori pembangkit listrik terbarukan yang lebih efisien, andal, serta mampu memenuhi kebutuhan energi secara berkelanjutan. Selain itu, PLTS juga menjadi solusi ramah lingkungan dalam penyediaan listrik bagi masyarakat.(Kuncoro et al., n.d.).

Sebelum mengatur sistem alternatif yang memanfaatkan Solar Cell, ada beberapa hal – hal yang harus dipertimbangkan yaitu :

- a. Pemakaian daya rata-rata selama 24 jam.
- b. Pemakaian daya rata-rata pada malam hari (terhitung dari nilai sinar matahari yang menyinari Solar Cell).
- c. Pemakaian daya puncak.

Adapun tiap bagian antara lain yaitu :

- a. Solar Cell
- b. Switch Controller
- c. Baterai
- d. Inverter

(Mustaqim, 2017). Penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat pencahayaan (iluminasi) PJU di Jalan Kaligawe Semarang masih belum memenuhi standar SNI 7391:2008, di mana hasil pengukuran rata-rata hanya sekitar 11,94 lux (tiang 9 m) dan 8,56 lux (tiang 12 m), sedangkan standar yang dipersyaratkan adalah 11–20 lux. Untuk mencapai standar tersebut, perlu dilakukan penggantian lampu konvensional (HPS 250 W) dengan lampu LED yang memiliki fluks cahaya minimal 30.500 lumen. Selain itu, lampu LED lebih efisien secara energi, umur pakainya lebih panjang, serta memberikan pencahayaan yang lebih merata dibanding lampu konvensional.

$$E = \Phi / A \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

E = Iluminansi (Lux)

Φ = Fluks cahaya (lumen)

A = luas permukaan (m^2)

2.4 Komponen – Komponen PJU PLTS

2.4.1 Sistem Pengendali

Sistem Pengendalian Otomatis adalah sistem pengendalian dimana subyek digantikan oleh suatu alat yang disebut controller. Dimana tugas untuk membuka dan menutup valve tidak lagi dikerjakan oleh operator, tetapi atas perintah controller.

1. LDR

LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan salah satu jenis resistor yang nilai hambatannya berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang diterimanya. Semakin besar cahaya yang mengenai LDR, semakin kecil nilai hambatannya, dan sebaliknya. Komponen ini sering digunakan dalam sistem pencahayaan otomatis, seperti lampu taman dan lampu jalan yang menyala saat malam hari dan padam di siang hari. Selain itu, LDR juga dapat diaplikasikan untuk keperluan pribadi, seperti sistem pencahayaan otomatis di dalam kamar. (Supatmi, n.d.).

Prinsip kerjanya Nilai resistansi LDR berubah sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenainya atau yang ada di sekitarnya. Saat berada dalam kondisi gelap, resistansinya dapat mencapai sekitar $10M\Omega$, sedangkan dalam kondisi terang, resistansinya menurun hingga sekitar $1K\Omega$ atau bahkan lebih rendah.

2. Timer switch

Timer adalah perangkat yang berfungsi sebagai pembatas waktu operasi suatu alat, yang bekerja berdasarkan prinsip mekanis atau elektronik. Pada perangkat elektronik seperti televisi, sistem audio, dan peralatan lainnya yang memiliki fitur pewaktu, pengaturan durasi operasional dilakukan menggunakan mode timer dengan mekanisme kerja berbasis elektronik. Pembatasan waktu ini tidak hanya diterapkan pada pengoperasian suatu perangkat, tetapi

juga digunakan untuk mengatur jadwal kegiatan atau pekerjaan yang harus dilakukan dalam jangka waktu tertentu. (Suryono. Suproyanti., 2019).

2.4.2 Lampu LED

Light Emitting Diode (LED) adalah komponen elektronik yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju atau arus searah (DC). Sebagai bagian dari keluarga dioda, LED terbuat dari bahan semikonduktor dan bekerja dengan mengonversi energi listrik menjadi cahaya melalui efek *electroluminescence*. Saat ini, LED semakin banyak digunakan dalam berbagai aspek kehidupan, menggantikan peran lampu pijar. Aplikasinya meliputi komponen peralatan elektronik, *running text*, indikator, hingga lampu penerangan utama. LED juga tersedia dalam berbagai warna serta memiliki keunggulan dalam konsumsi daya yang rendah dan produksi panas yang minimal. (Soebandono et al., 2022). Apapun jenis PJU yang digunakan pasti menggunakan jenis lampu LED. Fungsi utamanya ialah menekan biaya energi listrik menjadi lebih hemat. Jika dibanding dengan jenis lampu biasa maka daya listrik yang digunakan bisa lebih banyak dan boros. Itu artinya, biaya yang perlu dikeluarkan tentu saja akan lebih banyak. Hal inilah yang menjadi pertimbangan pada saat ini kebanyakan menggunakan lampu LED pada PJU.



Gambar 2. 2 Lampu LED.

Lampu LED merupakan pilihan terbaik untuk penerangan pada sistem PLTS karena efisiensi energi yang tinggi, umur panjang, dan kebutuhan daya rendah yang sesuai dengan kapasitas daya sistem tenaga surya.

2.4.3 Lampu Halogen

Lampu halogen adalah jenis lampu penerangan yang menggunakan filamen tungsten untuk menghasilkan cahaya, gas halogen seperti iodin atau bromin dalam bola lampu untuk meningkatkan umur filamen dan efisiensi cahaya. Lampu halogen memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu pijar konvensional. Mereka menghasilkan cahaya yang lebih terang dengan menggunakan daya yang sama. Lampu halogen menghasilkan cahaya dengan suhu warna yang tinggi, biasanya antara 3000 hingga 3500 Kelvin. Ini memberikan cahaya putih hangat yang serupa dengan cahaya matahari.

Lampu halogen memiliki umur hidup yang lebih lama dibandingkan dengan lampu pijar tradisional, tetapi lebih pendek dibandingkan dengan beberapa teknologi lampu lainnya seperti LED. Biasanya lampu halogen memiliki umur sekitar 2.000 hingga 4.000 jam. Meskipun lebih efisien daripada lampu pijar konvensional, lampu halogen masih menggunakan lebih banyak energi daripada teknologi pencahayaan lainnya seperti lampu LED sehingga cenderung menghasilkan panas yang cukup tinggi saat digunakan.



Gambar 2. 3 Lampu Halogen.

Karena konsumsi energi yang lebih tinggi, efisiensi rendah, umur pendek, dan produksi panas yang berlebihan, lampu halogen kurang cocok untuk penerangan pada sistem PLTS.

2.4.4 Lampu Pijar

Lampu pijar menghasilkan cahaya dengan cara memanaskan filamen tipis di dalam bola kaca yang berisi gas inert seperti nitrogen, argon, kripton, atau hidrogen. Ketika arus listrik mengalir melalui filamen tersebut, suhu filamen meningkat hingga sekitar 2200°C, sehingga filamen menjadi sangat panas dan memancarkan cahaya. Lampu ini tersedia dalam berbagai tegangan, mulai dari 1,5 volt hingga 300 volt, dan bisa beroperasi dengan arus bolak-balik maupun arus searah. Lampu pijar banyak digunakan untuk penerangan di rumah, jalan, kantor, kendaraan, serta untuk keperluan dekoratif dan lampu kilat. Umur lampu pijar biasanya sekitar 1000 jam, namun konsumsi listriknya tergolong cukup besar jika dibandingkan dengan jenis lampu lain. Di dalam bola kaca, filamen tungsten diletakkan dalam keadaan vakum atau diisi dengan gas agar mengurangi penguapan filamen. Jika bola lampu bocor sehingga oksigen masuk, filamen yang panas akan mengalami oksidasi dan menyebabkan lampu menjadi rusak serta tidak dapat digunakan lagi. Warna gelap pada permukaan bohlam disebabkan oleh pengendapan partikel tungsten yang menguap dari filamen dan menempel pada kaca yang lebih dingin. Gas inert yang mengisi bola lampu berfungsi menekan proses penguapan ini, terutama jika gas tersebut memiliki massa molekul yang lebih berat, sehingga memperpanjang umur lampu. (Faturrahman Akmal Luthfan, n.d.).



Gambar 2. 4 Lampu Pijar.

Lampu pijar kurang cocok digunakan pada sistem PLTS karena konsumsinya yang tinggi dan efisiensinya rendah, sehingga membebani sumber daya yang terbatas. Umurnya yang pendek membuat lampu sering harus diganti,

menambah biaya perawatan. Selain itu, lampu pijar menghasilkan banyak panas yang tidak berguna, sehingga mengurangi efektivitas sistem. Beban listrik yang besar juga dapat mempercepat penurunan umur baterai PLTS. Karena itu, lampu pijar bukan pilihan ideal untuk penerangan berbasis tenaga surya.

2.4.5 Lampu CFL

Lampu CFL banyak digunakan untuk penerangan di perumahan maupun bangunan komersial karena memiliki umur yang lebih panjang dan konsumsi energi yang lebih rendah dibandingkan dengan lampu pijar. Namun, meskipun lampu CFL hemat energi, lampu ini juga memiliki kelemahan yaitu memancarkan radiasi elektromagnetik yang dapat berbahaya bagi penghuni ruangan. Tingkat radiasi ini akan semakin besar jika jarak antara lampu dan pengguna semakin dekat, serta meningkat seiring dengan bertambahnya daya lampu CFL. Lampu CFL, yang juga dikenal sebagai lampu swa-balast, direkomendasikan oleh pemerintah Indonesia sebagai pengganti lampu pijar yang boros energi. Sesuai dengan standar SNI 04-6504-2001, lampu swa-balast merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan tanpa menimbulkan kerusakan, dan terdiri dariudukan lampu, sumber cahaya, serta komponen lain yang diperlukan untuk proses penyalaan dan menjaga kestabilan lampu.



Gambar 2. 5 Lampu CFL.

Lampu CFL memang hemat energi dan tahan lama, tapi memancarkan radiasi elektromagnetik yang bisa berbahaya, terutama pada daya tinggi. Selain itu, radiasi ini dapat mengganggu perangkat elektronik.

2.4.6 Tiang PJU

Tiang berfungsi sebagai penopang lampu serta panel surya dalam sistem penerangan jalan. Terdapat beberapa jenis tiang yang umum digunakan, seperti tiang besi dan tiang oktagonal. Berdasarkan desainnya, tiang penerangan jalan dapat dikategorikan menjadi tiang dengan lengan tunggal, tiang dengan lengan ganda, serta tiang tanpa lengan. (Soebandono et al., 2022).

Tiang lampu PJU biasanya terbuat dari bahan yang kuat dan tahan terhadap cuaca ekstrem, seperti besi atau logam yang dilapisi dengan lapisan pelindung. Desainnya dapat bervariasi, tetapi umumnya terdiri dari tiang vertikal yang terhubung dengan braket atau penjepit untuk memasang lampu di bagian atasnya. Tiang lampu jalan dapat dibagi menjadi 2 bagian sebagai berikut :

1. Tiang lampu dengan lengan Tunggal Tiang lampu ini pada umumnya diletakkan pada sisi kiri atau sisi kanan jalan.
2. Tiang lampu ini khusus diletakkan dibagian tengah atau median jalan dengan syarat jika kondisi jalan yang akan diterangi masih mampu dilayani oleh satu tiang



Gambar 2. 6 Tiang PJU.

2.4.7 Array PV (Panel Surya)

Panel surya adalah perangkat yang berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui sistem fotovoltaik. Fotovoltaik sendiri merupakan fenomena munculnya tegangan listrik akibat interaksi antara dua elektroda yang mendapatkan paparan cahaya. Energi listrik tenaga surya dihasilkan dengan memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber utama. Perangkat ini juga dikenal sebagai modul panel surya, yang bekerja dengan mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik melalui pergerakan elektron di dalam sel modul, menghasilkan arus listrik searah (DC) yang dapat digunakan secara langsung atau disimpan dalam baterai sesuai kebutuhan tegangan dan arus.

Panel surya terdiri dari sejumlah sel surya yang disusun secara seri, di mana fungsi utama sel surya adalah mengonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Umumnya, sel surya dibuat dari silikon, yang merupakan bahan semikonduktor. Efisiensi energi yang diperoleh dari panel surya bergantung pada intensitas radiasi matahari, luas permukaan panel, serta suhu panel. Sel surya sendiri merupakan elemen semikonduktor yang mampu mengubah energi cahaya menjadi listrik melalui efek fotovoltaik. Pada dasarnya, panel surya adalah jenis dioda foto (photodiode) dengan permukaan yang lebih luas, sehingga lebih sensitif terhadap cahaya dan mampu menghasilkan tegangan serta arus yang lebih tinggi dibandingkan dioda foto biasa.

Proses konversi energi pada panel surya terjadi melalui pergerakan elektron bermuatan negatif dan positif di dalam sel modul akibat perbedaan energi elektron. Hasil pergerakan ini kemudian menghasilkan listrik DC yang dapat digunakan untuk mengisi baterai atau aki sesuai kebutuhan tegangan dan kapasitas arusnya. Panel surya yang umum digunakan terdiri dari dua jenis utama, yaitu monocrystalline dan polycrystalline. (R. A. Harahap & Susanti, 2022).

Konversi satuan dari watt per meter persegi (W/m^2) ke kilowatt-hour per meter persegi (kWh/m^2) dilakukan dengan cara mengaitkan besaran daya dengan lamanya waktu penyinaran matahari. Satuan W/m^2 menunjukkan seberapa besar intensitas radiasi matahari yang diterima pada suatu permukaan setiap detik, sedangkan kWh/m^2 merepresentasikan total energi matahari yang diterima dalam kurun waktu tertentu, misalnya per hari. Proses konversi dilakukan dengan mengalikan nilai

intensitas rata-rata harian dengan durasi penyinaran, kemudian hasilnya diubah ke dalam satuan energi. Dengan demikian, kWh/m² memberikan gambaran lebih jelas mengenai jumlah energi matahari yang tersedia dan dapat dimanfaatkan oleh sistem pembangkit listrik tenaga surya.

Proses konversi dari W/m² ke kWh/m² dapat dilakukan dengan rumus berikut :

$$\text{kWh/m}^2 = \frac{\text{total (W/m}^2\text{)}}{1000} \dots\dots\dots(2)$$

Untuk mengetahui rata-rata harian intensitas matahari, data intensitas cahaya atau radiasi matahari biasanya diukur pada interval waktu tertentu, misalnya setiap jam, dari pagi hingga sore. Nilai intensitas yang diperoleh kemudian dijumlahkan, lalu dibagi dengan jumlah data pengukuran. Secara matematis, rumusnya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \sum x / n \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

$\sum x$: jumlah seluruh data

n : banyaknya data

1. Panel surya monocrystalline

Panel surya monocrystalline dibuat dari silikon kristal tunggal, yang secara alami jarang ditemukan atau dapat diproduksi melalui proses rekristalisasi di laboratorium. Panel jenis ini memiliki tingkat efisiensi konversi sinar matahari ke energi listrik berkisar antara 15% hingga 20%, karena menggunakan silikon dengan kemurnian tinggi. Keunggulan panel monocrystalline adalah performanya yang lebih optimal, terutama di daerah dengan cuaca mendung atau hujan. Namun, harga panel ini relatif tinggi, sehingga biaya investasi sistem tenaga surya menjadi lebih besar. Karena tingkat efisiensinya yang tinggi, luas permukaan yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya 100 watt lebih kecil dibandingkan dengan panel polycrystalline.



Gambar 2. 7 Panel Surya Monocrystalline.

2. Poly-crystalline

Sementara itu, panel surya polycrystalline terbuat dari silikon kristal block-cast, di mana elektron dalam panel ini cenderung terjebak pada batas butir kristal individu, menyebabkan efisiensinya lebih rendah dibandingkan dengan panel monocrystalline. Efisiensi konversi energi pada panel polycrystalline berkisar antara 13% hingga 16%. Selain itu, panel ini lebih rentan terhadap penurunan kinerja saat suhu tinggi atau cuaca ekstrem, dengan tingkat penurunan yang lebih besar dibandingkan panel monocrystalline. Namun, biaya produksi panel polycrystalline lebih murah karena proses pembuatannya lebih sederhana, sehingga harga panel ini lebih terjangkau dan investasi sistem tenaga surya menjadi lebih ekonomis.



Gambar 2. 8 panel surya polycrystalline.

Secara umum, satu sel surya komersial mampu menghasilkan tegangan searah (DC) sekitar 0,5 hingga 1 volt dan arus hubung singkat dalam skala miliampere per sentimeter persegi. Karena daya yang dihasilkan oleh satu sel surya tidak

mencukupi untuk aplikasi praktis, maka beberapa sel surya dirangkai secara seri untuk membentuk suatu modul surya. Dalam satu modul, biasanya terdapat 28 hingga 36 sel surya yang secara keseluruhan mampu menghasilkan tegangan DC sekitar 12 volt pada kondisi standar pengujian.(Saragi et al., 2022).

Menghitung kapasitas panel surya

Rumus umum :

$$P_{panel} = \text{Energi beban harian} / \text{PSH} \times n_{sistem} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

PSH = Peak sun hours (iradiasi rata-rata)

n_{sistem} = Efisiensi sistem (dari panel, kabel, baterai, dll) di asumsikan 70% (0,7).

2.4.8 Solar Charger Controller (SCC)

Solar Charge Controller adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengatur aliran arus searah yang masuk ke baterai saat pengisian dan yang keluar dari baterai menuju beban. Perangkat ini bertugas mencegah terjadinya pengisian berlebih (OVERCHARGING) saat baterai telah penuh serta melindungi dari lonjakan tegangan yang berasal dari panel surya. OVERCHARGING dan kelebihan tegangan dapat memperpendek masa pakai baterai, sehingga pengaturan yang tepat sangat diperlukan. Untuk menentukan kapasitas SOLAR CHARGE CONTROLLER yang sesuai, diperlukan pemahaman terhadap spesifikasi panel surya yang digunakan agar dapat menyesuaikan kebutuhan daya. Nilai arus yang harus diperhitungkan dalam pemilihan solar charger control dapat dihitung dengan rumus:

$$ISCC = \text{ISC PANEL} \times \text{JUMLAH PANEL} \dots \dots \dots (5)$$

Di mana ISCC adalah arus yang diperlukan oleh SOLAR CHARGE CONTROLLER, sementara ISC PANEL adalah arus yang dihasilkan oleh satu panel surya.(R. A. Harahap & Susanti, 2022).



Gambar 2. 9 Sholar Charger Control.

2.4.9 Baterai

Baterai atau aki adalah komponen listrik berbasis kimia yang mampu menyimpan serta melepaskan energi dalam bentuk listrik. Dalam sistem PLTS, baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik arus searah (DC) yang dihasilkan panel surya pada siang hari, kemudian menyuplai daya ke beban listrik pada malam hari atau saat cuaca mendung. Terdapat beberapa jenis baterai atau aki, seperti aki basah/konvensional, hybrid, dan MF (maintenance free). Aki basah masih menggunakan asam sulfat (H₂SO₄) dalam bentuk cair, sedangkan aki MF sering disebut aki kering karena elektrolitnya berbentuk gel. (R. A. Harahap & Susanti, 2022).

Menghitung kapasitas Baterai menggunakan 50% Depth of Discharge (DoD) agar umur baterai lebih panjang.

Rumus energi yang harus di simpan :

$$Wh / 0,5 = \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

0,5 = 50% Depth of Discharge (DoD)

Wh = energi harian

Kapasitas baterai yang digunakan sebaiknya 1,5 kali dari kebutuhan daya, yang dapat dihitung dengan rumus:

Kapasitas baterai (Ah) :

$$\text{Wh} / \text{V batrai} = \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

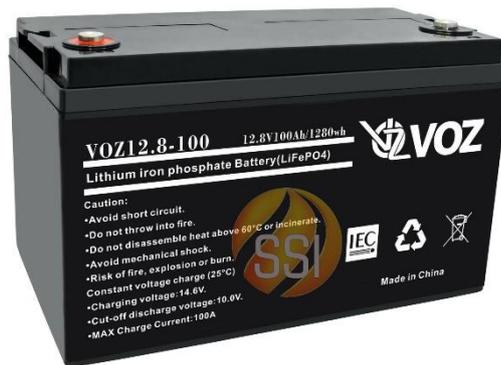
Wh = Energi harian

V batrai =egangan batrai



Gambar 2. 10 Batrai.

Baterai lithium-ion adalah jenis baterai isi ulang (rechargeable) yang termasuk ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan beracun seperti pendahulunya, yakni baterai Ni-Cd dan Ni-MH. Baterai ini memiliki banyak keunggulan, seperti kepadatan energi yang tinggi, umur pakai yang panjang hingga lebih dari 10 tahun, tidak mengalami efek memori, serta bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan jenis baterai lainnya. Komponen utama baterai ini meliputi anoda (elektroda negatif), katoda (elektroda positif), elektrolit, dan separator. Cara kerja baterai ini didasarkan pada proses interkalasi, yaitu perpindahan ion lithium dari satu elektroda ke elektroda lainnya melalui elektrolit saat pengisian maupun pemakaian daya. Berbagai tipe baterai lithium telah dikembangkan dengan karakteristik spesifik, seperti Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) yang unggul dalam siklus hidup dan keamanan, serta Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (NCA) yang memiliki energi spesifik tinggi namun harga relatif mahal. Karena fleksibilitas dan performanya, baterai lithium banyak digunakan dalam perangkat elektronik portabel hingga kendaraan listrik.(Perdana, 2020).



Gambar 2. 11 Batrai Lithium.

(Iskandar et al., 2021). Penelitian ini membahas performa baterai jenis Valve Regulated Lead Acid (VRLA) pada sistem PLTS off-grid berkapasitas 1 kWp di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani. Dengan menggunakan baterai VOLTA 6FMX100 (12V 100Ah) dan beban lampu 1000 W selama 24 jam, diperoleh bahwa selama satu tahun arus rata-rata pengisian mencapai 90.603,9 A dan pengosongan 85.834,3 A, serta nilai Depth of Discharge (DOD) ideal sebesar 2,4%. Selama periode tersebut, efisiensi baterai menurun sekitar 10% akibat penggunaan rutin, dengan nilai SOC dan DOD yang bervariasi setiap bulan; SOC tertinggi tercatat 34,4% dan DOD tertinggi 69,5%. Efisiensi siklus juga menurun dari 99,2% menjadi 90%, sementara siklus baterai menyusut sebesar 2,4%. Hasil ini menunjukkan bahwa DOD yang tinggi mempercepat degradasi baterai, sehingga pemeliharaan nilai DOD di bawah 80% menjadi penting untuk menjaga umur dan efisiensi baterai dalam sistem penyimpanan energi terbarukan.



Gambar 2. 12 Batrai VRLA.

Untuk sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid, pemilihan jenis baterai sangat menentukan efisiensi dan keandalan sistem. Baterai aki (timbal-asam) merupakan pilihan lama yang relatif murah dan mudah ditemukan. Namun, baterai ini memiliki kelemahan dari sisi siklus hidup yang pendek (biasanya hanya ratusan siklus), bobot yang berat, dan memerlukan perawatan rutin seperti pengisian air aki. Sebaliknya, baterai lithium-ion menawarkan banyak keunggulan: lebih ringan, siklus hidup lebih panjang (hingga ribuan siklus), efisiensi pengisian dan pelepasan energi lebih tinggi, serta tidak memerlukan perawatan intensif. Meskipun harganya lebih mahal di awal, investasi pada baterai lithium cenderung lebih ekonomis dalam jangka panjang karena umur pakainya yang lebih lama dan keandalannya dalam menyuplai energi secara stabil.

Oleh karena itu, untuk sistem PLTS off-grid yang mengutamakan keandalan dan efisiensi, baterai lithium merupakan pilihan yang lebih unggul dibandingkan baterai aki konvensional namun harganya cukup mahal. Namun yang paling banyak digunakan, cukup andal, efisien, dan harga terjangkau untuk sistem PLTS kecil seperti 50 Wp (Watt-peak) adalah batrai VRLA (Valve Regulated Lead Acid).

2.4.10 inverter

Inverter memiliki peranan penting dalam keseluruhan rangkaian pemasangan panel surya. Hal ini karena fungsi inverter yang dapat mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC). Seperti diketahui panel surya dapat mengubah

cahaya menjadi energi listrik DC melalui proses photovoltaic, tetapi kebanyakan peralatan el- elektronik yang ada di rumah menggunakan arus AC oleh karena itu inverter memiliki peran yang signifikan disini. Pada dasarnya semua alat dibuat sesuai dengan spesifikasi penggunaannya, begitu juga dengan inverter. Sesungguhnya apapun jenis inverter pasti tujuan utamanya yaitu mengubah arus DC menjadi arus AC. Sehingga inverter ini membutuhkan baterai sebagai sumber energi listriknya.



Gambar 2. 13 Inverter.

Tegangan keluaran dapat bernilai tetap atau berubah - ubah pada frekuensi tetap atau berubah - ubah. Tegangan output yang berubah - ubah bisa didapat dengan memvariasikan tegangan input DC dan menjaga penguatan inverter bernilai stabil. Begitu juga kebalikannya jika tegangan input DC tetap tidak dapat terkontrol, tegangan keluaran yang berubah-ubah dapat diperoleh dengan memvariasikan penguatan dari inverter. Variasi penguatan inverter biasanya diperoleh dengan menggunakan pengendali Pulse- Width-Modulation (PWM) dan Sinusoidal Pulsa Width Modulation (SPWM) yang ada di dalam inverter.(R. A. Harahap & Susanti, 2022).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa (engineering design) dengan pendekatan pembuatan miniatur. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem PLTS off-grid skala kecil yang dapat digunakan sebagai representasi sistem penerangan jembatan gantung berkapasitas 150 WP. Model miniatur ini dibuat untuk menguji konsep dan fungsionalitas sistem dalam skala laboratorium atau simulasi

3.2 Waktu dan Tempat penelitian

3.2.1 Waktu penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Jorong Lubuk Gobing, Kecamatan Ranah Batahan, Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatera Barat pada bulan April 2025. Kegiatan penelitian meliputi pengambilan data intensitas matahari di Jorong Lubuk Gobing sebagai dasar perancangan sistem, serta perakitan miniatur PLTS dan jembatan gantung yang dilakukan di Medan, Jalan Ampera Sembilan. Rincian waktu pelaksanaan penelitian disusun sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Waktu penelitian

No	Uraian	Bulan ke					
		1	2	3	4	5	6
1	Observasi Lapangan						
2	Studi Literatur						
3	Desain Alat						
4	Seminar Proposal						
5	Pembelian Komponen						
6	Perakitan Alat						
7	Hasil dan Pembahasan						
8	Sidang Akhir						

3.2.2 Tempat Penelitian

Tempat penelitian ini berlokasi di Jorong Lubuk Gobing, Kecamatan Ranah Batahan, Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatra Barat. Dalam penelitian ini, lokasi tersebut dijadikan sebagai titik pengambilan data intensitas cahaya matahari yang menjadi parameter utama dalam perancangan sistem PLTS off-grid. Pengukuran intensitas matahari dilakukan untuk mengetahui seberapa besar potensi energi surya yang dapat dimanfaatkan pada daerah tersebut, sehingga dapat dijadikan dasar dalam perhitungan kapasitas sistem dan kinerja pembangkit listrik tenaga surya yang dirancang



Gambar 3. 1 Lokasi Jembatan Gantung.

3.2.3 Alasan penggunaan miniatur

Pada penelitian ini, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid tidak diaplikasikan secara langsung pada jembatan dengan kapasitas penuh 150 Wp, melainkan diwujudkan dalam bentuk miniatur jembatan dengan skala 1:30. Pertimbangan penggunaan miniatur ini didasarkan pada efisiensi biaya. Keterbatasan anggaran penelitian tidak memungkinkan penulis untuk merealisasikan pembangunan PLTS berkapasitas 150 Wp pada jembatan yang sebenarnya, mengingat harga panel surya dan komponen pendukung dengan kapasitas tersebut relatif tinggi.

Dengan menggunakan miniatur, penulis tetap dapat memperlihatkan prinsip kerja dari sistem PLTS off-grid yang dirancang. Miniatur ini berfungsi sebagai representasi sistem nyata, di mana lampu penerangan akan padam pada siang hari dan menyala secara otomatis pada malam hari. Dengan demikian, miniatur ini mampu menjadi media visualisasi sekaligus sarana pembuktian bahwa rancangan sistem PLTS dapat bekerja sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 3. 2 Jembatan gantung.

3.3 Bahan dan Alat

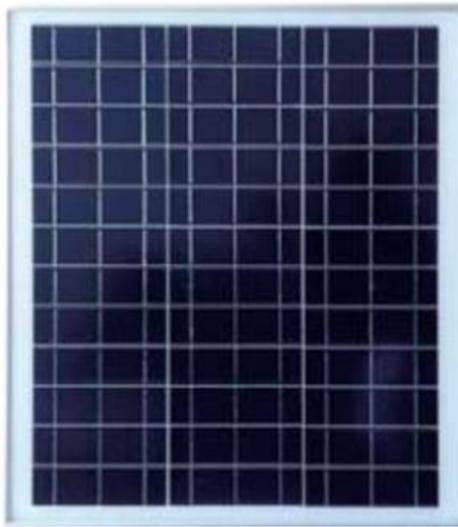
Dalam penelitian ini digunakan beberapa bahan dan alat yang berfungsi untuk mendukung perancangan serta pembuatan miniatur PLTS off-grid sebagai media penerangan jembatan. Pemilihan bahan dan alat disesuaikan dengan kebutuhan rancangan, keterjangkauan biaya, serta kemudahan dalam proses perakitan.

3.3.1 Bahan untuk PLTS

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan komponen utama dalam membangun sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid pada miniatur jembatan. Pemilihan bahan disesuaikan dengan kebutuhan rancangan, ketersediaan di pasaran, serta efisiensi biaya.

1. Panel surya

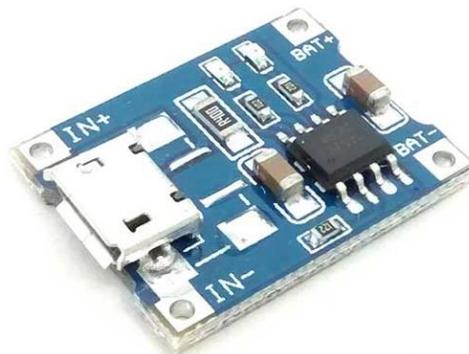
Pada penelitian ini panel surya berfungsi sebagai sumber utama atau pembangkit listrik.



Gambar 3. 3 Panel Surya.

2. Modul charger TP 4056

Dalam penelitian ini, modul charger TP 4056 berfungsi untuk mengatur arus dan tegangan listrik dari panel surya ke baterai.



Gambar 3. 4 Modul charger TP 4056.

3. Baterai

Dalam penelitian ini baterai digunakan sebagai penyimpanan energi listrik yang di hasilkan oleh panel surya.



Gambar 3. 5 Baterai

4. Lampu LED

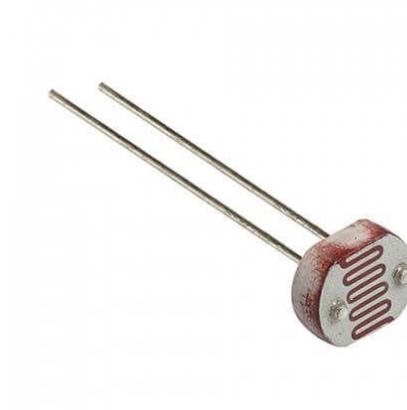
Dalam penelitian ini, Lampu LED di gunakan sebagi penerangan jembatan gantung.



Gambar 3. 6 Lampu LED.

5. LDR (light dependent resistor)

Dalam penelitian ini timer dc digunakan sebagai pengatur waktu nyala lampu, sehingga nantinya lampu tidak akan menyala sepanjang malam dan hanya menyala sekitar 6 jam.



Gambar 3. 7 LDR .

6. Kabel listrik

Dalam penelitian ini, kabel listrik digunakan untuk menyambung dan mengalirkan arus listrik dari satu komponen ke komponen lainnya.



Gambar 3. 8 Kabel listrik.

3.3.2 Bahan dan alat untuk jembatan gantung

Dalam penelitian ini, ada beberapa peralatan yang di perlukan diantaranya sebagai berikut :

1. Kawat

Dalam penelitian ini, kawat digunakan sebagai representasi dari tali seling jembatan gantung.



Gambar 3. 9 Kawat.

2. Tang Kombinasi

Dalam penelitian ini, tang kombinasi berfungsi untuk memotong, menjepit, memutar kabel listrik dan komponen yang lainnya.



Gambar 3. 10 Tang Kombinasi.

3. Tusuk sate

Dalam penelitian ini, tusuk sate berfungsi untuk mengencangkan atau melonggarkan baut yang punya kepala plus dan minus.



Gambar 3. 11 Tusuk sate.

4. Solder dan Timah

Dalam penelitian ini, solder dan timah berfungsi untuk menyambung komponen elektronik.



Gambar 3. 12 Solder dan Timah.

5. Stik es krim

Dalam penelitian ini, stik es krim di gunakan untuk bahan dasar pembuatan miniatur jembatan gantung.



Gambar 3. 13 Stik Es Krim.

6. Lakban

Dalam penelitian ini, lakban digunakan sebagai isolasi pada sambungan kabel.



Gambar 3. 14 Lakban.

7. Triplek

Dalam penelitian ini, triplek digunakan sebagai alas atau tempat pembuatan jembatan gantung.



Gambar 3. 15 Triplek.

8. Lem cina

Dalam penelitian ini, lem cina digunakan untuk merekatkan bahan bahan yang digunakan untuk pembuatan jembatan gantung.



Gambar 3. 16 Lem cina.

9. Benang bangunan

Dalam penelitian ini, benang bangunan di gunakan untuk pengikat kawat dan lantai jembatan.



Gambar 3. 17 Benang bangunan.

10. Cat minyak

Dalam penelitian ini, cat minyak di gunakan untuk mewarnai miniarur jembatan.



Gambar 3. 18 Cat minyak.

11. Gunting

Dalam penelitian ini, gunting di gunakan untuk memotong stik es krim, benang, dan bahan lainnya.



Gambar 3. 19 Gunting.

12. Kater

Dalam penelitian ini, kater di gunakan untuk memotong tusuk sate dan bahan lainnya.



Gambar 3. 20 Kater.

13. Penggaris dan pena

Dalam penelitian ini, penggaris dan pena di gunakan untuk mengukur dan menandai titik yang ingin di potong dan yang lainnya.



Gambar 3. 21 Penggaris dan pena.

14. Kapas

Dalam penelitian ini kapas di gunakan untuk dudukan agar penyambungan bahan makin kuat ketika di lem.



Gambar 3. 22 Kapas.

3.3.3 Harga Bahan dan Alat

Dalam melaksanakan penelitian ini diperlukan berbagai bahan dan alat yang mendukung perancangan serta perakitan sistem PLTS off-grid beserta miniatur jembatan gantung. Pemilihan bahan dan alat dilakukan berdasarkan kebutuhan teknis agar sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Setiap bahan dan alat yang digunakan memiliki spesifikasi tertentu serta harga yang menjadi acuan dalam perhitungan biaya penelitian. Adapun rincian daftar bahan dan alat beserta harga dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Harga bahan dan alat.

No.	Nama bahan dan alat	Harga bahan dan alat
1.	Panel surya	Rp. 125,000,00
2.	Modul charger	Rp. 8,000,00
3.	Batrai	Rp. 6,000,00
4.	Transirtor	Rp. 1,000,00
5.	LDR	Rp. 3,000,00
6.	Resistor	Rp. 2,000,00
7.	LED Diode	RP. 3,000,00
8.	Stik es krim	Rp. 23,000,00
9.	Tusuk sate	Rp. 9,000,00
10.	Lem cina	Rp. 24,000,00
11.	Cat	Rp. 36,000,00
12.	Kuas	Rp.7,000,00
13.	Kawat	Rp, 9,000,00
14.	Benang bangunan	Rp, 3,000,00
15.	Tiner	Rp,8,000,00

Bahan dan alat yang digunakan terdiri dari komponen utama PLTS dan material pendukung miniatur jembatan dengan total biaya sebesar Rp267.000,00.

3.4 Percobaan lampu 6 watt

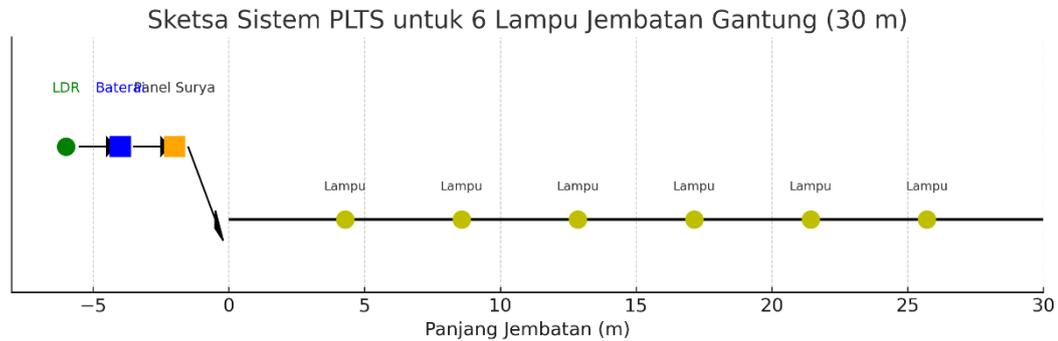
Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui efektivitas pencahayaan jalan dengan menggunakan dua buah lampu LED berdaya rendah. Dalam percobaan ini digunakan dua buah lampu dengan daya masing-masing 6 watt, dengan luminansi 540 setiap lampu. Dipasang pada jarak sekitar 6 meter satu sama lain. Sebagai tiang penopang, digunakan batang pohon sawit. Metode pemasangan dilakukan dengan menempatkan lampu pada ketinggian 3 meter agar distribusi cahaya dapat merata. Setelah lampu dinyalakan, dilakukan pengamatan langsung pada kondisi malam hari untuk menilai tingkat pencahayaan.



Gambar 3. 23 Percobaan lampu 6 watt

Dilihat dari gambar 3. 21, hasil pengamatan menunjukkan bahwa pencahayaan dari kedua lampu tersebut mampu memberikan penerangan yang cukup terang pada jalan setapak. Cahaya yang dihasilkan mampu menerangi jalur secara jelas, sehingga meningkatkan visibilitas dan keamanan bagi pengguna jalan pada malam hari. Dengan demikian, percobaan ini dapat menjadi gambaran untuk penerangan jembatan gantung dengan menggunakan lampu 6 watt.

3.5 Sketsa sistem PLTS



Gambar 3. 24 Sketsa sistem PLTS.

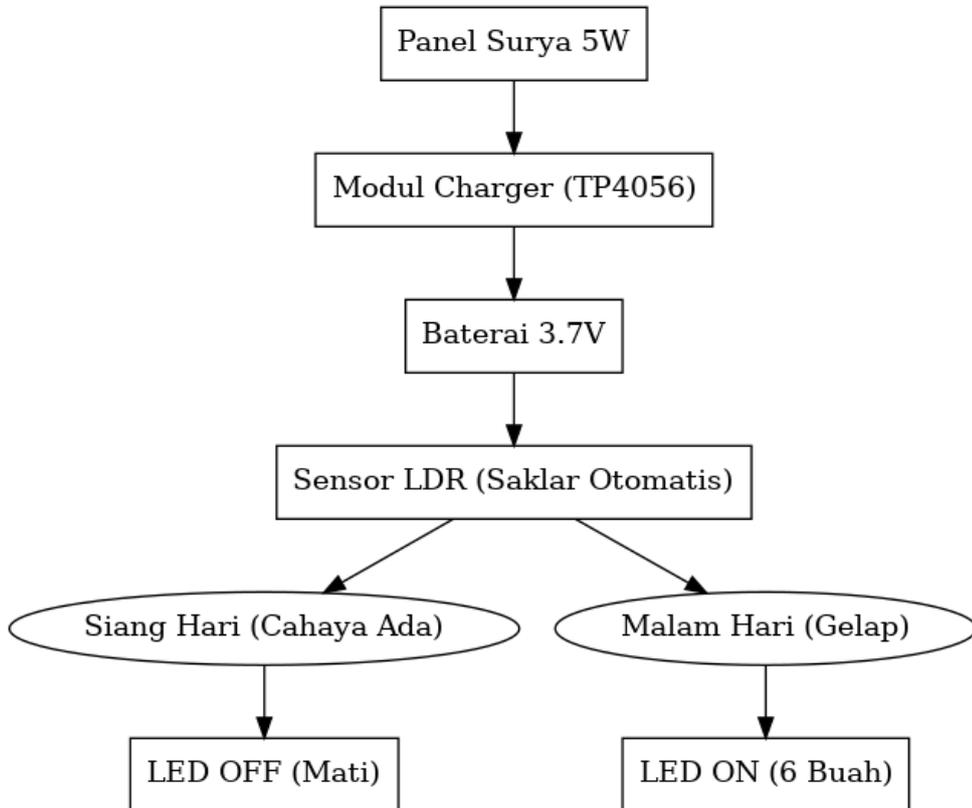
Dilihat dari gambar 3. 22, menunjukkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk penerangan jembatan gantung sepanjang 30 meter dengan enam titik lampu yang terdistribusi merata di sepanjang bentang jembatan. Energi listrik pada sistem ini bersumber dari panel surya yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik dan disimpan di dalam baterai untuk digunakan pada malam hari. Aliran listrik dari baterai dikendalikan oleh sensor LDR (Light Dependent Resistor) yang berfungsi sebagai saklar otomatis, sehingga lampu akan menyala ketika kondisi lingkungan gelap dan mati saat siang hari. Dengan konfigurasi ini, sistem penerangan jembatan bekerja secara otomatis, mandiri, serta ramah lingkungan karena memanfaatkan energi terbarukan dari sinar matahari.

3.6 Desain PLTS

Desain sistem pada bagan ini merupakan representasi dari Pembangkit Tenaga Surya (PLTS) miniatur Listrik yang dirancang untuk bekerja secara otomatis dengan memanfaatkan sensor cahaya atau LDR sebagai saklar. Pada siang hari, panel surya berkapasitas 5 Wp berfungsi mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik arus searah (DC). Energi listrik yang dihasilkan kemudian dialirkan menuju modul charger TP4056 yang berperan sebagai pengatur proses pengisian baterai. Modul ini memastikan arus dan tegangan pengisian tetap stabil sehingga baterai dapat terisi dengan aman tanpa

menimbulkan risiko kerusakan akibat kelebihan muatan. Energi listrik tersebut disimpan dalam baterai lithium bertegangan 3,7 Volt yang difungsikan sebagai sumber daya utama pada malam hari.

Untuk mengoptimalkan kinerja, sistem ini dilengkapi dengan sensor LDR yang berfungsi sebagai saklar otomatis berdasarkan intensitas cahaya lingkungan. Pada kondisi siang hari ketika cahaya matahari masih tersedia, LDR mendeteksi keadaan terang sehingga rangkaian memutuskan aliran listrik menuju lampu LED, dan akibatnya enam buah lampu LED tetap berada dalam kondisi mati. Sebaliknya, ketika malam tiba dan intensitas cahaya berkurang, LDR akan menghubungkan aliran listrik dari baterai ke lampu LED sehingga lampu dapat menyala secara otomatis sebagai penerangan. Mekanisme ini menjadikan sistem mampu beroperasi secara mandiri dengan memanfaatkan energi matahari pada siang hari untuk diubah menjadi energi listrik, kemudian disimpan dalam baterai, dan digunakan kembali sebagai sumber penerangan pada malam hari.

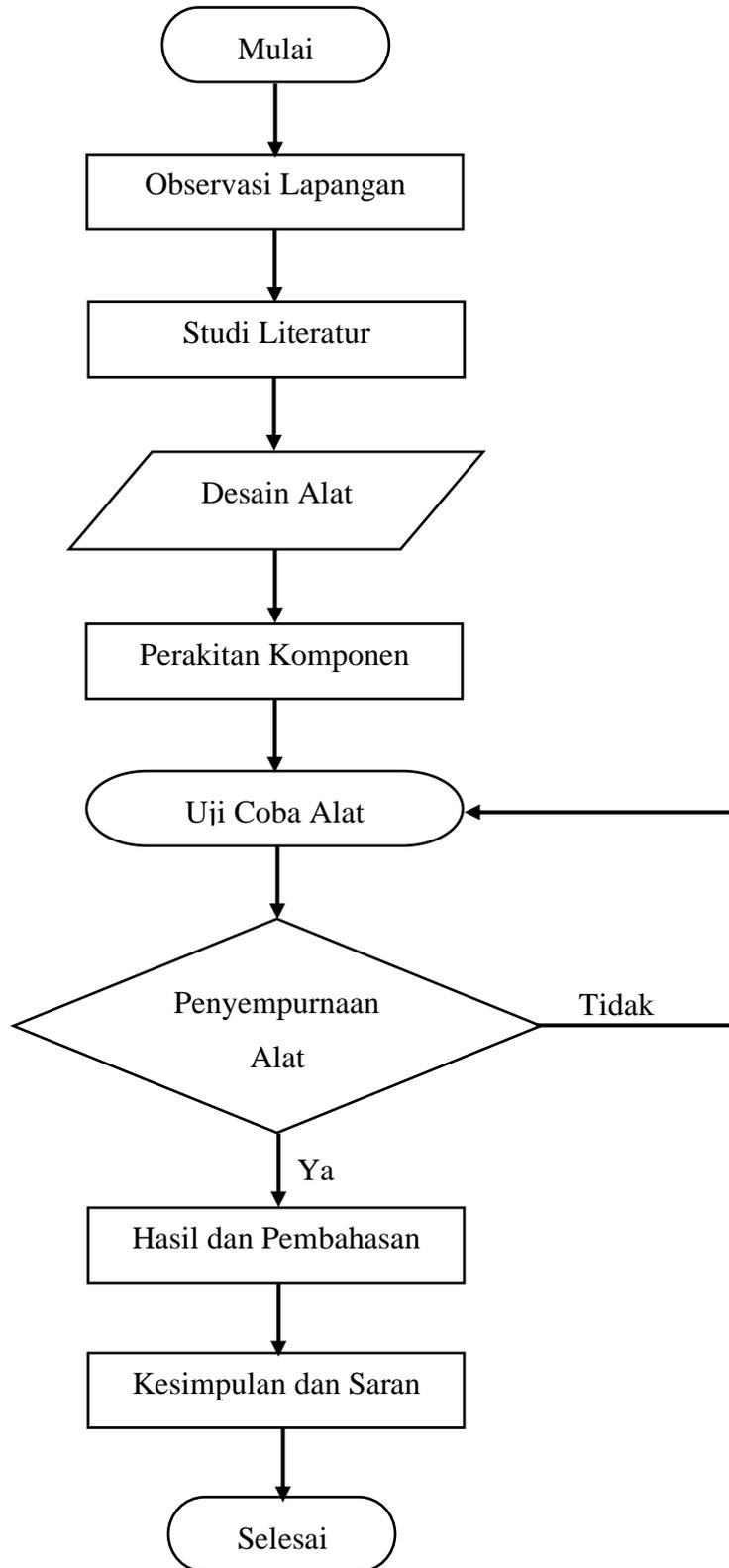


Gambar 3. 25 Desain PLTS.

Berdasarkan diagram blok 3.25, alur kerja sistem digambarkan secara jelas mulai dari konversi energi cahaya matahari hingga penggunaannya untuk penerangan. Panel surya berperan sebagai sumber energi utama yang menghasilkan listrik DC, kemudian energi tersebut diatur oleh modul charger TP4056 sebelum masuk ke dalam baterai. Baterai berfungsi sebagai media penyimpanan energi yang siap digunakan kapan saja, khususnya pada saat malam hari. Selanjutnya, sensor LDR bekerja untuk mengatur jalur arus berdasarkan kondisi cahaya sekitar, sehingga dapat mengendalikan beban penerangan berupa lampu LED secara otomatis. Hubungan antar komponen dalam diagram blok tersebut menunjukkan bahwa seluruh sistem terintegrasi dengan baik, sederhana dalam penerapan, efisien dalam penggunaan energi, serta ramah lingkungan karena sepenuhnya memanfaatkan sumber energi terbarukan dari sinar matahari.

3.7 Bagan Alir Penelitian

Diagram alir dalam penelitian ini digunakan pada gambar *flowchart* dibawah ini.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari

4.1.1 Data iridiasi matahari

Data iridiasi matahari tersebut di ambil di jorong lubuk gobing, pengukuran di lakukan selama 20 hari mulai dari tanggal 01 juli 2025, sampai dengan tanggal 20 juli 2025. Iridiasi matahari di ukur menggunakan solar power meter tipe SM 206, pengakuran dilakukan setiap hari dan di ukur mulai dari jam 08:00 WIB sampai jam 17:00 WIB pengukuran di lakukan setiap satu jam sekali. Hasil dari pengukuran tersebut dapat di lihat pada tabel di bawah ini :

1. Data intensitas cahaya matahari pada hari Selasa, 01 juli 2025

Tabel 4. 1 Data pengukuran iradiasi tanggal 01, july 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m^2)
1.	08:00 - 09:00	104,8
2.	09:00 -10:00	247,7
3.	10:00 - 11:00	408,2
4.	11:00 - 12:00	586,1
5.	12:00 - 13:00	701,8
6.	13:00 - 14:00	752,4
7.	14:00 - 15:00	689,3
8.	15:00 - 16:00	521,0
9.	16:00 - 17:00	450,1
10.	17:00 - 18:00	304,1
	Jumlah total	4.765,5

Berdasarkan data pengukuran pada hari Selasa, 1 Juli 2025, intensitas cahaya matahari meningkat dari 104,8 W/m^2 pada pukul 08:00 hingga mencapai puncak sebesar 752,4 W/m^2 pada pukul 13:00–14:00. Setelah itu, intensitas berangsur menurun hingga 304,1 W/m^2 pada pukul 17:00–18:00.

Total intensitas cahaya yang tercatat sepanjang waktu pengamatan adalah 4.765,5 W/m².

2. Data intensitas cahaya matahari pada hari Rabu, 02 juli 2025

Tabel 4. 2 Data pengukuran iradiasi tanggal 02, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	173,4
2.	09:00 -10:00	289,2
3.	10:00 - 11:00	469,0
4.	11:00 - 12:00	597,3
5.	12:00 - 13:00	754,6
6.	13:00 - 14:00	721,0
7.	14:00 - 15:00	658,7
8.	15:00 - 16:00	575,3
9.	16:00 - 17:00	402,6
10.	17:00 - 18:00	232,0
	Jumlah total	4.837,1

Berdasarkan data pengukuran pada hari Selasa, 2 Juli 2025, intensitas cahaya matahari meningkat dari 173,4 W/m² pada pukul 08:00 hingga mencapai puncak sebesar 754,6 W/m² pada pukul 12:00–13:00. Setelah itu, intensitas berangsur menurun hingga 232,0 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Total intensitas cahaya yang tercatat sepanjang waktu pengamatan adalah 4.837,1 W/m².

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	170,3
2.	09:00 -10:00	270,1
3.	10:00 - 11:00	306,7
4.	11:00 - 12:00	509,8
5.	12:00 - 13:00	627,0

6.	13:00 - 14:00	701,3
7.	14:00 - 15:00	750,1
8.	15:00 - 16:00	637,0
9.	16:00 - 17:00	473,6
10.	17:00 - 18:00	205,3
	Jumlah total	4.650,6

3. Data intensitas cahaya matahari pada hari Kamis, 03 juli 2025

Tabel 4. 3 Data pengukuran iradiasi tanggal 03, juli 2025.

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Kamis, 3 Juli 2025, intensitas cahaya matahari tercatat berfluktuasi dari pagi hingga sore dengan total sebesar 4.650,6 W/m². Pada pukul 08:00–09:00, intensitas awal berada di angka 170,3 W/m², kemudian terus meningkat hingga mencapai nilai puncak sebesar 750,1 W/m² pada pukul 14:00–15:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun secara bertahap menjadi 637,0 W/m² pada pukul 15:00–16:00, lalu turun lagi hingga 205,3 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa distribusi energi matahari paling optimal terjadi pada rentang waktu sekitar pukul 12:00 hingga 15:00.

4. Data intensitas cahaya matahari pada hari Jum'at, 04 juli 2025

Tabel 4. 4 Data pengukuran iradiasi tanggal 04, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	120,6
2.	09:00 -10:00	203,8
3.	10:00 - 11:00	385,9
4.	11:00 - 12:00	480,5
5.	12:00 - 13:00	692,0
6.	13:00 - 14:00	720,5
7.	14:00 - 15:00	701,2
8.	15:00 - 16:00	620,8
9.	16:00 - 17:00	448,6
10.	17:00 - 18:00	217,3

Jumlah total	4.591,2
--------------	---------

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Jumat, 4 Juli 2025, intensitas cahaya matahari sepanjang hari tercatat mencapai total 4.591,2 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal masih rendah yaitu 120,6 W/m², lalu meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak sebesar 720,5 W/m² pada pukul 13:00–14:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi 701,2 W/m² pada pukul 14:00–15:00 dan terus berkurang hingga 217,3 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa periode paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi antara pukul 12:00 hingga 14:00.

5. Data intensitas cahaya matahari pada hari Sabtu, 05 juli 2025

Tabel 4. 5 Data pengukuran iradiasi tanggal 05, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	106,2
2.	09:00 -10:00	278,3
3.	10:00 - 11:00	425,0
4.	11:00 - 12:00	568,6
5.	12:00 - 13:00	648,2
6.	13:00 - 14:00	772,6
7.	14:00 - 15:00	791,5
8.	15:00 - 16:00	659,2
9.	16:00 - 17:00	403,6
10.	17:00 - 18:00	301,6
	Jumlah total	4.954,7

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Sabtu, 5 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.954,7 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal masih rendah yaitu 106,2 W/m², kemudian meningkat tajam hingga mencapai 772,6 W/m² pada pukul 13:00–14:00 dan puncaknya terjadi pada pukul 14:00–15:00 sebesar 791,5 W/m². Setelah itu, intensitas mulai menurun bertahap, dari 659,2 W/m² pada pukul 15:00–16:00

hingga mencapai 301,6 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Hasil ini menunjukkan bahwa periode dengan intensitas cahaya matahari paling optimal terjadi antara pukul 12:00 hingga 15:00.

6. Data intensitas cahaya matahari pada hari Minggu, 06 juli 2025

Tabel 4. 6 Data pengukuran iradiasi tanggal 06, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	103,7
2.	09:00 -10:00	282,9
3.	10:00 - 11:00	391,8
4.	11:00 - 12:00	592,7
5.	12:00 - 13:00	658,0
6.	13:00 - 14:00	781,3
7.	14:00 - 15:00	760,2
8.	15:00 - 16:00	659,6
9.	16:00 - 17:00	367,1
10.	17:00 - 18:00	241,0
	Jumlah total	4.837,9

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Minggu, 6 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.837,9 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal masih rendah yaitu 103,7 W/m², kemudian meningkat secara signifikan hingga mencapai nilai tertinggi sebesar 781,3 W/m² pada pukul 13:00–14:00. Setelah itu, intensitas sedikit menurun menjadi 760,2 W/m² pada pukul 14:00–15:00, lalu terus berkurang secara bertahap hingga mencapai 241,0 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa periode dengan intensitas cahaya matahari paling optimal terjadi pada rentang waktu sekitar pukul 12:00 hingga 14:00

7. Data intensitas cahaya matahari pada hari Senin, 07 juli 2025

Tabel 4. 7 Data pengukuran iradiasi tanggal 07, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
-----	-----	--

1.	08:00 - 09:00	190,1
2.	09:00 -10:00	259,0
3.	10:00 - 11:00	448,4
4.	11:00 - 12:00	631,1
5.	12:00 - 13:00	807,2
6.	13:00 - 14:00	785,1
7.	14:00 - 15:00	602,3
8.	15:00 - 16:00	583,6
9.	16:00 - 17:00	375,2
10.	17:00 - 18:00	210,3
	Jumlah total	4.892,3

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Senin, 7 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.892,3 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal berada pada angka 190,1 W/m², kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak tertinggi sebesar 807,2 W/m² pada pukul 12:00–13:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi 785,1 W/m² pada pukul 13:00–14:00, lalu berangsur berkurang hingga mencapai 210,3 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa waktu paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi sekitar pukul 12:00 hingga 13:00.

8. Data intensitas cahaya matahari pada hari Selasa, 08 juli 2025

Tabel 4. 8 Data pengukuran iradiasi tanggal 08, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	158,2
2.	09:00 -10:00	322,7
3.	10:00 - 11:00	472,0
4.	11:00 - 12:00	647,1
5.	12:00 - 13:00	818,0
6.	13:00 - 14:00	765,8
7.	14:00 - 15:00	652,4

8.	15:00 - 16:00	532,0
9.	16:00 - 17:00	340,4
10.	17:00 - 18:00	228,1
	Jumlah total	4.937,5

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Selasa, 8 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.937,5 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal masih relatif rendah yaitu 158,2 W/m², kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak tertinggi sebesar 818,0 W/m² pada pukul 12:00–13:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi 765,8 W/m² pada pukul 13:00–14:00, lalu terus berkurang hingga mencapai 228,1 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa periode paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi sekitar pukul 12:00 hingga 13:00.

9. Data intensitas cahaya matahari pada hari Rabu, 09 juli 2025

Tabel 4. 9 Data pengukuran iradiasi tanggal 09, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	173,2
2.	09:00 -10:00	262,5
3.	10:00 - 11:00	382,6
4.	11:00 - 12:00	502,7
5.	12:00 - 13:00	734,1
6.	13:00 - 14:00	702,5
7.	14:00 - 15:00	672,8
8.	15:00 - 16:00	497,2
9.	16:00 - 17:00	347,0
10.	17:00 - 18:00	104,3
	Jumlah total	4.378,9

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Rabu, 9 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.378,9 W/m². Pada pagi hari pukul

08:00–09:00, intensitas awal berada pada angka 173,2 W/m², kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak tertinggi sebesar 734,1 W/m² pada pukul 12:00–13:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi 702,5 W/m² pada pukul 13:00–14:00, lalu terus berangsur turun hingga mencapai 104,3 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa periode paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi sekitar pukul 12:00 hingga 13:00.

10. Data intensitas cahaya matahari pada hari Kamis, 10 juli 2025

Tabel 4. 10 Data pengukuran iradiasi tanggal 10, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	175,0
2.	09:00 -10:00	263,4
3.	10:00 - 11:00	350,2
4.	11:00 - 12:00	425,8
5.	12:00 - 13:00	774,2
6.	13:00 - 14:00	784,4
7.	14:00 - 15:00	682,0
8.	15:00 - 16:00	572,4
9.	16:00 - 17:00	396,3
10.	17:00 - 18:00	203,5
	Jumlah total	4.627,2

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Kamis, 10 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.627,2 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal berada pada angka 175,0 W/m², kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak tertinggi sebesar 784,4 W/m² pada pukul 13:00–14:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi 682,0 W/m² pada pukul 14:00–15:00, lalu terus berangsur turun hingga mencapai 203,5 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa periode paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi sekitar pukul 12:00 hingga 14:00.

11. Data intensitas cahaya matahari pada hari Jum'at, 11 juli 2025

Tabel 4. 11 Data pengukuran iradiasi tanggal 11, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m^2)
1.	08:00 - 09:00	134,9
2.	09:00 -10:00	252,6
3.	10:00 - 11:00	371,3
4.	11:00 - 12:00	560,2
5.	12:00 - 13:00	693,0
6.	13:00 - 14:00	721,4
7.	14:00 - 15:00	680,2
8.	15:00 - 16:00	522,5
9.	16:00 - 17:00	302,1
10.	17:00 - 18:00	193,3
	Jumlah total	4.431,5

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Jum'at, 11 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.431,5 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal berada pada angka 134,9 W/m², kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak tertinggi sebesar 721,4 W/m² pada pukul 13:00–14:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi 680,2 W/m² pada pukul 14:00–15:00, lalu terus berangsur turun hingga mencapai 193,3 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa periode paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi sekitar pukul 12:00 hingga 14:00.

12. Data intensitas cahaya matahari pada hari Sabtu, 12 juli 2025

Tabel 4. 12 Data pengukuran iradiasi tanggal 12, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m^2)
1.	08:00 - 09:00	183,2
2.	09:00 -10:00	263,7

3.	10:00 - 11:00	413,6
4.	11:00 - 12:00	543,1
5.	12:00 - 13:00	743,7
6.	13:00 - 14:00	727,2
7.	14:00 - 15:00	620,3
8.	15:00 - 16:00	572,2
9.	16:00 - 17:00	364,2
10.	17:00 - 18:00	194,0
	Jumlah total	4.625,2

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Sabtu, 12 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.625,2 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal berada pada angka 183,2 W/m², kemudian meningkat bertahap hingga mencapai puncak tertinggi sebesar 743,7 W/m² pada pukul 12:00–13:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi 727,2 W/m² pada pukul 13:00–14:00, lalu terus berangsur berkurang hingga mencapai 194,0 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa periode paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi sekitar pukul 12:00 hingga 13:00.

13. Data intensitas cahaya matahari pada hari Minggu, 13 July 2025

Tabel 4. 13 Data pengukuran iradiasi tanggal 13, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	168,9
2.	09:00 -10:00	254,9
3.	10:00 - 11:00	396,2
4.	11:00 - 12:00	560,7
5.	12:00 - 13:00	702,1
6.	13:00 - 14:00	753,5
7.	14:00 - 15:00	639,3
8.	15:00 - 16:00	543,7
9.	16:00 - 17:00	320,9

10.	17:00 - 18:00	203,1
	Jumlah total	4.543,3

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Minggu, 13 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.543,3 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal berada pada angka 168,9 W/m², kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak tertinggi sebesar 753,5 W/m² pada pukul 13:00–14:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi 639,3 W/m² pada pukul 14:00–15:00, lalu terus berangsur turun hingga mencapai 203,1 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa periode paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi sekitar pukul 12:00 hingga 14:00.

14. Data intensitas cahaya matahari pada hari Senin, 14 juli 2025

Tabel 4. 14 Data pengukuran iradiasi tanggal 14, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	142,0
2.	09:00 -10:00	253,4
3.	10:00 - 11:00	401,3
4.	11:00 - 12:00	562,4
5.	12:00 - 13:00	744,2
6.	13:00 - 14:00	723,0
7.	14:00 - 15:00	593,6
8.	15:00 - 16:00	420,4
9.	16:00 - 17:00	302,1
10.	17:00 - 18:00	160,3
	Jumlah total	4.302,7

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Senin, 14 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.302,7 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal masih rendah yaitu 142,0 W/m², kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak tertinggi sebesar 744,2 W/m² pada pukul 12:00–13:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi

723,0 W/m² pada pukul 13:00–14:00, lalu terus berkurang hingga mencapai 160,3 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa waktu paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi sekitar pukul 12:00 hingga 13:00.

15. Data intensitas cahaya matahari pada hari Selasa, 15 juli 2025

Tabel 4. 15 Data pengukuran iradiasi tanggal 15, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	158,2
2.	09:00 -10:00	284,1
3.	10:00 - 11:00	376,8
4.	11:00 - 12:00	591,3
5.	12:00 - 13:00	695,8
6.	13:00 - 14:00	713,2
7.	14:00 - 15:00	630,6
8.	15:00 - 16:00	430,2
9.	16:00 - 17:00	315,3
10.	17:00 - 18:00	192,5
	Jumlah total	4.388

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Selasa, 15 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.388 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal masih rendah yaitu 158,2 W/m², kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak tertinggi sebesar 713,2 W/m² pada pukul 13:00–14:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi 630,6 W/m² pada pukul 14:00–15:00, lalu terus berkurang hingga mencapai 192,5 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa waktu paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi sekitar pukul 12:00 hingga 14:00.

16. Data intensitas cahaya matahari pada hari Rabu, 16 juli 2025

Tabel 4. 16 Data pengukuran iradiasi tanggal 16, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	196,4

2.	09:00 -10:00	267,3
3.	10:00 - 11:00	402,3
4.	11:00 - 12:00	523,1
5.	12:00 - 13:00	720,1
6.	13:00 - 14:00	703,8
7.	14:00 - 15:00	631,5
8.	15:00 - 16:00	385,2
9.	16:00 - 17:00	292,3
10.	17:00 - 18:00	159,3
	Jumlah total	4.281,6

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Rabu, 16 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.281,6 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal berada pada angka 196,4 W/m², kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak tertinggi sebesar 720,1 W/m² pada pukul 12:00–13:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi 703,8 W/m² pada pukul 13:00–14:00, lalu terus berkurang hingga mencapai 159,3 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa periode paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi sekitar pukul 12:00 hingga 13:00.

17. Data intensitas cahaya matahari pada hari Kamis, 17 juli 2025

Tabel 4. 17 Data pengukuran iradiasi tanggal 17, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	183,1
2.	09:00 -10:00	273,5
3.	10:00 - 11:00	350,2
4.	11:00 - 12:00	537,9
5.	12:00 - 13:00	704,7
6.	13:00 - 14:00	721,6
7.	14:00 - 15:00	629,4
8.	15:00 - 16:00	538,1

9.	16:00 - 17:00	394,2
10.	17:00 - 18:00	203,4
	Jumlah total	4.536,1

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Kamis, 17 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.536,1 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal berada pada angka 183,1 W/m², kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak tertinggi sebesar 721,6 W/m² pada pukul 13:00–14:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi 629,4 W/m² pada pukul 14:00–15:00, lalu terus berkurang hingga mencapai 203,4 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa periode paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi sekitar pukul 12:00 hingga 14:00.

18. Data intensitas cahaya matahari pada hari jum'at, 18 juli 2025

Tabel 4. 18 Data pengukuran iradiasi tanggal 18, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	173,4
2.	09:00 -10:00	284,1
3.	10:00 - 11:00	463,2
4.	11:00 - 12:00	548,2
5.	12:00 - 13:00	724,1
6.	13:00 - 14:00	702,7
7.	14:00 - 15:00	612,9
8.	15:00 - 16:00	461,0
9.	16:00 - 17:00	351,1
10.	17:00 - 18:00	203,6
	Jumlah total	4.524,3

Berdasarkan hasil pengukuran pada hari Jum'at, 18 Juli 2025, total intensitas cahaya matahari yang tercatat adalah 4.524,3 W/m². Pada pagi hari pukul 08:00–09:00, intensitas awal berada pada angka 173,4 W/m², kemudian

meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak tertinggi sebesar 724,1 W/m² pada pukul 12:00–13:00. Setelah itu, intensitas mulai menurun menjadi 702,7 W/m² pada pukul 13:00–14:00, lalu terus berangsur turun hingga mencapai 203,6 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Data ini menunjukkan bahwa waktu paling optimal untuk pemanfaatan energi matahari terjadi sekitar pukul 12:00 hingga 13:00.

19. Data intensitas cahaya matahari pada hari Sabtu, 19 juli 2025

Tabel 4. 19 Data pengukuran iradiasi tanggal 19, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m ²)
1.	08:00 - 09:00	182,2
2.	09:00 -10:00	273,6
3.	10:00 - 11:00	412,8
4.	11:00 - 12:00	593,3
5.	12:00 - 13:00	783,2
6.	13:00 - 14:00	721,0
7.	14:00 - 15:00	598,2
8.	15:00 - 16:00	412,3
9.	16:00 - 17:00	321,7
10.	17:00 - 18:00	204,3
	Jumlah total	4.502,6

Berdasarkan hasil pengukuran intensitas cahaya matahari pada hari Sabtu, 19 Juli 2025, total yang tercatat adalah 4.502,6 W/m². Pada pukul 08:00–09:00 intensitas awal sebesar 182,2 W/m², kemudian terus meningkat hingga mencapai puncaknya pada pukul 12:00–13:00 dengan nilai tertinggi 783,2 W/m². Setelah itu, intensitas mulai menurun secara bertahap, dari 721,0 W/m² pada pukul 13:00–14:00 hingga mencapai 204,3 W/m² pada pukul 17:00–18:00. Hasil ini memperlihatkan bahwa kondisi paling optimal untuk pemanfaatan energi surya terjadi pada siang hari, khususnya sekitar pukul 12:00–13:00, ketika intensitas cahaya berada pada titik maksimum.

20. Data intensitas cahaya matahari pada hari Minggu, 20 juli 2025

Tabel 4. 20 Data pengukuran iradiasi tanggal 20, juli 2025.

No.	Jam	Intensitas cahaya (W/ m^2)
1.	08:00 - 09:00	183,0
2.	09:00 -10:00	278,4
3.	10:00 - 11:00	395,8
4.	11:00 - 12:00	578,4
5.	12:00 - 13:00	743,1
6.	13:00 - 14:00	702,3
7.	14:00 - 15:00	572,1
8.	15:00 - 16:00	438,7
9.	16:00 - 17:00	342,0
10.	17:00 - 18:00	231,2
	Jumlah total	4.465

Berikut ini merupakan data hasil pengukuran iradiasi matahari yang diperoleh di Jorong Lubuk Gobing, Kecamatan Ranah Batahan, Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatera Barat. Pengukuran dilakukan secara langsung di lapangan menggunakan alat ukur iradiasi matahari dengan metode pencatatan setiap interval satu jam sekali, dimulai dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB setiap harinya.

Kegiatan pengambilan data iradiasi matahari ini dilaksanakan secara rutin setiap hari selama 20 hari berturut-turut, dimulai pada hari Selasa, 01 Juli 2025, hingga hari Minggu, 20 Juli 2025. Data yang diperoleh pada setiap jam pengukuran selanjutnya diolah dan dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai harian. Nilai iradiasi yang awalnya direkam dalam satuan Watt per meter persegi (W/m^2) kemudian dikonversi menjadi satuan kilowatt jam per meter persegi (kWh/m^2) untuk memudahkan analisis dan perhitungan kebutuhan kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Proses konversi dari W/m^2 ke kWh/m^2 dapat dilakukan dengan rumus berikut :

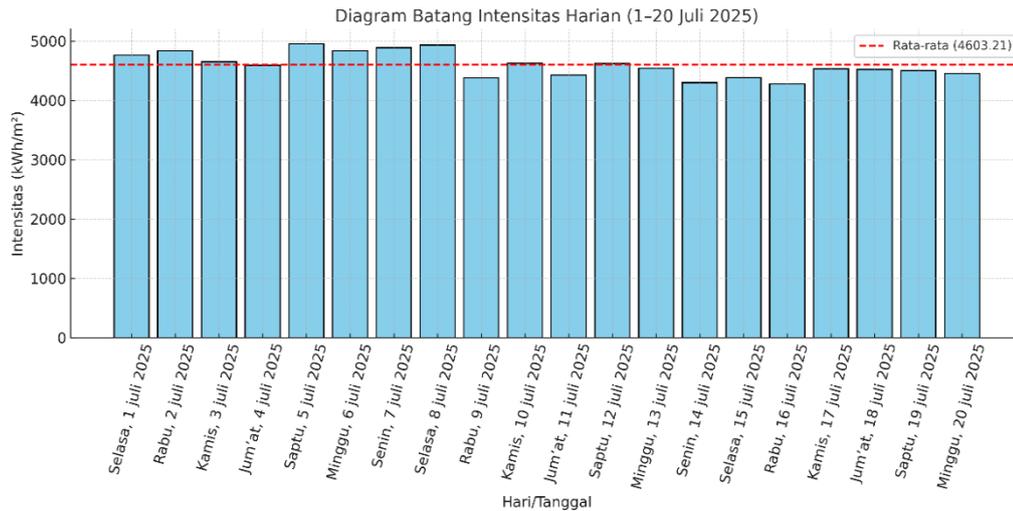
$$\text{kWh/m}^2 = \frac{\text{total (W/m}^2\text{)}}{1000}$$

Dengan cara ini, diperoleh data iradiasi matahari harian dalam satuan kWh/m² yang lebih representatif untuk digunakan pada analisis kinerja sistem PLTS. Data yang telah dikonversi ini sangat penting karena mempermudah perhitungan estimasi energi listrik yang dapat dihasilkan oleh modul surya di lokasi penelitian. Data tersebut dapat di lihat pada tabel 4.21.

Tabel 4. 21 Data iradiasi harian.

No	Hari/Tanggal	Rata-rata Intensitas (Kwh/ m ²)
1.	Selasa, 1 juli 2025	4.765,5
2.	Rabu, 2 juli 2025	4.837,1
3.	Kamis, 3 juli 2025	4.650,6
4.	Jum'at, 4 juli 2025	4.591,2
5.	Sabtu, 5 juli 2025	4.954,7
6.	Minggu, 6 juli 2025	4.837,9
7.	Senin, 7 juli 2025	4.892,3
8.	Selasa, 8 juli 2025	4.937,5
9.	Rabu, 9 juli 2025	4.378,9
10.	Kamis, 10 juli 2025	4.627,2
11.	Jum'at, 11 juli 2025	4.431,5
12.	Sabtu, 12 juli 2025	4.625,2
13.	Minggu, 13 juli 2025	4.543,3
14.	Senin, 14 juli 2025	4.302,7
15.	Selasa, 15 juli 2025	4.388,0
16.	Rabu, 16 juli 2025	4.281,6
17.	Kamis, 17 juli 2025	4.536,1
18.	Jum'at, 18 juli 2025	4.524,3
19.	Sabtu, 19 juli 2025	4.502,6
20.	Minggu, 20 juli 2025	4.456,0

Untuk mengetahui potensi energi surya yang dapat dimanfaatkan, dilakukan pengukuran rata-rata intensitas radiasi matahari harian selama periode 1–20 Juli 2025. Data hasil pengukuran tersebut kemudian disajikan dalam bentuk diagram agar lebih mudah dianalisis. Diagram ini memperlihatkan fluktuasi intensitas harian yang terjadi, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai stabilitas serta ketersediaan energi surya pada periode pengamatan.



Gambar 4. 1 Diagram iradiasi harian.

Dari diagram tersebut terlihat bahwa intensitas radiasi matahari bervariasi setiap harinya. Nilai intensitas tertinggi tercatat pada tanggal 5 Juli 2025 sebesar 4.954,7 kWh/m², sedangkan nilai terendah terjadi pada tanggal 16 Juli 2025 sebesar 4.281,6 kWh/m². Secara keseluruhan, rata-rata intensitas radiasi matahari selama periode pengamatan adalah sebesar 4.603,21 kWh/m². Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi radiasi matahari di lokasi penelitian relatif stabil dan dapat dijadikan dasar perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Menghitung rata-rata iradiasi matahari di jorong lubuk gobong dari data di atas menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \sum x / n$$

Dimana :

$\sum x$: jumlah seluruh data

n : banyaknya data

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \sum x / n$$

$$(\bar{x}) = 92064,2 / 20$$

$$(\bar{x}) = 4.603,21 \text{ Kwh} / m^2$$

Jadi dari perhitungan di atas di dapatkan nilai rata-rata iradiasi matahari per hari di jorong lubuk gobing sebesar 4.603,21 Kwh / m².

4.1.2 Perhitungan Luminansi

Jembatan gantung yang menjadi objek penelitian ini memiliki dimensi panjang 30 meter dengan lebar 2 meter, sehingga luas area yang perlu diterangi adalah sebesar 60 m². Untuk sistem penerangan, digunakan enam titik lampu dengan spesifikasi daya 6 Watt dan menghasilkan fluks cahaya (luminous flux) sebesar 540 lumen per lampu. Pemilihan lampu ini didasarkan pada pertimbangan efisiensi energi serta kemampuan memberikan tingkat pencahayaan yang sesuai dengan standar penerangan jalan umum di kawasan pedesaan.

Metode yang digunakan dalam perhitungan intensitas pencahayaan adalah metode lumen (lumen method), yang umum diaplikasikan dalam desain sistem pencahayaan baik untuk ruang dalam maupun penerangan jalan. Rumus yang digunakan untuk menghitung iluminansi rata-rata (*E_{avg}*) adalah sebagai berikut:

$$E_{avg} = \frac{\Phi_{total} \times UF \times MF}{A} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

- Φ_{total} : Total fluks cahaya (lumen)
- UF : Utilization Factor (faktor penggunaan cahaya)
- MF : Maintenance Factor (faktor pemeliharaan)
- A : luas area yang diterangi (m²)
- E_{avg}* : Iluminansi rata-rata (Lux)

1. Total Fluks cahaya

$$\Phi_{total} = 6 \text{ lampu} \times 540 \text{ lumen} = 3240 \text{ lumen}$$

2. Luas jembatan gantung

$$30 \text{ meter} \times 2 \text{ meter} = 60 \text{ m}^2$$

3. UF (faktor pemanfaatan) dan MF (faktor pemeliharaan)

UF = 0,4 (nilai umum untuk kondisi jalan logam hitam)

MF = 0,8 (nilai umum dengan asumsi perawatan standar)

4. Hitung nilai iluminansi rata-rata

$$E_{avg} = \frac{3240 \times 0,4 \times 0,8}{60}$$

$$E_{avg} = \frac{1036,8}{60} = 17,28 \text{ Lux}$$

Berdasarkan perhitungan dengan metode lumen, diperoleh tingkat iluminansi rata-rata sebesar 17,28 lux pada jembatan gantung. Nilai ini melebihi standar minimum pencahayaan untuk jalur pejalan kaki dan kendaraan ringan di area pedesaan menurut SNI 7391:2008, yang umumnya berada di kisaran 2–5 lux. Dengan demikian, penggunaan enam buah lampu berdaya 6 Watt pada jembatan ini dapat dikatakan sudah sangat baik dan memadai dalam memenuhi kebutuhan pencahayaan, serta mampu memberikan kenyamanan dan keamanan visual bagi pengguna jembatan pada malam hari.

Pemilihan enam titik lampu dalam penelitian ini didasarkan pada standar pencahayaan jalan. Berdasarkan SNI 7391:2008, jalan lingkungan membutuhkan tingkat iluminasi 5–10 lux dengan rasio jarak tiang terhadap tinggi tiang (S/H) tidak lebih dari 3–4. Dengan tinggi tiang 3 meter dan jarak antar tiang 5–6 meter, rancangan enam titik masih memenuhi standar tersebut. Selain itu, menurut PUIL 2011, sistem penerangan harus memenuhi kebutuhan cahaya dengan tetap memperhatikan efisiensi energi. Penggunaan enam titik lampu ber-lumen lebih besar dinilai lebih efisien dibanding sepuluh titik lampu ber-lumen kecil, karena menghasilkan iluminasi yang setara namun dengan instalasi dan biaya perawatan lebih rendah. Oleh karena itu, pemilihan enam titik dianggap optimal dari sisi teknis, efisiensi, dan kesesuaian dengan standar.

4.1.3 Kapasitas PLTS

Kemudian untuk menentukan kapasitas PLTS yang pas untuk penerangan jembatan gantung yang ada di sana. Pertama-tama menghitung total berapa daya yang akan membebani PLTS tersebut yaitu, 6 buah lampu dengan daya masing masing 6 watt setiap lampu. Menghitung total daya lampu tersebut.

$$6 \times 6 = 36 \text{ watt}$$

Seterusnya menghitung daya harian dari lampu tersebut, nantinya ke 6 lampu tersebut akan menyala selama 12 jam per hari,

$$12 \times 36 = 432 \text{ watt hour}$$

Menghitung kapasitas panel surya

Rumus umum :

$$P_{panel} = \text{Energi beban harian} / \text{PSH} \times n_{sistem}$$

Dimana :

PSH = Peak sun hours (iradiasi rata-rata)

n_{sistem} = Efisiensi sistem (dari panel, kabel, baterai, dll) di asumsikan 70% (0,7).

$$P_{panel} = 432 / 4.603,21 \times 0,7$$

$$P_{panel} = 134,1 \text{ Wp}$$

Jadi panel surya yang pas untuk penerangan jembatan gantung di lubuk gobing dengan menggunakan beban 6 buah lampu led dengan daya masing masing 6 watt, yaitu minimal 134,1 Wp di bulatkan menjadi 150 wp.

4.1.4 Menghitung kapasitas baterai

Menghitung kapasita Baterai 12 V, untuk mensuplai 432 Wh / hari, menggunakan 50% Depth of Discharge (DoD) agar umur baterai lebih panjang.

Energy yang harus di simpan :

$$432 \text{ Wh} / 0,5 = 864 \text{ Wh}$$

Kapasitas baterai (Ah) :

$$864 \text{ Wh} / 12 \text{ V} = 72 \text{ Ah}$$

Jadi baterai yang di perlukan minimal 12 v 72 Ah di bulatkan menjadi 12 v 75 Ah.

4.1.5 Menentukan SCC

Untuk mengetahui kemampuan arus maksimum yang dapat dikeluarkan oleh panel surya, maka perlu dilakukan perhitungan nilai arus hubung singkat (SCC). Nilai ini ditentukan berdasarkan data spesifikasi modul surya yang meliputi arus hubung singkat standar, kondisi intensitas cahaya matahari, serta faktor koreksi yang mempengaruhi kinerja panel. Dengan demikian, nilai SCC dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{ISCC} = \text{ISC PANEL} \times \text{JUMLAH PANEL}$$

$$ISCC = 18,8 \times 1$$

$$ISCC = 18,8 \text{ A}$$

4.1.6 Jarak dan ketinggian tiang lampu

Jembatan gantung tersebut memiliki panjang 30 meter, dan lebar 1,8 meter. Kemudian akan menggunakan 6 buah lampu sebagai penerangan. Jarak setiap lampu dapat di hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Panjang jembatan / jumlah lampu

$$30 / 6 = 5 \text{ meter}$$

Jadi jarak setiap lampu untuk penerangan jembatan gantung sepanjang 30 meter yaitu 5 meter.

4.1.7 Skala banding

Di karenakan penelitian ini merancang bangun prototype PLTS maka di perlukan sekala banding, untuk merepresentasikan hasil dari prototype nya dengan yang sebenarnya. Pada penelitian ini penulis menggunakan sekala 1 banding 30, dapat di lihat pada table 4. 22.

No	Nama	Nilai sebelumnya	Sekala	Hasil
1.	PLTS	150 Wp	1:30	5 Wp
2.	baterai	75 Ah	1:30	2,5/5Ah
3.	Modul charger	18,8 A	1:30	0,62/1 A
4.	Jarak	5 m	1:30	16 cm
5.	Tinggi	3 m	1:30	10 cm
6.	Lampu	6 W	1:30	0,2 W
7.	Jembatan	30 m	1:30	1 m

Tabel 4. 22 Skala banding.

4.2 Hasil rancang bangun miniatur

Gambar berikut menunjukkan hasil rancangan bangun miniatur jembatan gantung dengan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid. Miniatur ini dibuat sebagai representasi visual dari penelitian dengan judul “*Rancang Bangun PLTS Off-Grid untuk Penerangan Jembatan Gantung Kapasitas 150 Watt peak di Jorong Lubuk Gobing.*”



Gambar 4. 2 Miniatur.

Miniatur jembatan didesain menyerupai bentuk jembatan gantung sebenarnya, dengan konstruksi sederhana yang terbuat dari stik kayu, benang sebagai pengganti kabel baja penyangga, serta alas berbahan kayu tipis sebagai lantai jembatan. Sistem PLTS ditempatkan sebagai sumber energi penerangan, yang meliputi panel surya, modul solar charge controller, baterai penyimpanan energi, sensor LDR (Light Dependent Resistor), dan lampu LED sebagai beban penerangan.

Perancangan miniatur ini bertujuan untuk memvisualisasikan bagaimana sistem PLTS dapat diaplikasikan secara nyata dalam menyediakan penerangan pada jembatan gantung. Melalui miniatur ini dapat terlihat integrasi antara aspek

konstruksi jembatan dan penerapan sistem energi terbarukan, sehingga menjadi model edukatif sekaligus mendukung penelitian mengenai pemanfaatan energi surya di daerah pedesaan yang belum sepenuhnya terjangkau listrik PLN.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas PLTS yang optimal untuk penerangan jembatan gantung ditentukan sebesar 150 Wp, yang mampu menyuplai energi listrik secara berkelanjutan bagi sistem penerangan yang dirancang. Hasil perhitungan iluminansi rata-rata sebesar 17,28 lux menunjukkan bahwa tingkat pencahayaan yang dihasilkan telah memenuhi bahkan melampaui standar SNI 7391:2008 (2–5 lux). Oleh karena itu, penerapan sistem ini dinilai layak untuk meningkatkan keselamatan, kenyamanan, serta efisiensi energi pada fasilitas jembatan gantung..
2. Penelitian ini berhasil merancang bangun sistem PLTS Off-Grid dalam bentuk miniatur untuk penerangan jembatan gantung di Jorong Lubuk Gobing. Miniatur tersebut dibuat dengan skala banding 1:30 yang berfungsi untuk merepresentasikan sistem nyata, sehingga dapat menunjukkan prinsip kerja PLTS Off-Grid sebagai solusi penerangan ramah lingkungan dan mandiri berbasis energi terbarukan..

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penelitian ini masih diwujudkan dalam bentuk miniatur dengan skala 1:30, sehingga disarankan agar pada penelitian selanjutnya dapat direalisasikan pada jembatan gantung sebenarnya dengan kapasitas penuh 150 Wp untuk memperoleh hasil yang lebih aplikatif.
2. Pemanfaatan PLTS Off-Grid sebaiknya dikembangkan lebih lanjut dengan penggunaan komponen berkapasitas lebih besar dan teknologi sensor yang lebih canggih, agar sistem penerangan dapat bekerja lebih efisien, stabil, dan memiliki umur pakai yang lebih panjang.

3. Untuk mendukung keberlanjutan sistem, masyarakat setempat perlu diberikan edukasi mengenai perawatan dasar komponen PLTS, seperti pengecekan baterai, kebersihan panel surya, serta penggantian lampu LED apabila terjadi kerusakan..
4. Penelitian lanjutan dapat diarahkan pada analisis ekonomis serta perbandingan biaya investasi dan operasional antara penerangan berbasis PLTS dengan penerangan berbasis jaringan PLN, sehingga hasilnya dapat menjadi bahan pertimbangan pemerintah daerah dalam pengambilan kebijakan penerangan fasilitas publik di wilayah pedesaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Azzahra, S., & Fikri, M. (2021). *Prototype Pembelajaran Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Berbasis Energi Surya*. 4(1), 125–135.
- Effendi, A., Dewi, A. Y., & Elvira, L. (2018). *Peluang Penghematan Energi Pada Penerangan Jalan Umum Kabupaten Padang Pariaman di Wilayah Kerja PT . PLN (Persero) Rayon Pariaman Feeder Kampung Dalam*. 7(1), 51–60.
- Faturrahman Akmal Luthfan, saragih Y. (n.d.). *Volume 7 Issue 1 Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*. 7(1), 55–64.
- Handayani Oktaria. et al. (2023). *Rancang Bangun DC House Berbasis PLTS Di Kampung Gadog Desa Sukamahi Kec . Sukaresmi*. 5(2), 82–91.
- Harahap, P., Adam, M., & Oktrialdi, B. (2019). *Optimasi Kapasitas Rooftop Pv Off Grid Energi Surya Berakselerasi di Tengah Pandemi Covid-19 untuk Diimplemtasikan pada Rumah Tinggal*. 5(1), 31–38.
- Harahap, R. A., & Susanti, E. (2022). *PERANCANGAN PLTS 200 WP DENGAN SOLAR TRACKER*. 5(2), 323–332.
- Iskandar, H. R., Elysees, C. B., & Ridwanulloh, R. (2021). *ANALISIS PERFORMA BATERAI JENIS VALVE REGULATED LEAD ACID PADA PLTS OFF-GRID 1 KWP*. 13(2), 129–140.
- Kuncoro, S., Kasymir, E., Ridwan, A., Duta, A. R., Nurrohman, Z., S, N. P. A. P., & Gunawan, S. (n.d.). *MEMBANGUN SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM MENGGUNAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)*. 3(2), 142–147.
- Mustaqim, H. M. (2017). *Perhitungan Kuat Cahaya Pada Penerangan Jalan Umum Berstandar SNI 7391:2008*. 6(1), 106–119.
- Nasution, E. S. (2022). *Sistem Analisis Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP*. 1(1), 1–8.
- Nisworo, S., & Pravitasari, D. (2024). *Sistem Penerangan Jemabatan Kali Progo Berbasis Energi Baru Terbarukan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Kabupaten Magelang*. 2(2), 77–85.
- Perdana, F. A. (2020). *Baterai lithium*. 9(2), 103–109.
<https://doi.org/10.20961/inkuiri.v9i2.50082>
- Ridho, M., Herlina, F., & Irfansyah, M. (2022). *Rancang bangun sel surya dengan kapasitas*

50 watt sebagai energi alternatif untuk penerangan jembatan gantung akses menuju desa lok buntar 1.

- Saragi, R. L., Idris, M., Tarigan, B., & Sebayang, R. (2022). *ANALISIS PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK PENERANGAN LAMPU JALAN*. 03(01), 68–74.
- Simamora, Y., Senen, A., P, T. W. O., & Anggaini, D. (2020). *Rancang Bangun Lampu Jalan Tenaga Surya Pada Jembatan Penghubung Desa Di Kabupaten Lebak Banten*. 2(2), 160–168.
- SNI 7391:2008. (n.d.).
- Soebandono, B., Rahmawati, A., Sipil, S. T., Teknik, F., & Yogyakarta, U. M. (2022). *Pemanfaatan Lampu Panel Surya untuk Penerangan Jalan Lingkungan*. 6(5), 1316–1321.
- Sukma Indra Bayu. et al. (2021). *TEKNIKA : Jurnal Teknik PERENCANAAN LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM MENGGUNAKAN TENAGA SURYA (SOLAR CELL) UNTUK ALTERNATIF PENERANGAN Fakultas Teknik Universitas IBA TEKNIKA : Jurnal Teknik*. 8(2), 140–146.
- Supatmi, S. R. I. (n.d.). *Vol.8, No. 2*. 8(2), 175–180.
- Suryono. Suproyanti. (2019). *RANCANG BANGUN TIMER TERPROGRAM DENGAN TAMPILAN*. 15(3), 120–129.
- Tambunan, J. M., Hutajulu, A. G., & Husada, H. (2020). *Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah Perancangan Dan Penataan Penerangan Jalan Umum Dengan Aplikasi Dialux evo 8 . 2 Di Jalan Depok Cilodong Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah*. 12(2), 111–120.
- Windarta, J., Energi, M., Pascasarjana, S., Diponegoro, U., & D, E. F. F. (2023). *Overview Pemanfaatan dan Perkembangan Sumber Daya Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan di Indonesia*. <https://doi.org/10.14710/jebt.2023.15714>
- Yolnasdi. (2017). *Perencanaan Lampu Sorot LED untuk Penerangan Jalan Kartini Kota Bangkinang*. 5(2), 25–33.
- Yuliyanto., N. A. T. (2019). *PERKEMBANGAN ENERGI TERBARUKAN DI BEBERAPA NEGARA*. 11–21.

LAMPIRAN

1. Dokumentasi percobaan lampu 6 watt.

Percobaan dilakukan di Jorong Lubuk Gobing untuk mengetahui intensitas pencahayaan dari dua buah lampu LED dengan daya masing-masing 6 Watt dan spesifikasi pabrikan 540 lumen per lampu. Total cahaya yang dihasilkan adalah sekitar 1.080 lumen. Pengukuran dilaksanakan pada jarak 6 meter dari sumber cahaya menggunakan Solar Power Meter.



Berdasarkan pengukuran, alat menunjukkan nilai intensitas radiasi sebesar 0,2 hingga 0,3 W/m^2 , yang apabila dikonversi ke dalam satuan lux berada pada kisaran 137 hingga 205 lux. Namun, setelah dilakukan pengolahan data dan perhitungan secara fotometrik menggunakan pendekatan distribusi lumen terhadap luas area penyinaran, diperoleh nilai intensitas pencahayaan rata-rata sebesar 17 lux.



Perbedaan antara hasil konversi langsung dengan nilai rata-rata 17 lux dapat disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, adanya perbedaan karakteristik antara pengukuran radiometrik dalam satuan W/m^2 dengan pengukuran fotometrik dalam satuan lux, di mana hasil sangat dipengaruhi oleh spektrum cahaya yang dihasilkan lampu LED. Kedua, distribusi sudut berkas cahaya (beam angle) menyebabkan sebaran cahaya tidak merata pada seluruh permukaan sehingga nilai lux yang diterima pada titik tertentu bisa berbeda dengan nilai teoritis. Selain itu, kondisi lingkungan di lapangan seperti pantulan cahaya dari tanah maupun objek di sekitar titik pengukuran juga memengaruhi hasil yang diperoleh. Terakhir, keterbatasan akurasi alat ukur yang digunakan, yaitu solar power meter yang tidak secara khusus dirancang untuk mengukur intensitas cahaya dalam satuan lux, turut memberikan perbedaan hasil antara pengukuran langsung dengan nilai rata-rata yang dihitung.



Dengan demikian, nilai rata-rata 17 lux dipandang lebih representatif untuk menggambarkan tingkat pencahayaan yang benar-benar diterima pada permukaan di jarak 6 meter. Hasil pengukuran ini dijadikan acuan dalam analisis kinerja sistem PLTS Off-Grid untuk penerangan jembatan miniatur pada penelitian di Jorong Lubuk Gobing.

2. Dokumentasi pengukuran intensitas cahaya di jorong lubuk gobing

Dokumentasi berikut memperlihatkan kegiatan pengukuran intensitas radiasi matahari yang dilakukan di Jorong Lubuk Gobing dengan menggunakan alat Solar Power Meter. Pengukuran ini bertujuan untuk memperoleh data intensitas cahaya matahari sebagai salah satu parameter penting dalam perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Data yang diperoleh melalui pengukuran kemudian digunakan sebagai bahan analisis dalam menentukan potensi energi surya di lokasi penelitian serta sebagai acuan dalam perhitungan kapasitas panel surya yang dirancang pada miniatur jembatan gantung penerangan.



3. Dokumentasi pengerjaan miniature

Dokumentasi video memperlihatkan tahap akhir berupa percobaan sistem penerangan pada miniatur jembatan. Lampu yang dipasang terhubung dengan sensor LDR, sehingga dapat menyala secara otomatis ketika intensitas cahaya berkurang. Percobaan ini menjadi bagian penting karena menunjukkan fungsi utama dari rancangan, yaitu penerapan sistem PLTS mini yang dilengkapi sensor untuk mendukung penerangan pada miniatur jembatan gantung tersebut.



WhatsApp Video 2025-09-02 at 05.44.42.mp4

Sementara itu, dokumentasi ini menampilkan proses pembuatan miniatur jembatan gantung yang berlokasi di Jalan Ampera Sembilan, Medan Timur, Kota Medan. Tiga foto yang diabadikan memperlihatkan tahapan pengerjaan mulai dari penyusunan rangka dasar, pemasangan tiang penyangga, hingga perakitan bagian kabel penggantung dengan memanfaatkan bahan sederhana seperti stik kayu, kawat, lem, dan peralatan lainnya. Seluruh proses dikerjakan dengan penuh ketelitian, serta mendapat bantuan dari kawan sehingga miniatur dapat tersusun rapi dan menyerupai jembatan gantung aslinya





DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. IDENTITAS DIRI

Nama lengkap : Reski Abadi
Nomor Pokok Mahasiswa : 2107220067
Tempa/Tanggal lahir : Jorong Lubuk Gobing, 1 Januari 2002
Alamat : Jorong Lubuk Gobing, Kec. Ranah Batahan, Kab. Pasaman Barat
Agama : Islam
Jenis kelamin : Laki-laki
Status : Belum Menikah
No. Telp : 081213004264
E-mail : bangreski22@gmail.com

B. ORANG TUA

Nama Ayah : Syahminan
Agama : Islam
Nama Ibu : Asrima
Agama : Islam
Alamat : Jorong Lubuk Gobing, Kec. Ranah Batahan, Kab. Pasaman Barat

C. RIWAYAT PENDIDIKAN

Tahun 2009-2015 : SD Negeri 05 Ranah Batahan
Tahun 2015-2018 : MTs Ib Silaping
Tahun 2018-2021 : SMK Negeri 1 Ranah Batahan
Tahun 2021-2025 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN

NAMA : RESKI ABADI

NPM : 2107220067

JUDUL : RANCANG BANGUN PLTS OFF GRID UNTUK PENERANGAN
JEMBATAN GANTUNG KAPASITAS 50 WP DI JORONG LUBUK
GOBING

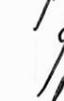
No.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	13/3/2025	Lakukan penulisan sesuai format standar.	
2.	8/5/2025.	Perkanyak referensi penulisan Hrg Penerangan Jembatan Gantung	
3.	15/5/2025	Cari perbandingan pemakaian baterai besel dgn baterai Litium	
4.	19/5/2025	Cari tambahan Referensi Baterai Sesuai Standar	
5.	20/5/2025.	Perhitungan kasar panel Surya per. Mf	
6.	23/5/2025	Relapari tentang Luminansi Lampu	
7.	27/5/2025	Acc untuk Senpro, koordinasi dgn Prodi x Tu Ace	

Dosen Pembimbing

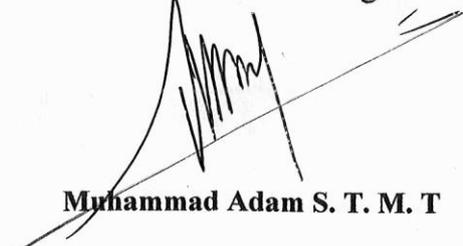
Muhammad Adam S. T. M. T

LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN

NAMA : RESKI ABADI
NPM : 2107220067
JUDUL : RANCANG BANGUN MINIATUR PLTS OFF GRID UNTUK PENERANGAN JEMBRAN GANTUNG KAPASITAS 150 WP DI JORONG LUBUK GOBING

No.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	2 Juni 2025	Perbaiki dan Lengkapi hasil Serpro	
2.	25 Juni 2025	Gambar all print dgn Warna jelas	
3.	5 Juli 2025	Segara kuat Miniatur Pltsnya	
4.	28 Juli 2025	Perhitungan data Interitasnya	
5.	7 Agustus 2025	Perjelas sistem Intelahnya	
6.	15 Agustus 2025	Data Sebuatkan dgn kondisi	
7.	28 Agus 2025	Acc. untuk. Sosialisasi kondisi dgn Prodi	

Dosen Pembimbing

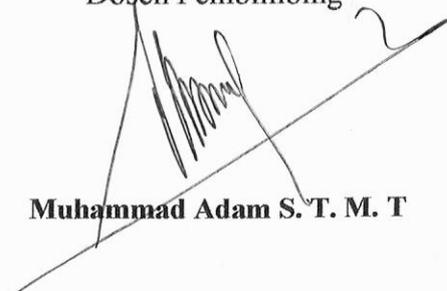

Muhammad Adam S. T. M. T

LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN

NAMA : RESKI ABADI
NPM : 2107220067
JUDUL : RANCANG BANGUN MINIATUR PLTS OFF GRID UNTUK PENERANGAN JEMBATAN GANTUNG KAPASITAS 150 WP DI JORONG LUBUK GOBING

No.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	5/9/25.	Revisi Ref 18i 218i Dosen	
2.	6/9/25.	Pengujian Perjelas Perhitungan Luminansi	
3.	8/9/25.	Pelajar x Pakar Materi	
4.	8/9/25	Acc to. Sisdang. Kondisi dgn Prodi	

Dosen Pembimbing


Muhammad Adam S.T.M.T

RELE
(Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro
Vol. 2, No. 2, Januari 2020, ISSN 2622 - 7002

RANCANG BANGUN MINIATUR PLTS OFF GRID UNTUK PENERANGAN JEMBATAN GANTUNG KAPASITAS 150 WP DI JORONG LUBUK GOBING
Reski Abadi¹, Muhammad Adam², Faisal Irsan Pasaribu³
^{1,2,3}Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl Kapten Muchtar Basri No.3, Glugur darat II, Kecamatan Medan Timur., Kota medan, Sumatera Utara 20238.

e-mail : reski abadi@umsu.ac.id.

Abstrak- Pemanfaatan energi terbarukan diperlukan untuk mengatasi keterbatasan listrik konvensional, terutama di daerah pedesaan. Salah satu permasalahan di Jorong Lubuk Gobing adalah jembatan gantung yang menjadi akses utama masyarakat namun belum memiliki penerangan, sehingga berisiko bagi keselamatan pada malam hari. Penelitian ini bertujuan merancang bangun miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid berkapasitas 150 Wp sebagai alternatif penerangan jembatan. Metode penelitian meliputi observasi lapangan, pengukuran intensitas matahari, perancangan sistem, perakitan miniatur, dan uji kinerja. Sistem terdiri atas panel surya, solar charge controller, baterai, sensor LDR, dan lampu LED. Hasil pengukuran menunjukkan potensi radiasi matahari memadai untuk mendukung sistem. Prototipe berhasil menyalakan enam lampu LED secara otomatis dengan pencahayaan merata di sepanjang jembatan miniatur. Penelitian ini menyimpulkan bahwa PLTS off-grid layak digunakan sebagai solusi penerangan jembatan pedesaan, meningkatkan keselamatan sekaligus mendukung efisiensi energi berbasis terbarukan.

Kata kunci: PLTS, Off-Grid, Energi Terbarukan, Penerangan Jembatan, Miniatur

***Abstract-** The use of renewable energy is essential to overcome the limitations of conventional electricity, particularly in rural areas. In Jorong Lubuk Gobing, a suspension bridge serves as a vital access point but lacks lighting, creating safety risks at night. This study aims to design and develop an off-grid Solar Power Plant (PLTS) miniature with a capacity of 150 Wp for bridge lighting. The research methods include field observation, solar irradiation measurement, system design, prototype assembly, and performance testing. The system consists of solar panels, a solar charge controller, batteries, an LDR sensor, and LED lamps. Results show that the solar radiation potential is sufficient to support the system. The prototype successfully powered six LED lamps automatically with evenly distributed lighting along the miniature bridge. This study concludes that the off-grid PLTS system is feasible as a rural bridge lighting solution, improving safety and promoting renewable energy efficiency.*

Keywords: PLTS, Off-Grid, Renewable Energy, Bridge Lighting, Miniature

I PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan, khususnya energi surya, menjadi kebutuhan mendesak dalam mengatasi keterbatasan pasokan listrik di daerah pedesaan. Hampir seluruh wilayah Indonesia memiliki potensi energi surya yang tinggi dengan rata-rata intensitas radiasi sekitar 4 kWh/m² per hari. Namun, pemanfaatannya masih rendah, yakni hanya sekitar 0,05% dari total potensi yang ada. Kondisi ini mendorong perlunya inovasi penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai solusi penyediaan energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu permasalahan yang ditemukan di Jorong Lubuk Gobing adalah jembatan gantung yang menjadi akses vital masyarakat belum memiliki penerangan, sehingga berisiko terhadap keselamatan pengguna pada malam hari.[1]

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun miniatur PLTS off-grid dengan kapasitas 150 Wp sebagai sistem penerangan jembatan. Tujuan khusus penelitian meliputi perhitungan kapasitas PLTS yang optimal, perancangan miniatur sistem, serta pengujian kinerja penerangan.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah membahas pemanfaatan energi surya untuk penerangan jembatan dan jalan pedesaan. [1] merancang PLTS off-grid di jembatan Desa Lok Buntar dengan hasil mampu menghasilkan suplai energi 429,39 Wh per hari untuk beban 360 Wh. [2] melalui Program Kemitraan Masyarakat di Kabupaten Lebak berhasil mengimplementasikan lampu PJU tenaga surya berdaya 5 W dengan sistem otomatisasi sederhana. [3] juga menekankan bahwa intensitas cahaya matahari

dan kualitas material panel surya sangat berpengaruh terhadap efisiensi sistem. Dari berbagai penelitian tersebut terlihat bahwa PLTS berperan penting dalam menyediakan penerangan di daerah yang sulit dijangkau jaringan PLN.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan sistem PLTS off-grid dalam bentuk miniatur jembatan skala 1:30, yang tidak hanya berfungsi sebagai model teknis tetapi juga sebagai media edukasi dan visualisasi penerapan energi surya di daerah pedesaan. Miniatur ini didesain agar mampu menyalakan enam titik lampu LED secara otomatis melalui sensor LDR dengan distribusi cahaya merata. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi dalam memberikan solusi alternatif penerangan berbasis energi terbarukan sekaligus meningkatkan keselamatan dan kenyamanan masyarakat pedesaan.

II STUDI PUSTAKA

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem pembangkit listrik yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui modul fotovoltaik. Energi yang dihasilkan disimpan dalam baterai dan dapat digunakan untuk mengoperasikan beban listrik, termasuk penerangan jalan maupun jembatan. Sistem PLTS off-grid bekerja secara mandiri tanpa terhubung ke jaringan PLN, sehingga cocok diterapkan di daerah terpencil. Komponen utama PLTS meliputi panel surya, solar charge controller (SCC), baterai, serta lampu LED sebagai beban. Sensor cahaya seperti Light Dependent

Resistor (LDR) sering digunakan sebagai saklar otomatis, sehingga lampu menyala pada malam hari dan mati pada siang hari [4]

III METODE

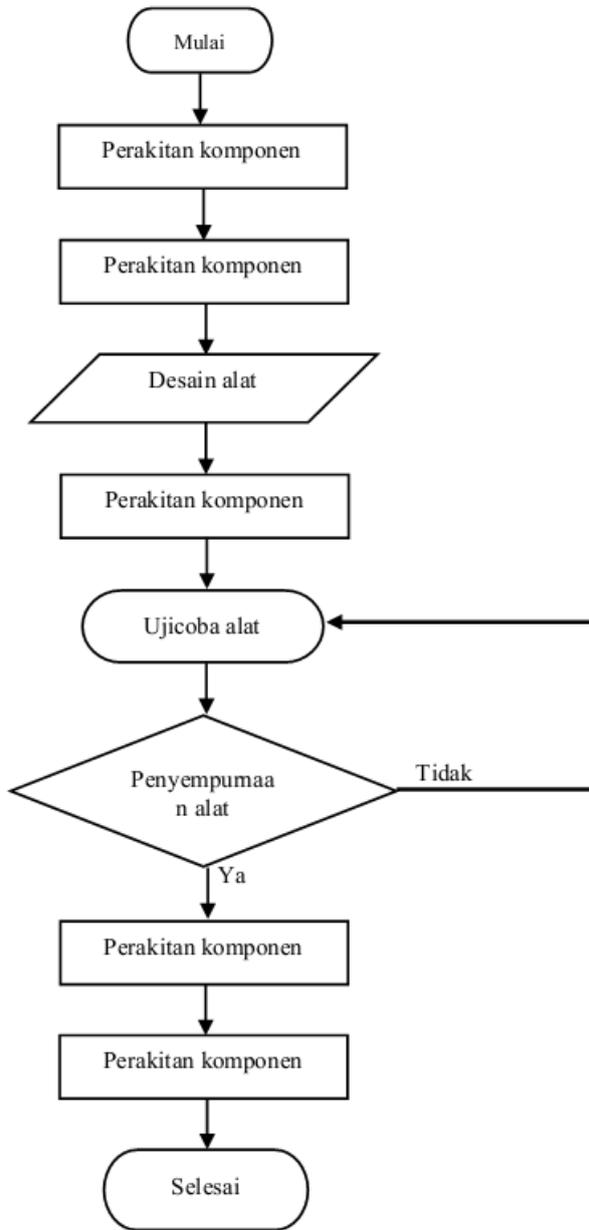
A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Jorong Lubuk Gobing, Kecamatan Ranah Batahan, Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatera Barat pada bulan April 2025. Lokasi ini digunakan sebagai tempat pengambilan data intensitas radiasi matahari. Perakitan miniatur PLTS dan jembatan gantung dilakukan di Medan, Jalan Ampera Sembilan.

Penelitian terdahulu telah banyak membuktikan efektivitas PLTS dalam sistem penerangan. [1] merancang PLTS off-grid pada jembatan Desa Lok Buntar dengan beban 50 Watt selama 12 jam, yang mampu dipenuhi oleh daya rata-rata harian 429,39 Wh. [2] mengimplementasikan lampu PJU tenaga surya 5 W di jembatan Desa Sukarame, Kabupaten Lebak, dengan sistem otomatisasi berbasis deteksi cahaya, dan terbukti lebih ekonomis dibandingkan PJU berbasis listrik PLN. [3] menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari sangat menentukan efisiensi panel surya, dengan rata-rata efisiensi keseluruhan sistem PLTS penerangan jalan sebesar 6,78%. Penelitian lain oleh [5] merujuk pada standar SNI 7391:2008 dalam perencanaan PJU tenaga surya, dengan hasil bahwa lampu LED 60 W mampu mencapai iluminasi yang sesuai standar.

Berdasarkan studi pustaka tersebut, penerapan PLTS off-grid terbukti efektif untuk mendukung penerangan jalan maupun jembatan di wilayah tanpa akses listrik PLN. Kebaruan penelitian ini adalah perancangan dalam bentuk miniatur PLTS berkapasitas 150 Wp yang dipadukan dengan sistem kontrol otomatis berbasis LDR, sehingga tidak hanya menjadi model teknis tetapi juga sarana edukasi penerapan energi terbarukan di daerah pedesaan.

B. Alur Penelitian



C. Harga Bahan dan Alat

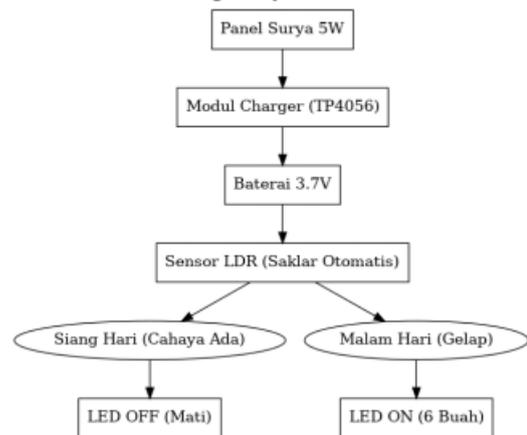
Dalam melaksanakan penelitian ini diperlukan berbagai bahan dan alat yang mendukung perancangan serta perakitan sistem PLTS off-grid beserta miniatur jembatan gantung. Pemilihan bahan dan alat dilakukan berdasarkan kebutuhan teknis agar sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Setiap bahan dan alat yang digunakan memiliki spesifikasi tertentu serta harga yang menjadi acuan dalam perhitungan biaya penelitian. Adapun rincian daftar bahan dan alat beserta harga dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Harga Bahan dan Alat

Nama Bahan dan Alat	Harga Aahan dan Alat
Panel surya	Rp. 125,000,00
Modul charger	Rp. 8,000,00
Batrai	Rp. 6,000,00
Transirtor	Rp. 1,000,00
LDR	Rp. 3,000,00
Resistor	Rp. 2,000,00
LED Diode	RP. 3,000,00
Stik es krim	Rp. 23,000,00
Tusuk sate	Rp. 9,000,00
Lem cina	Rp. 24,000,00
Cat	Rp. 36,000,00
Kuas	Rp.7,000,00
Kawat	Rp. 9,000,00
Benang bangunan	Rp. 3,000,00
Tiner	Rp. 8,000,00
Total	Rp. 267,000,00

D. Desain Sistem

Panel surya mengubah energi matahari menjadi listrik DC yang disimpan dalam baterai melalui modul charger. Sensor LDR mengatur nyala lampu LED secara otomatis sesuai kondisi cahaya. Sistem ini terintegrasi sederhana, efisien, dan ramah lingkungan karena berbasis energi surya.



IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian



Gambar 4. 1 Hasil Miniatur PLTS Jembatan Gantung

Miniatur PLTS off-grid dengan kapasitas 150 Wp berhasil dirancang dan diuji untuk penerangan jembatan gantung skala 1:30. Hasil pengukuran intensitas cahaya matahari di lokasi penelitian rata-rata mencapai 4,6 kWh/m² per hari, sehingga cukup untuk mendukung suplai energi sistem. Prototipe miniatur mampu menyalakan enam titik lampu LED berdaya 1 W secara otomatis menggunakan sensor LDR. Sistem bekerja stabil, di mana lampu menyala ketika intensitas cahaya rendah (malam hari) dan mati ketika siang hari. Distribusi cahaya pada miniatur jembatan juga merata, sehingga secara visual memberikan gambaran jelas manfaat penerangan terhadap keselamatan pengguna jembatan.

B. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem PLTS off-grid skala miniatur dapat bekerja efektif untuk memenuhi kebutuhan penerangan jembatan di daerah pedesaan. Energi yang tersimpan pada baterai cukup untuk menyalakan lampu LED sepanjang malam,

V KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan membangun miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid berkapasitas 150 Wp sebagai sistem penerangan jembatan gantung di Jorong Lubuk Gobing. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari di lokasi penelitian memadai untuk mendukung kinerja sistem. Miniatur yang dirancang mampu menyalakan enam titik lampu LED secara otomatis menggunakan sensor LDR dengan distribusi cahaya yang merata. Hal ini membuktikan bahwa PLTS off-grid dapat menjadi solusi alternatif yang layak diterapkan pada jembatan pedesaan, karena sederhana, efisien, ramah lingkungan, serta mampu meningkatkan keselamatan masyarakat pada malam hari.

Dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang menerapkan PLTS pada skala nyata, hasil penelitian ini memperlihatkan konsistensi efektivitas energi surya dalam sistem penerangan. Kebaruan penelitian terletak pada pengembangan miniatur jembatan skala 1:30 yang tidak hanya berfungsi sebagai model teknis, tetapi juga sebagai media edukasi dalam memperkenalkan penerapan energi terbarukan di pedesaan.

Ke depan, penelitian ini dapat dikembangkan dengan mengimplementasikan sistem PLTS off-grid secara penuh pada jembatan nyata dengan kapasitas lebih besar, integrasi sensor pintar berbasis IoT untuk monitoring kinerja, serta penerapan lampu hemat energi dengan efisiensi lebih tinggi. Dengan demikian, sistem ini berpotensi mendukung program elektrifikasi berkelanjutan sekaligus meningkatkan kualitas hidup

membuktikan kinerja sistem yang andal dan hemat energi. Penerapan sensor LDR sebagai saklar otomatis juga meningkatkan efisiensi, karena lampu hanya menyala saat diperlukan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Ridho et al. (2022) yang merancang PLTS off-grid 50 Wp di jembatan Desa Lok Buntar dengan hasil suplai energi harian 429,39 Wh untuk beban 360 Wh. Pada penelitian ini, kapasitas sistem lebih besar (150 Wp) sehingga mampu menyalakan lebih banyak titik penerangan. Hasil penelitian juga mendukung studi Simamora et al. (2020) yang mengimplementasikan lampu PJU tenaga surya 5 W di jembatan Desa Sukarame, Kabupaten Lebak, yang terbukti meningkatkan keselamatan warga. Selain itu, temuan ini konsisten dengan Saragi et al. (2022) yang menyatakan bahwa intensitas radiasi matahari sangat menentukan efisiensi sistem PLTS, di mana lokasi penelitian dengan iradiasi cukup tinggi mendukung keberhasilan sistem miniatur yang diuji.

masyarakat di daerah yang belum terjangkau jaringan listrik PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ridho, F. Herlina, and M. Irfansyah, "Rancang bangun sel surya dengan kapasitas 50 watt sebagai energi alternatif untuk penerangan jembatan gantung akses menuju desa lok buntar 1," 2022.
- [2] Y. Simamora, A. Senen, T. W. O. P, and D. Anggani, "Rancang Bangun Lampu Jalan Tenaga Surya Pada Jembatan Penghubung Desa Di Kabupaten Lebak Banten," vol. 2, no. 2, pp. 160–168, 2020.
- [3] R. L. Saragi, M. Idris, B. Tarigan, and R. Sebayang, "ANALISIS PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK PENERANGAN LAMPU JALAN," vol. 03, no. 01, pp. 68–74, 2022.
- [4] S. Kuncoro *et al.*, "MEMBANGUN SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM MENGGUNAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)," vol. 3, no. 2, pp. 142–147.
- [5] Sukma Indra Bayu. et al., "TEKNIKA : Jurnal Teknik PERENCANAAN LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM MENGGUNAKAN TENAGA SURYA (SOLAR CELL) UNTUK ALTERNATIF PENERANGAN Fakultas Teknik Universitas IBA TEKNIKA : Jurnal Teknik," vol. 8, no. 2, pp. 140–146, 2021.