

SKRIPSI

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 1200WH PADA BAGAN & ROMPON PENGUMPUL IKAN DI LAUT LEPAS



Oleh :

Gabriella E. P. Prasetyo

21023053

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK LISTRIK
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 1200WH
PADA BAGAN & ROMPON PENGUMPUL IKAN DI LAUT LEPAS**

SKRIPSI

Disusun Oleh:

GABRIELLA EZRA PUTRI PRASETYO

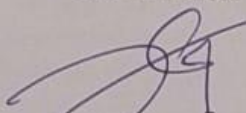
NIM: 21023053

**Skripsi ini diterima dan disahkan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi
Program Sarjana Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado**

Manado, 17 September 2025

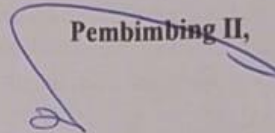
Disahkan Oleh:

Pembimbing I,



Donald Bastian Noya, SST., MT.
NIP.196412211999032001

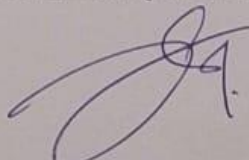
Pembimbing II,



Fanny Jouke Doringin, ST, MT.
NIP. 19670430199203

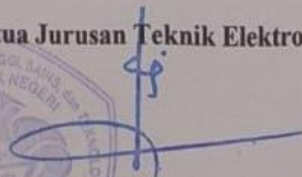
Mengetahui :

Ketua Panitia Ujian Skripsi,



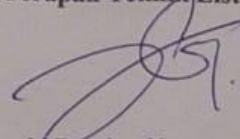
Donald Bastian Noya, SST., MT
NIP.19730331 200501 1 001

Ketua Jurusan Teknik Elektro,



Marson James Budiman, SST., MT
NIP. 197503052003121002

**Ketua Program studi Sarjana
Terapan Teknik Listrik,**



Donald Bastian Noya, SST., MT
NIP.19730331 200501 1 001

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Gabriella Ezra Putri Prasetyo
NIM : 21023053
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Listrik
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SURYA 1200WH PADA BAGAN &
ROMPON PENGUMPUL IKAN DI LAUT LEPAS

Dengan ini menyatakan bahwa tulisan karya ilmiah berupa Skripsi ini adalah asli karya penulis, tidak ada karya / data orang lain yang telah dipublikasikan, dan bukan karya orang lain dalam rangka mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi, selain yang diacu dalam kutipan dan atau dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, jika dikemudian hari terbukti karya ini merupakan karya orang lain, baik yang dipublikasikan maupun dalam rangka memperoleh gelar akademik di perguruan tinggi, saya bersedia ditindak sesuai perundang-undangan yang berlaku.

Manado, September 2025

Yang Membuat Pernyataan,



Gabriella E.P.Prasetyo

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberi rahmat dan tuntunan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul ” **RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 1200WH PADA BAGAN & ROMPON PENGUMPUL IKAN DI LAUT LEPAS**” dengan baik. Skripsi ini di susun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan tugas akhir pada program Diploma IV di jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak dapat diselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan yang diberikan kali ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Dra. Maryke Alelo, MBA selaku Direktur Politeknik Negeri Manado.
2. Bapak Marson James Budiman, SST.,MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Donald Bastian Noya, SST., MT selaku Koordinator Program Studi D-IV Teknik Listrik.
4. Bapak Donald Bastian Noya, SST., MT selaku Ketua Panitia Skripsi.
5. Bapak Donald Bastian Noya, SST., MT dan, Bapak Fanny Jouke Doringin, SST., MT selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
6. Seluruh Dosen Teknik Elektro yang telah memberikan saran dan masukan yang membantu penulis menyelesaikan Skripsi ini.
7. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan Suport bagi penulis dalam bentuk finansial serta dukungan untuk menyelesaikan penulisan Skripsi ini.
8. Brielle Shiloh selaku seseorang yang menjadi semangat dan mendukung penulis dalam penyusunan skripsi ini.
9. Last but not least, I wanna thank me I wanna thank me for believing in me I wanna thank me for doing all this hard work I wanna thank me for having no days off.

Penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya saran dan masukan yang membangun dari berbagai pihak demi kesempurnaan Skripsi ini.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
ABSTRAK.....	x
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Data Potensi Energi Surya di Kota Manado.....	5
2.3 Sistem PLTS OFF-Grid	7
2.4 Hukum Kirchoff	8
2.5 Cara Kerja Panel Surya.....	9
2.6 Benefit PLTS.....	11
2.7 Faktor Pertimbangan Pemilihan Energi Tenaga Surya.....	12
2.8 Keuntungan dan Kelemahan PLTS	13
2.9 Panel Surya	13
2.9.1 Jenis Panel Surya	20
2.10 Maximum Power Point Tracking (MPPT).....	22
2.11 Baterai Valve Regulated Lead Acid (VRLA)	24
2.12 Inverter.....	26
2.13 Komponen Penunjang.....	29

2.13.1 Fuse	29
2.13.2 Relay.....	30
2.13.3 Kabel	31
BAB III	33
METODOLOGI.....	33
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.1.1 Tempat	33
3.1.2 Waktu Penelitian	33
3.1.3 Bahan dan Alat	33
3.1.4 Metode dan Jenis Penelitian.....	35
3.1.5 Prosedur Penelitian	36
3.1.6 Rancang Konseptual Peneltian	38
3.2 Perancangan Sistem PLTS	39
3.3 Prinsip Kerja Sistem PLTS.....	46
3.4 setting parameter baterai	48
3.5 Bagian Light control (menu yang mengatur lampu).....	50
a. Desain Bagan Rompon	51
b. Gambar Rangkaian	52
BAB IV	53
4.1 Hasil Perancangan Sistem PLTS	53
4.2 Pengujian Alat	53
4.3 Pengujian Charging Baterai.....	53
4.4 Pengujian pengisian baterai (Charging).....	54
4.5 Perhitungan SOC.....	55
BAB V.....	61
KESIMPULAN	61
SARAN	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63

DAFTAR TABEL

Table 2 1 Data Potensi Energi Surya dan Iklim Kota Manado Periode Januari-Juni 2025.....	5
Table 2 2 Faktor PLTS.....	12
Tabel 3. 1 bahan yang digunakan	33
Tabel 3. 2 Alat yang digunakan.....	35
Tabel 3. 3 Spesifikasi Panel Surya	41
Tabel 3. 4 Spesifikasi Baterai ZEUS VRLA.....	42
Tabel 3. 5 Spesifikasi Solar Charger MPPT	43
Tabel 3. 6 Spesifikasi Inverter.....	45
Tabel 4. 1 Hasil Pengisian baterai (Charging)	54
Tabel 4. 2 Hasil Percobaan Pemakaian beban (Discharge).....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rata-rata Direct Normal Irradiation (DNI) perhari dalam Wh/m ² perjam.....	6
Gambar 2. 2 PVOUT Map	7
Gambar 2. 3 Ilustrasi sistem PLTS Off-Grid	8
Gambar 2. 4 Cara Kerja PLTS On Grid dan Off Grid	11
Gambar 2. 5 Panel Surya.....	14
Gambar 2. 6 Bahan-bahan penyusun sel surya.....	16
Gambar 2. 7 Informasi Klasifikasi Panel Surya	18
Gambar 2. 8 Panel Jenis Monokristalin	21
Gambar 2. 9 Panel Surya Jenis Polikristalin	22
Gambar 2. 10 MPPT JNGE.....	23
Gambar 2. 11 Prinsip Kerja MPPT	23
Gambar 2. 12 Baterai VRLA.....	25
Gambar 2. 13 Inverter	26
Gambar 2. 14 Fuse	30
Gambar 2. 15 Relay 8 Kaki	30
Gambar 2. 16 Gambar Jenis-jenis kabel	31
 Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian	 33
Gambar 3. 2 Kerangka Konseptual.....	38
Gambar 3. 3 pengaktifan SCC.....	46
Gambar 3. 4 Desain 2D Bagan Rompon Tampak Depan dan Atas.....	51
Gambar 3. 5 Gambar Rangkaian	52

ABSTRAK

Pemanfaatan bagan dan rompon sebagai alat bantu dalam penangkapan ikan di laut lepas umumnya masih bergantung pada sumber energi berbasis bahan bakar fosil, yang memiliki keterbatasan dalam ketersediaan serta biaya operasional yang tinggi. Dengan meningkatnya kebutuhan energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi solusi alternatif yang potensial untuk menggantikan atau mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar konvensional. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem PLTS yang dapat diintegrasikan dengan bagan dan rompon guna meningkatkan efisiensi energi serta mengurangi biaya operasional nelayan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua tahap utama, yaitu studi literatur dan penelitian langsung. Studi literatur dilakukan untuk mengkaji konsep dasar PLTS, karakteristik kebutuhan energi pada bagan dan rompon, serta faktor lingkungan yang memengaruhi kinerja sistem. Sementara itu, penelitian langsung dilakukan melalui perancangan, pemasangan, dan pengujian sistem PLTS di lokasi uji coba untuk mengevaluasi efisiensi dan keandalan sistem dalam kondisi laut lepas. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah terciptanya sistem PLTS yang mampu menyuplai kebutuhan listrik pada bagan dan rompon secara optimal, mengurangi konsumsi bahan bakar fosil, serta memberikan solusi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan bagi industri perikanan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan lebih lanjut dalam penerapan energi terbarukan di sektor kelautan dan perikanan.

Kata Kunci: *PLTS, Bagan, Rompon, Efisiensi Energi, Perikanan Berkelanjutan.*

ABSTRACT

The use of bagan and rompon as aids in fishing in the open sea generally still relies on fossil fuel-based energy sources, which have limited availability and high operational costs. With the increasing need for more efficient and environmentally friendly energy, the Solar Power Generation (PLTS) system is a potential alternative solution to replace or reduce dependence on conventional fuels. Therefore, this study aims to design and build a PLTS system that can be integrated with bagan and rompon to increase energy efficiency and reduce fishermen's operational costs. The method used in this study consists of two main stages, namely literature study and direct research. Literature study was conducted to examine the basic concept of PLTS, the characteristics of energy needs in bagan and rompon, and environmental factors that affect system performance. Meanwhile, direct research was conducted through the design, installation, and testing of the PLTS system at the trial location to evaluate the efficiency and reliability of the system in open sea conditions. The expected results of this research are the creation of a PLTS system that is able to supply electricity needs in the bagan and rompon optimally, reduce fossil fuel consumption, and provide a more environmentally friendly and sustainable solution for the fisheries industry. In addition, this research is expected to be a reference for further development in the application of renewable energy in the marine and fisheries sector.

Keywords: *PLTS, Bagan, Rompon, Energy Efficiency, Sustainable Fisheries*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran laut akibat aktivitas manusia, termasuk dari sektor perikanan, menjadi isu lingkungan yang semakin serius. Salah satu penyumbang utama pencemaran ini adalah penggunaan bahan bakar fosil untuk operasional alat tangkap ikan di laut lepas. Genset dan lampu petromax yang umum digunakan nelayan menghasilkan emisi karbon dan limbah bahan bakar yang mencemari udara serta air laut. Kondisi ini tidak hanya berdampak pada lingkungan, tetapi juga mengancam kelestarian ekosistem laut yang menjadi sumber penghidupan utama masyarakat pesisir. Masalah ini diperparah oleh fakta bahwa sebagian besar lokasi penangkapan ikan, seperti bagan dan rumpun pengumpul ikan di laut lepas, tidak memiliki akses terhadap jaringan listrik nasional. Ketergantungan pada bahan bakar fosil menjadi satu-satunya pilihan bagi nelayan untuk memenuhi kebutuhan energi, meskipun biaya operasionalnya tinggi dan dampak lingkungannya besar.

Dalam konteks tersebut, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) muncul sebagai solusi energi alternatif yang bersih, efisien, dan ramah lingkungan. PLTS dapat menghasilkan energi secara mandiri tanpa perlu jaringan listrik konvensional, menjadikannya sangat cocok untuk digunakan di lokasi-lokasi terpencil seperti laut lepas. Dengan memanfaatkan sinar matahari yang melimpah di wilayah tropis seperti Indonesia, PLTS mampu menggantikan penggunaan genset dan lampu berbahan bakar fosil secara efektif. Sistem PLTS dirancang menggunakan panel surya, solar charge controller, baterai, dan inverter, yang dapat menyediakan energi untuk keperluan operasional seperti penerangan dan alat bantu penangkapan ikan. Penggunaan PLTS tidak hanya mengurangi emisi dan pencemaran, tetapi juga menekan biaya bahan bakar dan meningkatkan efisiensi kegiatan penangkapan.

Dengan demikian, pengembangan dan penerapan PLTS pada bagan dan rumpun pengumpul ikan di laut lepas tidak hanya memberikan solusi atas ketiadaan

listrik, tetapi juga menjadi langkah strategis dalam mengurangi pencemaran laut dan mendorong sektor perikanan menuju sistem yang lebih hijau, efisien, dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan daya 1200W/H untuk digunakan pada bagan dan rumpun pengumpul ikan di laut lepas?
2. Bagaimana menghitung penggunaan daya SOC dari PLTS yang penulis rancang?
3. Apa saja manfaat dan keuntungan yang dapat diperoleh dari penerapan sistem PLTS pada bagan dan rumpun pengumpul ikan laut lepas, terutama dalam hal pengurangan biaya operasional dan peningkatan produktivitas nelayan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk merancang dan membangun sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang efektif dan efisien yang dapat diimplementasikan pada bagan dan rumpun pengumpul ikan laut lepas, sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi nelayan.
2. Untuk mengidentifikasi dan menentukan komponen-komponen yang diperlukan dalam pembangunan sistem PLTS, termasuk panel surya, solar charger controller, baterai, dan inverter, agar sistem dapat berfungsi dengan optimal.
3. Untuk mengevaluasi manfaat dan keuntungan yang diperoleh dari penerapan sistem PLTS pada bagan dan rumpun pengumpul ikan laut lepas, dengan fokus pada pengurangan biaya operasional dan peningkatan

produktivitas nelayan, serta dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan.

1.4 Manfaat Penelitian

Melalui perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi energi alternatif yang ramah lingkungan bagi aktivitas nelayan, khususnya di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik. Dengan adanya akses terhadap sumber energi terbarukan yang stabil, sistem ini berpotensi membantu mengurangi ketergantungan nelayan terhadap bahan bakar fosil yang mahal dan mencemari lingkungan. Selain itu, penggunaan PLTS juga dapat menjadi langkah awal dalam upaya pengurangan emisi gas rumah kaca dan pencemaran laut. Meskipun belum diterapkan langsung di lapangan, rancangan ini disusun agar ke depannya dapat diimplementasikan dan dimanfaatkan oleh nelayan untuk mendukung kegiatan penangkapan ikan secara lebih efisien dan berkelanjutan.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya memfokuskan pada perencanaan dan perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk memenuhi kebutuhan energi dasar pada bagan dan rumpun pengumpul ikan di laut lepas, tanpa melaksanakan implementasi atau pengujian langsung di lapangan.
2. Sistem PLTS yang dirancang hanya mencakup penyediaan energi untuk penerangan dan operasional alat tangkap ikan, tanpa memasukkan penggunaan energi untuk peralatan dengan daya listrik tinggi seperti mesin pendingin atau alat pengolahan hasil perikanan.
3. Analisis ekonomi terbatas pada estimasi potensi pengurangan biaya operasional dari penggunaan bahan bakar fosil, tanpa melakukan studi kelayakan finansial mendalam seperti perhitungan biaya perawatan jangka panjang atau pengembalian investasi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I :PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematikapenulisan.

BAB II :TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang kerangka berpikir dan landasan teori yang berhubungan sistem kontrol yang akan di buat.

BAB III :METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang tempat dan waktu penelitian, bahan dan alat, prosedur penelitian, metode dan jenis penelitian, kerangka konseptual rancangan, rencana pengujian, dan analisis data.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan terhadap penelitian yang dilakukan.

BAB V :PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran yang dapat ditarik dalam pembahasan dari Bab 1 sampai Bab 4.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Adapun hasil dari penelitian jenis yang di jadikan referensi adalah sebagai berikut:

2.2 Data Potensi Energi Surya di Kota Manado

Table 2 1 Data Potensi Energi Surya dan Iklim Kota Manado Periode Januari-Juni 2025.

Tahun	Bulan	Lamanya Penyinaran Matahari (Jam)	Temperatur Max [°C]	Temperatur Min [°C]	Temperatur Rata-rata [°C]
2025	Januari	3.6	29.4	18.1	23.0
	Februari	5.9	31.2	19.0	23.5
	Maret	4.1	31.0	17.4	23.1
	April	3.2	30.2	17.2	23.0
	Mei	7.1	34.9	18.0	23.4
	Juni	5.5	30.5	18.2	23.6
Minimum		3.6	24.6	18.4	22.8
Median		6.5	29.0	20.2	23.0
Maksimum		7.5	30.8	20.5	23.6
Rata-rata		5.67	28.5	19.5	23.23

(Sumber : BMKG Stasiun Geofisika Manado)

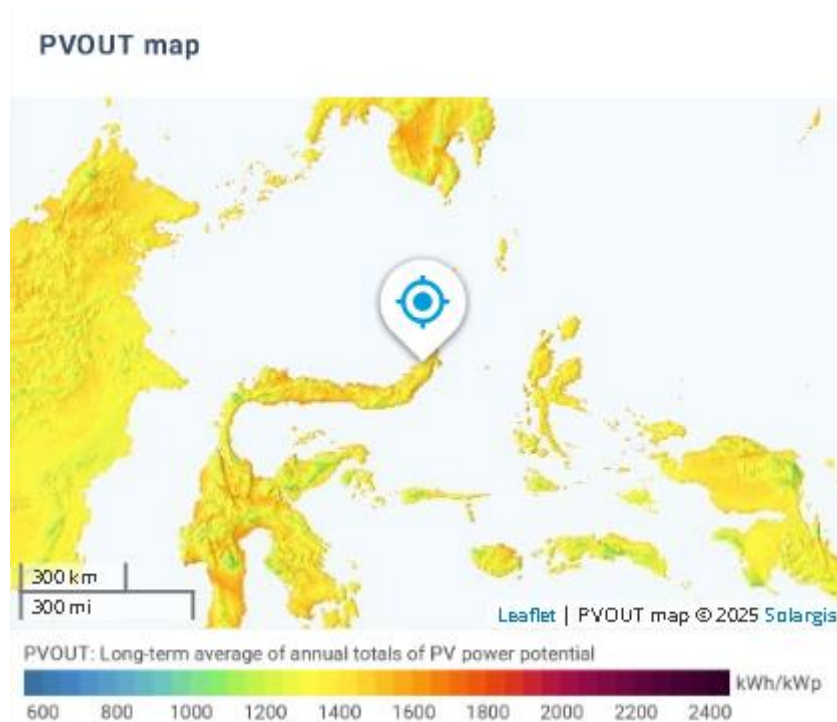
Data iklim yang diperoleh menunjukkan bahwa Manado memiliki potensi yang baik untuk pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan rata-rata lama penyinaran matahari mencapai 5.67 jam per hari dan maksimum 7.5 jam. Rata-rata temperatur maksimum sebesar 28.5°C dan temperatur minimum 19.5°C menciptakan kondisi yang stabil dan nyaman, mendukung efisiensi panel surya dalam menghasilkan energi.

Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m²]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6					25				26	42	44	
6 - 7	136	141	188	300	318	266	248	283	297	317	317	237
7 - 8	275	298	357	439	458	382	374	420	434	457	441	364
8 - 9	326	342	400	505	532	463	453	516	533	549	510	415
9 - 10	349	341	405	523	563	508	510	570	582	589	537	453
10 - 11	372	350	401	513	539	478	500	571	562	561	516	466
11 - 12	376	366	398	469	497	426	461	523	525	505	457	433
12 - 13	347	347	370	393	389	359	406	461	476	412	354	391
13 - 14	319	317	354	351	322	320	356	410	408	349	303	358
14 - 15	290	292	329	312	304	278	306	378	352	307	285	315
15 - 16	239	253	273	268	277	258	273	331	303	273	249	263
16 - 17	177	198	212	216	213	216	229	267	220	196	186	198
17 - 18	32	73	77	37	35	40	82	57	32	17	16	30
18 - 19												
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	3,238	3,317	3,763	4,326	4,471	3,993	4,199	4,786	4,750	4,574	4,214	3,922

Gambar 2. 1Rata-rata Direct Normal Irradiation (DNI) perhari dalam Wh/m² perjam



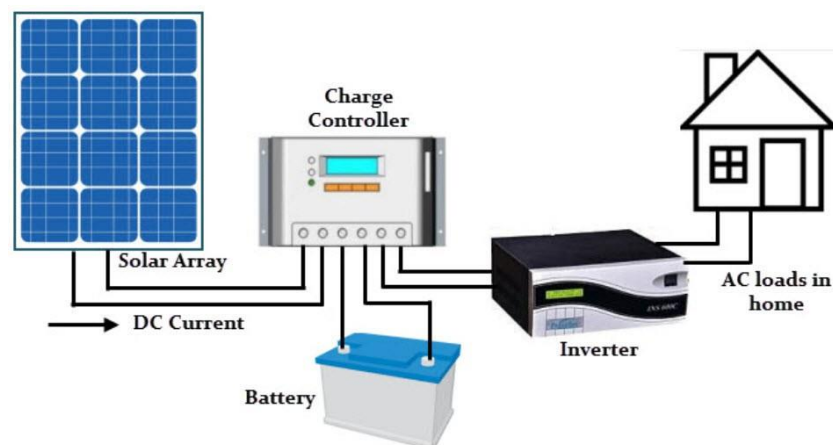
Gambar 2. 2 PVOUT Map

Pada peta PVOUT menunjukkan warna kuning pada rata-rata nilai kWh/kWp, itu menandakan bahwa potensi produksi energi listrik dari sistem surya di lokasi tersebut berada pada tingkat sedang hingga baik. Warna kuning umumnya mewakili nilai produksi sekitar 1.200 hingga 1.600 kWh/kWp per tahun.

2.3 Sistem PLTS OFF-Grid

Sistem PLTS off grid merupakan sistem pembangkitan energi listrik yang berdiri sendiri hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan modul surya untuk menghasilkan energi listrik sesuai kebutuhan dan beroperasi secara independen tanpa terhubung dengan jaringan PLN. Sistem ini membutuhkan baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan di siang hari untuk memenuhi kebutuhan listrik di malam hari. Pada sistem ini, modul surya menghasilkan tegangan DC kemudian ke SCC yang akan mengatur proses pengisian baterai dan penggunaan baterai ke beban saat

modul surya tidak disinari oleh matahari. Inverter berfungsi mengubah listrik DC dari SCC menjadi listrik AC ke beban. (Misbahudin, t.t.)



Gambar 2. 3 Ilustrasi sistem PLTS Off-Grid

(Sumber : <https://suryautamaputra.co.id/skema-pembangkit-listrik-tenaga-surya-off-grid/>)

2.4 Hukum Kirchoff

Hukum Kirchoff adalah hubungan antara arus dan tegangan dalam rangkaian listrik (Humaira, N 2023). Hukum Kirchoff I, yang dikenal sebagai hukum percabangan, menyatakan bahwa jumlah arus yang masuk ke suatu titik percabangan sama dengan jumlah arus yang keluar, sehingga total arus pada titik tersebut adalah nol. Hukum ini digunakan untuk menganalisis aliran arus pada rangkaian bercabang. Sementara itu, Hukum Kirchoff II menyatakan bahwa dalam satu loop tertutup, jumlah gaya gerak listrik dan penurunan tegangan adalah nol. Artinya, tidak ada energi listrik yang hilang, dan seluruh energi dapat digunakan atau diserap oleh komponen dalam rangkaian. Kedua hukum ini sangat penting untuk menyelesaikan analisis rangkaian listrik, baik yang sederhana maupun kompleks (Arfanhamid, Mukti, 2022).

Hukum Kirchhoff berfungsi untuk menentukan besar arus dan tegangan listrik di rangkaian bercabang. Hukum Kirchhoff 1 digunakan untuk menghitung besar arus di titik percabangan, sedangkan Hukum Kirchhoff 2 digunakan untuk menyelesaikan rangkaian listrik yang kompleks. ([Arfanhamid](#), [Mukti](#), 2022). Dalam sistem PLTS off-grid, hukum Kirchhoff tetap berlaku untuk menjaga keseimbangan arus dan tegangan. Menurut Hukum Kirchhoff Arus (KCL), jumlah arus yang masuk ke satu titik sama dengan jumlah arus yang keluar, misalnya arus dari panel surya yang masuk ke charge controller akan terbagi ke baterai dan beban sehingga arus panel = arus baterai + arus beban. Sementara itu, Hukum Kirchhoff Tegangan (KVL) menyatakan bahwa jumlah beda potensial dalam satu lintasan tertutup sama dengan nol, sehingga pada sistem PLTS off-grid tegangan panel, baterai, dan beban harus seimbang, misalnya panel menghasilkan tegangan lebih tinggi (± 18 V) yang kemudian diturunkan oleh charge controller menjadi sekitar 12–14,4 V untuk pengisian baterai, dan beban DC mengambil tegangan dari baterai sementara beban AC dilayani melalui inverter. Hukum Kirchhoff 1 secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Sigma I_{\text{masuk}} &= \Sigma I_{\text{keluar}} \\ I_1 + I_3 + I_4 &= I_2 + I_5 \end{aligned}$$

Secara matematis, rumus Hukum Kirchhoff 2 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{AB} &= \Sigma IR + \Sigma E \\ V_{AB} &= E_1 - E_2 + I(R_1 + R_2 + R_3) \end{aligned}$$

2.5 Cara Kerja Panel Surya

PLTS adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari melalui sel surya (fotovoltaik) untuk mengkonversikan radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. Sel surya merupakan lapisan-lapisan tipis terbuat dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni, atau bahan semikonduktor lainnya, yang kemudian tersusun menjadi modul surya. Cara kerja panel surya adalah suatu proses fotovoltaik dengan menyerap cahaya matahari yang akan diubah menjadi menjadi

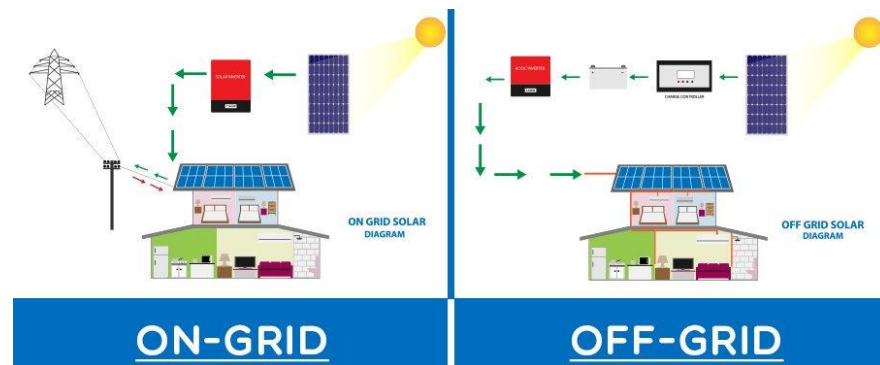
energi listrik, setelah itu energi yang telah dihasilkan dapat langsung digunakan ke beban, atau bisa juga di simpan dalam baterai sebelum akan digunakan ke beban, dengan begitu sistem akan bisa berjalan meskipun di sore hari, malam hari, ataupun ketika mendung. Dengan itu ketika pada saat mendung, dimana modul surya akan tetap menghasilkan energi listrik yang lebih rendah dibandingkan disaat matahari cerah. (Rivaldi et al.,2024).

PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya, dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri maupun hybrid (dikombinasikan dengan sumber energi lain), baik dengan metode desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metode sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel). PLTS merupakan sumber energi terbarukan, dimana sinar matahari sebagai sumber energi yang tidak ada habisnya, selain itu PLTS merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan tanpa ada bagian yang berputar, tidak menimbulkan kebisingan, dan tanpa mengeluarkan gas buangan atau limbah.

Dan untuk menentukan kebutuhan daya listrik suatu sistem kita harus menghitung kebutuhan daya yang diperlukan dalam sehari lalu dikalikan dengan lama pemakaian alat sehingga kita akan bisa mendapat kebutuhan daya listrik dalam sehari yang diperlukan suatu sistem, dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Daya Dalam Sehari} = \text{Total beban} \times \text{Lama pemakaian}.....$$

Untuk menentukan Total Beban dalam sehari hal yang harus dilakukan adalah jumlah beban yang digunakan lalu dikalikan dengan daya beban yang digunakan lalu akan mendapatkan total daya pemakaian dalam sehari.



Gambar 2. 4 Cara Kerja PLTS On Grid dan Off Grid

(Sumber :

<https://blogger.googleusercontent.com/img/b/R29vZ2xl/AVvXsEg6JzJJedueXH2blDXGec9HIVFwTAzo47opcR7X7KdllgVdkxjJyWxpCbcRxTeDecMg-ICqdweH1SXvf8A006-ad8LntWNvmEtbFzhraDVNsPH9LQxvo5Y2LVWN GRG-MKSiHqYeehKAYE/s1600/off-grid.jpg>)

2.6 Benefit PLTS

Manfaat Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dari segi lingkungan dimana menggunakan sumber energi utama yaitu sinar matahari yang merupakan sumber energi terbarukan. Dibandingkan dengan sumber energi lain dimana masi bergantung pada bahan bakar fosil, yang dari waktu ke waktu akan menimbulkan kekurangan yang dapat menyebabkan harga atau tarif listrik naik. Disisi lain PLTS ini memiliki manfaat dari segi ekonomi dimana PLTS ini bisa mengurangi biaya listrik, sedangkan untuk perawatanya cukup muda hanya perlu di bersihkan secara berkala. Namun pemasangan PLTS memerlukan biaya yang sangat besar (Rivaldi et al., 2024).

2.7 Faktor Pertimbangan Pemilihan Energi Tenaga Surya

Table 2 2 Faktor pertimbangan penggunaan PLTS Off Grid dan On Grid

PLTS Off Grid	PLTS On Grid
Lokasi yang tidak memiliki sambungan PLN	Lokasi yang memiliki akses listrik PLN 24 jam
Lokasi yang belum memiliki sambungan PLN, namun berencana dalam 5-10 tahun kedepan akan ada penyambungan daya	Lokasi perkotaan dan sekitarnya, merupakan lokasi pemasangan ideal
Lokasi yang memiliki sambungan PLN, namun belum berfungsi 24 jam. Sehingga membutuhkan cadangan daya ketika listrik mati	Lokasi rumah, bangunan bisnis, kantor pemerintahan dan bangunan layanan lainnya yang tertarik untuk melakukan efisiensi dan pengurangan biaya listrik bulanan
Lokasi yang menggunakan genset atau system pembangkit daya lainnya, dan menginginkan bantuan daya dari energi surya	Lokasi yang telah memiliki atau yang akan memiliki sertifikat SLO untuk koneksi terpasang
Lokasi yang jauh, terpencil, pulau terluar dan kepulauan, perbatasan, pedalaman hutan, lautan lepas, dan lokasi ekstrim lainnya, yang tidak memiliki sumber listrik mandiri	Lokasi yang telah terpasang kWh meter EXIM(Export-Import) atau yang akan dan sedang dalam pengurusan pemasangan kWh meter EXIM

2.8 Keuntungan dan Kelemahan PLTS

Keuntungan dari menggunakan pembangkit listrik tenaga surya di bandingkan dengan pembangkit energi yang lain yaitu, pembangkit listrik tenaga surya dapat menghasilkan energi listrik dengan cara menyerap sinar matahari tanpa harus menimbulkan polusi udara. Energi ini juga tersedia dengan mudah dan bebas dari biaya. Selain itu keuntungannya juga bisa digunakan selalu dan ramah bagi lingkungan, pemasangannya yang sangat mudah dan tidak memerlukan keahlian khusus, bebas dari segala biaya perawatan setiap bulannya, hanya harus dilakukan pembersihan pada solar panel secara berkala, dan terakhir tanpa mengeluarkan suara bersik sehingga tidak mengganggu lingkungan sekitar. Sedangkan kelemahan dari PLTS yaitu dikarenakan sumber energi PLTS tergantung pada cuaca, sehingga pada saat mendung energi panel surya akan menurun yang akan menyebabkan PLTS bekerja secara tidak maksimal, selain itu biaya pemasangan terlalu mahal sehingga dapat menjadi kendala dalam pemasangan solar panel (Rivaldi et al.,2024)

2.9 Panel Surya

Komponen utama dalam sistem PLTS adalah panel surya yang merupakan rakitan dari beberapa sel surya yang tersusun dari dua lapisan semi konduktor dengan muatan berbeda. Lapisan atas sel surya itu bermuatan negatif sedangkan lapisan bawahnya bermuatan positif. Sel-sel itu dipasang dengan posisi sejajar dan seri dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium ataupun baja anti karat yang dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sel diberi sambungan listrik untuk dapat disambungkan dengan sel lain.

Sel surya adalah device atau perangkat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Jadi secara langsung arus dan tegangan yang dihasilkan oleh solar cell bergantung pada penyinaran matahari. Pada solar cell ini dibutuhkan material yang dapat menangkap matahari, dan energi tersebut digunakan untuk memberikan energi keelektron agar dapat berpindah melewati band gapnya ke pita konduksi, dan kemudian dapat berpindah kerangkaian luar.

Melalui proses tersebutlah arus listrik dapat mengalir dari solar cell. Umumnya divais dari solar cell ini menggunakan prinsip PN junction.

Panel surya, atau modul fotovoltaik, adalah perangkat yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik dan merupakan komponen utama dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Cara kerja panel surya didasarkan pada prinsip efek fotovoltaik, di mana cahaya matahari yang diserap oleh bahan semikonduktor dalam panel menghasilkan arus listrik. Proses ini melibatkan penyerapan cahaya, pembentukan pasangan elektron dan lubang, serta pengaliran arus listrik searah (DC) yang dapat digunakan untuk mengisi baterai atau menjalankan peralatan listrik.



Gambar 2. 5 Panel Surya

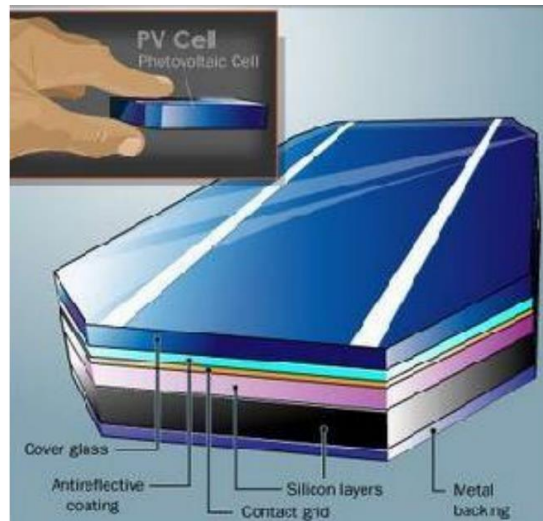
Terdapat beberapa jenis panel surya, termasuk panel monokristalin, polikristalin, dan thin-film. Panel monokristalin memiliki efisiensi tinggi (sekitar 15-22%) dan ukuran yang lebih kecil, tetapi lebih mahal. Panel polikristalin, yang terbuat dari beberapa kristal silikon, memiliki efisiensi sedikit lebih rendah (sekitar 13-16%) dan lebih terjangkau. Sementara itu, panel thin-film, meskipun memiliki efisiensi terendah (sekitar 10-12%), menawarkan fleksibilitas dan ringan, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi.

Panel surya monocrystalline dikenal karena efisiensinya yang tinggi dan warna hitamnya yang khas, yang berasal dari penggunaan silikon murni. Panel ini

dibuat dari satu kristal silikon tunggal, memungkinkan elektron bergerak lebih bebas dan meningkatkan efisiensi konversi sinar matahari menjadi listrik. Dibandingkan dengan jenis panel lainnya, panel monocrystalline memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi, sehingga ideal untuk lokasi dengan ruang terbatas. Output energi sangat penting, berkinerja lebih baik dalam kondisi cahaya rendah dan memiliki umur yang lebih panjang. Proses produksi lebih kompleks dan mahal yang menyebabkan harga lebih tinggi, efisiensi dan daya tahan panel monocrystalline sering membuatnya menjadi pilihan utama untuk sistem tenaga surya baik rumah tinggal maupun komersial

Keuntungan penggunaan panel surya sangat signifikan, termasuk ramah lingkungan karena menghasilkan energi bersih tanpa emisi gas rumah kaca, serta biaya operasional yang rendah setelah pemasangan. Energi matahari sebagai sumber terbarukan tidak akan habis dan dapat diakses di hampir semua lokasi di dunia. Selain itu, panel surya dapat dipasang di berbagai tempat, seperti atap rumah, lahan kosong, atau bahkan di atas air, menjadikannya pilihan utama dalam upaya memenuhi kebutuhan energi secara berkelanjutan dan ramah lingkungan (Alfaridzi, t.t.)

Dan untuk bahan-bahan penyusun Sel surya sendiri terdiri dari beberapa lapisan bahan-bahan yang digunakan dengan kegunaannya masing-masing dan berikut bahan-bahan penyusun Sel surya :



Gambar 2. 6 Bahan-bahan penyusun sel surya

(Sumber : <https://suryautamaputra.co.id/blog/2016/04/16/pengertian-dan-jenis-sel-surya/>)

1. Substrat/Metal Backing

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya menggunakan material logam/metal seperti aluminium atau molybdenum.

2. Metal Semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal hingga ratusan mikrometer untuk sel surya generasi pertama dari 1 – 3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis.

3. Kontak Mental/Contact Grid

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semi konduktor biasanya dilapiskan material metal atau bahan konduktif transparan sebagai kontak negatif.

4. Lapisan Anti-reflektif

Agar penyerapan cahaya matahari terjadi secara optimal, maka dibutuhkan penggunaan material antireflekti. Material anti-reflektif adalah lapisan tipis material dengan besar indeks relatif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan.

5. Enkapsulasi/Cover Glass

Cover glass berfungsi sebagai pelindung modul surya dari hujan dan kotoran maupun debu yang dapat merusak modul.

Dan untuk menentukan kebutuhan panel yang akan digunakan dalam suatu sistem PLTS yang harus diperhitungkan adalah konsumsi energi per hari dibagi dengan dengan jam penyinaran atau bisa dituliskan dengan persamaan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan panel surya} = \frac{\text{Konsumsi energi per hari}}{\text{jam penyinaran}} \dots\dots\dots$$

Dalam sejarah sejarah sel surya tentu saja mengalami perkembangan dalam konteks teknologi serta bahan dasar dari sel surya itu sendiri berikut penjelasan mengenai revolusi dari sel surya.

Classification ^a	Effic. ^b (%)	Area ^c (cm ²)	Voc (V)	Jsc (mA/cm ²)	FF ^d (%)	Test Centre ^e (and Date)	Description
Silicon Cells							
Si (crystalline)	24.4 ± 0.5	4.00 (da)	0.696	42.0	83.6	Sandia (2/98)	UNSW PERL ¹²
Si (multicrystalline)	19.8 ± 0.5	1.09 (ap)	0.654	38.1	79.5	Sandia (2/98)	UNSW/Eurosolare ¹²
Si (supported film)	16.6 ± 0.5	0.98 (ap)	0.608	33.5	81.5	NREL (3/97)	AstroPower (Si-Film) ¹³
III-V							
GaAs (crystalline cell)	25.1 ± 0.8	3.91 (t)	1.022	28.2	87.1	NREL (3/90)	Kopin, AlGaAs window
GaAs (thin film cell)	23.3	4.60 (ap)	1.011	27.6	83.8	NREL (4/90)	Kopin, 5 mm CLEFT ¹⁴
GaAs (multicrystalline)	18.2 ± 0.5	4.011 (t)	0.994	23.0	79.7	NREL (11/95)	RTI, Ge substrate ¹⁵
InP (crystalline cell)	21.9 ± 0.7	4.02 (t)	0.878	29.3	85.4	NREL (4/90)	Spire, epitaxial ¹⁶
Polycrystalline Thin Film							
CdTe (cell)	16.0 ± 0.2	1.0 (ap)	0.840	26.1	73.1	JQA (3/97)	Matsushita 3.5 mm CSS
CdTe (submodule)	10.6 ± 0.3	63.8(ap)	6.565	2.26	71.4	NREL (2/95)	ANTEC ¹⁷
CIGS (cell)	16.4 ± 0.5	1.025(t)	0.678	32.0	75.8	NREL (11/94)	NREL, CIGS on glass ¹⁸
CIGS (submodule)	14.2 ± 0.2	51.7 (ap)	6.808	3.1	68.3	JQA (10/96)	Showa Shell ¹⁹
Amorphous Si							
a-Si (cell) ^g	12.7 ± 0.4	1.0 (da)	0.887	19.4	74.1	JQA (4/92)	Sanyo ²⁰
a-Si (submodule) ^g	12.0 ± 0.4	100 (ap)	12.5	1.3	73.5	JQA (12/92)	Sanyo ²¹
Photochemical							
Nanocrystalline dye	6.5 ± 0.3	1.6(ap)	0.769	13.4	63.0	FhG-ISE (1/97)	INAP
Multijunction Cells							
GaInP/GaAs	30.3	4.0 (t)	2.488	14.22	85.6	JQA (4/96)	Japan Energy (monolithic) ²²
GaAs/CIS (thin film)	25.8 ± 1.3	4.00 (t)	-	-	-	NREL (11/89)	Kopin/Boeing (4 terminal) ¹⁴
a-Si/CIGS (thin film) ^g	14.6 ± 0.7	2.40 (ap)	-	-	-	NREL (6/88)	ARCO (4 terminal) ²³
a-Si/a-Si/a-SiGe ^g	13.5 ± 0.7	0.27 (da)	2.375	7.72	74.4	NREL (10/96)	USSC (monolithic) ²⁴

Gambar 2. 7 Informasi Klasifikasi Panel Surya

Parameter kinerja sebuah panel surya dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya jenis panel, luasan, radiasi matahari, temperature lingkungan, cuaca dan faktor lainnya. Supaya untuk memudahkan dalam perencanaan instalasi panel surya biasanya pabrikan mencantumkan indikator performansi berupa efisiensi panel (cell efficiency) seperti yang tertera dilabel spesifikasi. Parameter output dari sebagian besar panel surya diukur di bawah Standard Test Conditions (STC). Efisiensi panel dalam kondisi STC (η_{STC}) dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

- Daya maksimum dalam STC (P_{max})

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

- Efisiensi panel dalam STC (η_{max})

$$\eta_{STC} = \left(\frac{P_{max}}{A \times 1000} \right) \times 100$$

Dimana; P_{max} , V_{max} , I_{max} masing-masing adalah daya, tegangan dan arus maksimum dalam kondisi STC (tertera dalam label spesifikasi panel surya), η_{STC} adalah efisiensi panel dalam kondisi STC (%), dan A adalah luasan panel (m^2). Efisiensi sebuah panel dari pabrikan ini saja tidak cukup untuk memberikan gambaran yang sesungguhnya suatu sistem instalasi panel surya di lapangan. Ketidakkonstanan nilai output (tegangan dan arus) panel surya tergantung pada banyak faktor diantaranya radiasi matahari, G dan temperatur panel maupun temperatur lingkungan. Oleh karena itu dalam aplikasinya di lapangan suatu instalasi panel surya diperlukan adanya pengujian/pengukuran untuk mengetahui kondisi real/actual dari kinerja panel surya tersebut. Parameter kinerja (performance) yang dimaksud adalah berupa efisiensi konversi panel/efisiensi sistem instalasi (module conversion efficiency) dan efisiensi daya normalisasi (normalized power output efficiency) dimana parameter tersebut sesuai dengan persamaan berikut.

- Efisiensi Konversi panel (η_p)

$$\eta_p = \frac{P_{act}}{G \times A} \times 100$$

- Efisiensi daya normalisasi (η_n)

$$\eta_n = \frac{P_{act}}{P_{max}} \times 100$$

Dimana ; η adalah efisiensi konversi panel surya kondisi pengukuran di lapangan (%), η_n adalah efisiensi daya normalisasi yaitu perbandingan daya pengukuran output panel dibanding daya maksimal panel dalam kondisi STC (%), P_{act} adalah daya output terukur dari panel (Watt), dan G adalah radiasi matahari (W/m^2).

2.9.1 Jenis Panel Surya

Berikut adalah jenis-jenis panel surya

a. Monokristalin

Monokristalin mempunyai batangan kristal silikon murni yang digunakan untuk membuat panel surya monokristalin. Kristal silikon murni dipotong menggunakan peralatan khusus untuk membuat irisan sel surya yang tepat dan seragam, sehingga memberikan nilai efisiensi yang lebih besar-sekitar 15% hingga 20%-daripada jenis lainnya. Sel surya monokristalin lebih mahal daripada jenis lain di pasaran karena tingginya biaya proses produksi dan bahan baku. Karena sel surya monokristalin mengikuti geometri batang kristal silikon, yang biasanya berbentuk bulat atau heksagonal, sel surya ini memiliki kekurangan yaitu menyisakan banyak ruang kosong saat dirakit untuk membentuk modul surya.

Sel surya monokristalin terbuat dari silikon monokristalin, yang memiliki rumus kimia Si (silikon). Bahan dasarnya berasal dari pasir silika (SiO_2), yang kemudian dimurnikan dan dikristalkan menggunakan metode Czochralski untuk menghasilkan struktur kristal tunggal. Sel surya monokristalin memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan polikristalin, biasanya mencapai 15-20%. Struktur kristalnya yang lebih teratur memungkinkan elektron bergerak lebih bebas, meningkatkan konduktivitas dan efisiensi konversi energi matahari menjadi listrik.



Gambar 2. 8 Panel Jenis Monokristalin

(Sumber : <https://www.solar-facts-and-advice.com/images/xmonocrystalline-solar-panel.jpg.pagespeed.ic.84CNqGNjNK.jpg>)

b. Polikristalin

Panel surya polikristalin juga termasuk dalam jenis sel surya generasi kedua dari sel surya generasi pertama yang dibangun dari potongan irisan silikon. Sel surya ini juga menyimpan banyak kristal silikon yang lebih mudah untuk menghasilkan wafer dalam cetakan dari pada kristal tunggal (monokristalin), sehingga polikristalin menjadi lebih murah. Sel surya polikristalin umumnya terbuat dari silikon polikristalin, yang memiliki rumus kimia Si (silikon). Bahan dasarnya berasal dari pasir silika (SiO_2), yang kemudian melalui proses pemurnian dan pembentukan kristal. Dalam proses pembuatannya, silikon polikristalin masih memiliki struktur yang terdiri dari banyak kristal kecil, berbeda dengan silikon monokristalin yang memiliki satu struktur kristal utuh (Cakrawala, 2021).



Gambar 2. 9 Panel Surya Jenis Polikristalin

(Sumber : <https://indonesian.monocrystalline-solarpanel.com/quality-13200778-60-cells-250-watt-polycrystalline-solar-panel-module>)

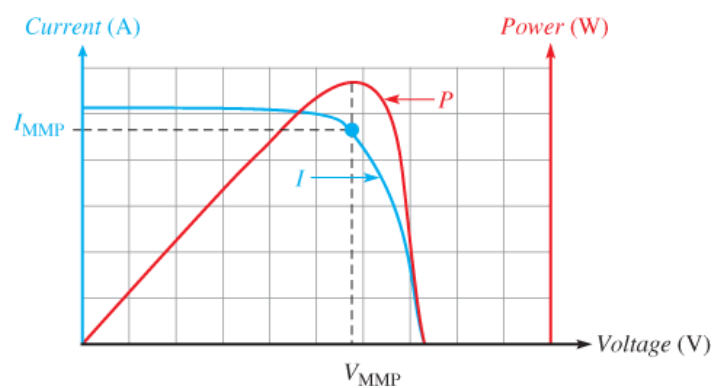
2.10 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Maximum Power Point Tracking (MPPT) adalah teknologi yang digunakan dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk mengoptimalkan pengambilan daya dari panel surya. MPPT berfungsi untuk memastikan bahwa panel surya beroperasi pada titik daya maksimum, yang bervariasi tergantung pada kondisi cahaya, suhu, dan beban yang terhubung. Dengan memaksimalkan daya yang dihasilkan, MPPT dapat meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem, sehingga lebih banyak energi dapat disimpan dalam baterai atau digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban.



Gambar 2. 10 MPPT JNGE

Cara kerja MPPT melibatkan pemantauan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya secara terus-menerus, menggunakan algoritma untuk menghitung titik daya maksimum berdasarkan data yang diperoleh. Ketika kondisi lingkungan berubah, MPPT secara otomatis menyesuaikan pengaturan untuk menjaga panel surya pada titik daya maksimum, sehingga meningkatkan efisiensi pengisian baterai, terutama dalam kondisi cahaya yang bervariasi. Teknologi MPPT dapat meningkatkan efisiensi sistem hingga 20-30% dibandingkan dengan pengontrol pengisian sederhana, serta memungkinkan penggunaan panel surya dengan karakteristik berbeda dalam satu sistem, menjadikannya komponen penting dalam sistem energi terbarukan.



Gambar 2. 11 Prinsip Kerja MPPT

kurva biru adalah karakteristik arus-tegangan untuk panel surya tertentu dalam kondisi cahaya datang tertentu. Kurva merah adalah daya yang menunjukkan di mana puncak terjadi, yaitu di lutut kurva IV (titik biru) pada I_{MMP} dan V_{MMP} . Jika cahaya datang berkurang, kurva bergeser ke bawah.

Rumus:

$$I_{SCC} \frac{P_{total}}{V_{sistem}} \times \text{Safety Factor} \dots \dots \dots (11)$$

Keterangan:

I_{SCC} = Arus minimum yang dibutuhkan oleh SCC (dalam Ampere)

P_{total} = Total daya panel surya (dalam Watt peak/Wp)

V_{system} = Tegangan sistem baterai (biasanya 12V, 24V, atau 48V)

2.11 Baterai Valve Regulated Lead Acid (VRLA)

Baterai VRLA memiliki performa yang andal dalam sistem cadangan daya dengan desain tertutup yang memungkinkan pengoperasian tanpa pengisian air secara rutin. Performa baterai dapat menurun akibat korosi dan sulfasi negatif, yang mengurangi kapasitas penyimpanan dan meningkatkan resistansi internal. SOC digunakan untuk memantau kapasitas tersisa, yang penting untuk menghindari overcharge atau overdischarge. Baterai jenis VRLA yang disimulasikan dalam 1 tahun sehingga nilai arus pada saat charging dan discharging terlihat. Selain itu, performa ini menentukan nilai SOC terhadap DOD baterai. Nilai DOD terlihat ketika menghitung kapasitas baterai pada kondisi otonom. Sehingga, baterai ini dianalisis lebih lanjut kinerja dan diprediksi penurunan performanya dalam 1 tahun ke depan. (Alfaridzi, t.t.)



Gambar 2. 12 Baterai VRLA

Terdapat dua jenis utama baterai VRLA, yaitu AGM (Absorbent Glass Mat) dan Gel. Baterai AGM menggunakan serat kaca untuk menyerap elektrolit, sedangkan baterai Gel menggunakan elektrolit dalam bentuk gel, keduanya mengurangi risiko tumpahan dan meningkatkan daya tahan. Keduanya memerlukan pemeliharaan yang rendah dan memiliki siklus hidup yang lebih panjang, serta efisiensi pengisian ulang yang lebih tinggi. Dengan kombinasi keandalan, keamanan, dan efisiensi, baterai VRLA menjadi pilihan populer dalam sistem penyimpanan energi, termasuk dalam aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan lainnya yang memerlukan sumber daya energi yang stabil dan berkelanjutan. (Iskandar dkk., 2021)

Rumus SOC :

Ket :

E_{slot} = Energi input-output baterai pada selang waktu tertentu

Δt = selang waktu perhitungan (time step)

E_0 = Kapasitas energi total baterai (watt)

P = Daya (watt)

SOC = (State of Charge) presentase baterai yang tersisa dalam baterai

$\Delta t = 0,5 \text{ jam (30 menit)}$

$$\Delta t = 0,5 \text{ jam}$$

$$E_{slot} = P \times 0,5$$

$$E_0 = SOC \times 1200 \text{ watt}$$

$$E_{slot} = P \times 0,5 \text{ (30 Menit)}$$

$$E_0 = 0,25 (SOC \text{ 25\%}) \times 1200 = 300 \text{ Wh}$$

2.12 Inverter

Inverter adalah perangkat yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) yang dihasilkan oleh sumber energi terbarukan, seperti panel surya atau baterai, menjadi arus bolak-balik (AC) yang dapat digunakan untuk menjalankan peralatan listrik rumah tangga dan industri. Inverter memainkan peran penting dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) karena sebagian besar peralatan listrik beroperasi menggunakan arus AC, sehingga memungkinkan penggunaan energi yang dihasilkan dari sumber terbarukan secara efisien dan efektif.



Gambar 2. 13 Inverter

(Sumber: <https://www.lazada.co.id/products/power-inverter-3000-watt-pure-sine-wave-dc-12v24v-ac-220v-power-inventer-3000w-2000w-taffware-gelombang-sinus-murni-psw-i6602916356.html>)

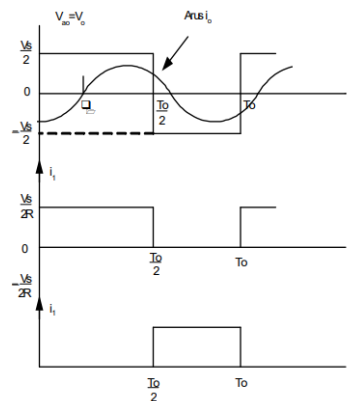
Berdasarkan output yang dihasilkan inverter dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis yaitu :

1. Inverter square wave

merupakan inverter dengan gelombang keluaran berbentuk kotak. Bentuk gelombang ini tidak ideal dan dapat merusak peralatan listrik.

2. Inverter modified sine wave

Prinsip kerja dari inverter satu fasa dapat dijelaskan dengan gambar 2.26 (diatas). Ketika transistor Q1 yang hidup untuk waktu $T_0/2$, tegangan pada beban V_0 sebesar $V_s/2$. Jika transistor Q2 hanya hidup untuk $T_0/2$, $V_s/2$ akan melewati beban. Q1 dan Q2 dirancang untuk bekerja saling bergantian. Pada gambar 2.26(dibawah) menunjukkan bentuk gelombang untuk tegangan keluaran dan arus transistor dengan beban resistif.

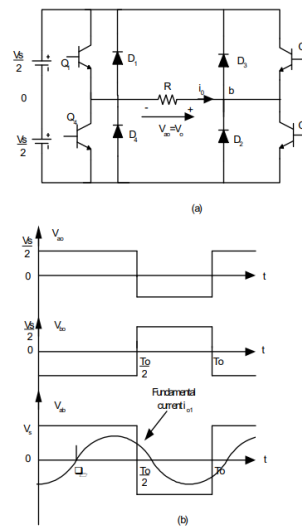


Gambar 2.5 Rangkaian Inverter Setengah Gelombang(diatas), Bentuk Gelombang dari Inverter Setengah Gelombang(dibawah)

Inverter jenis ini membutuhkan dua sumber DC, dan ketika transistor off tegangan balik pada V_s menjadi $V_s/2$.

3. Inverter pure sine wave

Inverter pure sine wave atau Inverter gelombang penuh ditunjukkan pada gambar 2.27 (a). Ketika transistor Q1 dan Q2 bekerja (ON), tegangan V_s akan mengalir ke beban tetapi Q3 dan Q4 tidak bekerja (OFF). Selanjutnya, transistor Q3 dan Q4 bekerja (ON) sedangkan Q1 dan Q2 tidak bekerja (OFF), maka pada beban akan timbul tegangan $-V_s$. Bentuk gelombang ditunjukkan pada gambar 2.27 (b)



Gambar 2.6 Inverter gelombang penuh

Pada bagian dalam inverter terdapat bagian converter yang yang dapat mengubah tegangan bolak-balik jala-jala untuk menghilangkan riak dari rangkaian DC. Pada bagian kedua yaitu rangkaian konversi dimana menghasilkan tegangan searah menjadu tegangan bolak-balik. Sedangkan bagian ketiga yaitu rangkaian yang mengendalikan inverter. Seluruh bagian bagian tersebut dinamakan unit interver (Santoso, L et al., 2023).

2.13 Komponen Penunjang

2.13.1 Fuse

Sekring atau fuse adalah komponen penting dalam sistem listrik yang berfungsi untuk melindungi peralatan elektrik dari kerusakan akibat arus listrik berlebih. Perangkat ini dirancang untuk membuka sirkuit secara aman di bawah beban arus tinggi yang tidak normal. Sekring memiliki berbagai bentuk dan ukuran. Masing-masing dirancang untuk melindungi sirkuit dengan seperangkat parameter listrik tertentu. Parameter ini di antaranya tegangan operasi, arus operasi, dan waktu peleburan elemen sekring atau kecepatan sekring. Memilih sekring dengan kapasitas arus yang sesuai dengan kebutuhan peralatan dan sistem listrik yang digunakan sangatlah penting. Hal ini untuk memastikan sekring memberi perlindungan yang efektif dengan waktu pelepasan kabel yang pas saat merespons arus berlebih.

Rumus utama untuk menghitung kebutuhan sekring (fuse)

$$I = \frac{P}{V} \text{ atau } I = \frac{P}{(V \times 1,73)}$$

I = arus dalam ampere

P = daya (dalam watt atau kVA)

V = tegangan dalam volt

Untuk sistem tiga fasa (seperti pada trafo distribusi), faktor 1.73 (akar kuadrat 3) digunakan dalam perhitungan arus, sehingga rumusnya menjadi $I = P / (V \times 1.73)$. Rumus ini digunakan untuk menentukan kapasitas fuse yang tepat yang akan melindungi peralatan atau sistem dari arus berlebih.



Gambar 2. 14 Fuse

(Sumber : <https://www.mitra-one.id/id/news/fungsi-sekring-atau-fuse-listrik-dan-perbedaannya-dengan-circuit-breaker>)

2.13.2 Relay

Relay adalah Saklar yang dioperasikan secara electric dan merupakan komponen Electromechanical yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.



Gambar 2. 15 Relay 8 Kaki

(Sumber : <https://biggo.id/s/relay+12+volt+8+kaki>)

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi Open (Terbuka)
- Normally Closed (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi Closed (Tertutup)

2.13.3 Kabel

Kabel listrik adalah penghantar listrik yang terdiri dari konduktor dan lapisan isolasi, yang berfungsi untuk menyalurkan arus listrik dari satu titik ke titik lain secara aman dan efisien terdiri dari satu atau lebih kawat atau serat yang dilapisi bahan isolasi. Kabel digunakan di berbagai sistem instalasi listrik, mulai dari rumah tangga hingga industri.



Gambar 2. 16 Gambar Jenis-jenis kabel

Dan untuk perhitungan dalam menentukan penggunaan kabel dapat menggunakan persamaan:

$$A = \frac{2 \times \rho \times I \times L}{\Delta V} \dots\dots\dots$$

Keterangan:

A=Luas Penampang kabel (mm²)

2=menggunakan 2 kabel (AC dan DC)

ρ =Tahanan jenis konduktor (Ohm.mm²/m) Contoh:

- Tembaga; 0,0175
- Aluminium; 0,028

I =Arus listrik (Ampere)

L =Panjang Kabel (meter, satu arah)

ΔV =Batas tegangan jatuh maksimum (volt),biasanya diambil 3% dari tegangan sistem

Pertama yang harus dihitung adalah nilai arus menggunakan persamaan Arus dibawah.

$$I = \frac{P}{V}$$

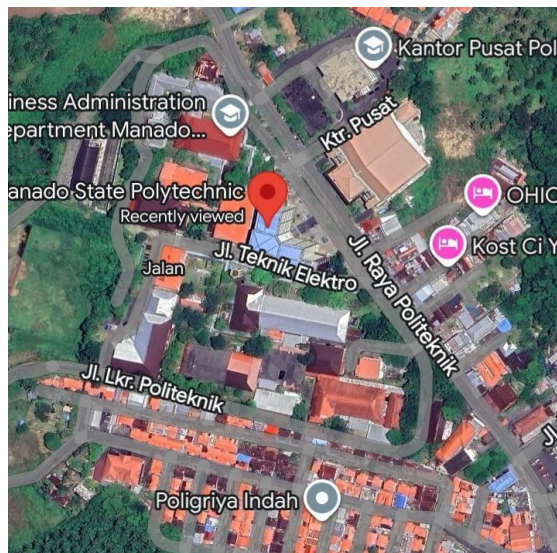
BAB III

METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Penelitian ini dilakukan di Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado dan penulis melakukan komunikasi dan bimbingan dengan dosen pembimbing.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

3.1.2 Waktu Penelitian

Untuk waktu yang diperlukan dari mulai persiapan alat dan bahan untuk merancang panel industri sampai testing, pengambilan data, dan seluruh peralatan, di bulan maret-agustus 2025.

3.1.3 Bahan dan Alat

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 bahan yang digunakan

No	Nama Barang	Tipe	Range	Qty (Pcs)
1	Canal C	Tipe C	0,65 x 5,7 N.I.M	10
2	Taso	Tipe C	75/75 6M	11
3	Skrup	roofing	12/25	1.400
4	Gunting Baja	sellery	15-568	2
5	handskun	kain	-	12
6	MPPT JNGE	JN-MPPT-BL	12V 40A	1
7	Baterai Zeus	NP	12V-50Ah	2
8	Terminal Blok	Blok	60A	4
9	Kabel NYHHY	Serabut	2 x 1,5mm	50m
10	Fuse Fort	Keramik	25A	9
11	Fuse Fort	Keramik	32A	3
12	Kabel NYAF	Serabut	1 x 1,5mm	28m
13	Timah Solder	Timah	-	3
14	Siku rak	Besi	-	2
15	Mata Potong	WD	4"	5
16	Sock Putih	DEXTA	-	24
17	Elbow Putih	DEXTA	-	2
18	Seng plat	Baja Ringan	90m x 200m	3
19	Skun	-	10mm	25
20	isolasi	Karet	3m	1
21	Kabel NYAF	Serabut	6mm	4m
22	Kabel NYAF	Serabut	10mm	1
23	Sadel	-	-	20
24	Skun	Tipe Y	2.5mm	2
25	Skun Pin	Tipe Gepeng	1,5mm	1
26	Omron Relay	LY2N	12VDC	3
27	Socket	PTF	08A/LY2	3
28	Niso Pipa Listrik	Pipa Listrik	20mm	8
29	Kabel NYAF	Serabut	2,5mm	2
30	Kabel NYAF	Serabut	4mm	2
31	Panel Box	Logam(Metal)	40m x 50m	2
32	Solar Panel	-	250 wp 8.25A	2
33	Lampu Bright 3 Mata	CS1070 LED	12-80V	4

34	SONOFF	4CH	100/240V	1
35	Rel	-	-	1
36	Kabel Duct	Plastik (abu-abu)	-	2
37.	Orbit	-	-	1
38.	GPS Tracker Portable	M20	-	1
39.	Inverter	Pure sine wave	12v 3000w	1
40.	Rumah Fuse Fort	-	32A	12

Tabel 3. 2 Alat yang digunakan

No.	Nama Alat	Satuan
1	Tang Kombinasi	1
2	Tang Potong	1
3	Tang Lancip	1
4	Tang Ampere	1
5	Multimeter	1
6	Obeng +	1
7	Obeng -	1
8	Tespen	1

3.1.4 Metode dan Jenis Penelitian

berikut Adalah metode dan jenis penelitian yang penulis gunakan dalam pembuatan skripsi

a. Studi literatur

Studi literatur yaitu pengumpulan informasi dengan cara membaca buku dan bahan bahan kuliah atau dari sumber data di internet berupa gambar dan tulisan dan lain sebagainya yang ada hubungannya dalam penulisan skripsi.

b. Studi observasi

Terjun langsung ke lapangan untuk pengumpulan data-data yang dilakukan dengan mengadakan penelitian langsung terhadap objek yang diteliti serta pencatatan data-data yang diperlukan dalam penyusunan Tugas akhir/skripsi ini.

c. Studi bimbingan

Dalam hal ini penulis melakukan diskusi tentang topik Tugas Akhir/Skripsi ini dengan dosen pembimbing apakah penyusunan dan penulisan sudah baik dan benar.

3.1.5 Prosedur Penelitian

Untuk prosedur penelitian sendiri terdiri dari beberapa tahapan-tahapan yang dilakukan yaitu:

1. Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan adalah proses dimana kita mengambil semua data-data lapangan yang diperlukan untuk pembuatan alat seperti, beban yang ada pada rakit rumah apung, posisi pemasangan panel surya, posisi pemasangan Panel kontrol dan baterai, serta data-data lain yang diperlukan agar sesuai dan dapat diimplementasikan pada rakit tersebut. Dan juga dalam perencanaan kita akan menghitung kapasitas alat-alat yang akan digunakan seperti perhitungan Panel Surya yang akan digunakan, perhitungan kapasitas baterai, perhitungan kapasitas inverter dan juga kapasitas SCC yang akan digunakan agar sesuai saat diimplementasikan.

2. Tahap Pembuatan

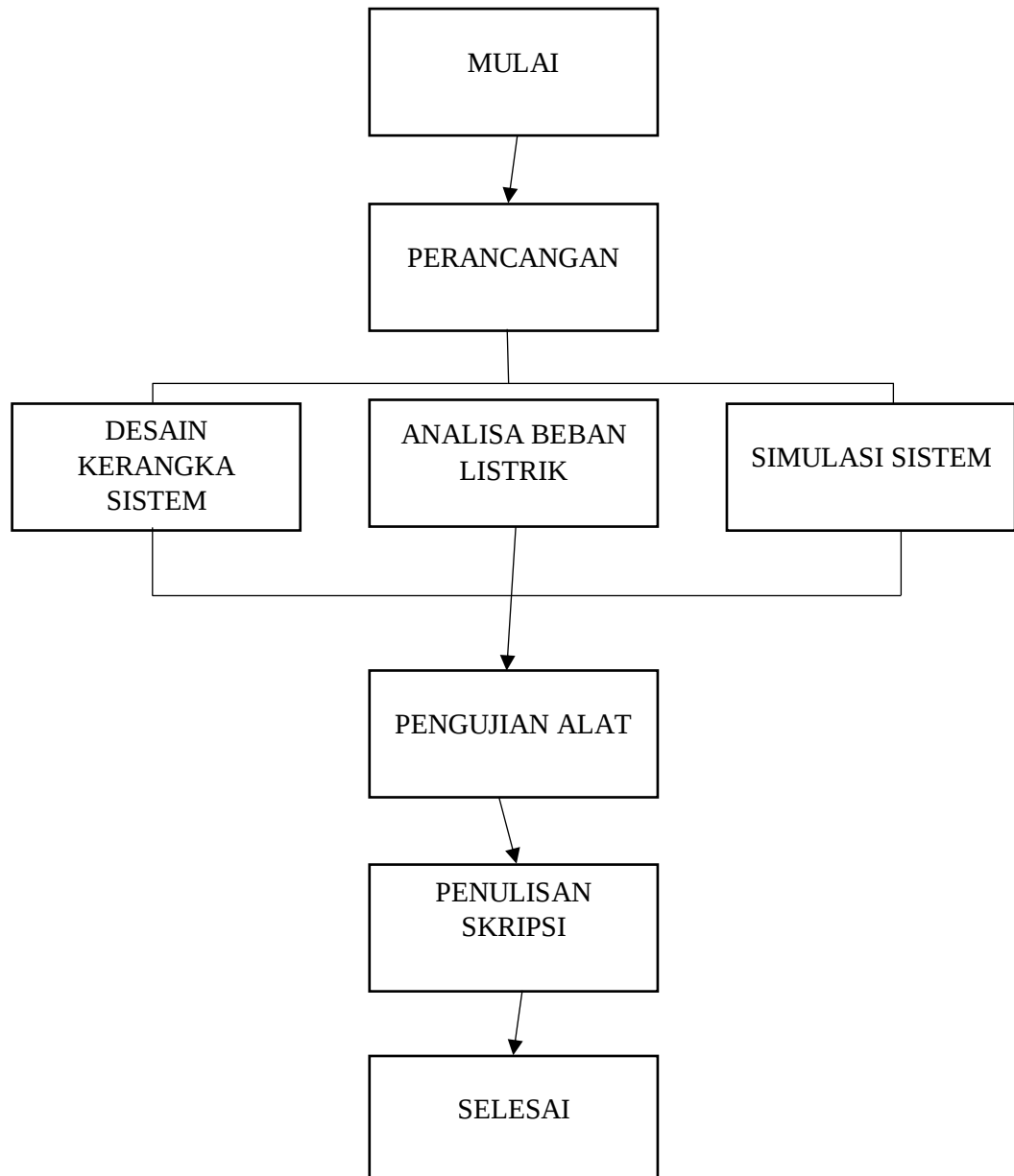
Tahap pembuatan adalah tahap dimana kita akan merangkai alat-alat yang sudah kita tentukan dengan jumlah serta kapasitasnya masing-masing, disini kita akan merangkai panel box yang akan berisikan komponen-komponen kontrol seperti SCC, Inverter, Fuse

yang digunakan sebagai pengontrol, serta kita akan memasang panel surya pada tempat yang telah ditentukan.

3. Tahap Pengujian

Tahap pengujian adalah tahap akhir yang akan dilakukan yaitu kita akan menguji alat yang telah dibuat apakah sesuai dengan yang diperhitungkan atau tidak. Ditahap pengujian juga kita akan mengambil data-data yang akan diperlukan dalam penyusunan skripsi ini. Dengan hasil yang didapat pada saat pengujian kita dapat melihat dan mengetahui apa saja yang harus diperhatikan dalam pembuatan PLTS

3.1.6 Rancang Konseptual Penelitian



Gambar 3. 2 Kerangka Konseptual

Keterangan kerangka dari koseptual :

- Mulai : Menentukan topik, merumuskan masalah, dan menetapkan tujuan dari penelitian.

- Perancangan : Menyusun rencana kerja dan pendekatan teknis yang akan di gunakan.
- Desain Kerangka Sistem : Membuat diagram blok sistem PLTS.
- Analisa Beban Listrik : Menghitung kebutuhan energi yang akan di gunakan.
- Simulasi Sistem : Melakukan simulasi sistem PLTS untuk mengevaluasi kecukupan energi.
- Pengujian Alat : Mengukur performa sistem PLTS yang telah di rakit.
- Penulisan Skripsi : Mendokumentasikan seluruh tahapan penelitian dalam bentuk laporan ilmiah sesuai format skripsi.
- Selesai : Menutup seluruh rangkaian kegiatan penelitian setelah hasil dan Kesimpulan diperoleh.

3.2 Perancangan Sistem PLTS

Dalam menghasilkan suatu sistem PLTS, maka tahapan awal yang dilakukan adalah melakukan proses perancangan terhadap sistem PLTS yang akan dihasilkan. Dalam proses perancangan system PLTS, ditentukan berdasarkan kebutuhannya, dimana kebutuhannya bergantung pada kondisi daya listrik yang akan dihasilkan oleh system PLTS. Adapun tahapan-tahapan dari perancangan system PLTS adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan besarnya daya listrik yang akan disuplai oleh sistem PLTS
Untuk menentukan besarnya daya listrik (watt) yang akan disuplai oleh sistem PLTS, maka prosedur yang dilakukan adalah menentukan jumlah peralatan listrik dan besar daya listriknya, yang akan digunakan dengan sumber listrik PLTS, selanjutnya menentukan jam pengoperasian dari tiap-tiap peralatan listrik, dimana untuk menentukan besarnya daya listrik berdasarkan waktu pengoperasiannya, seperti contoh untuk lampu led sebanyak 4 buah dengan daya listrik sebesar 30 watt dioperasikan selama 10 jam, maka total daya listriknya adalah sebagai berikut:

Daya Listrik Lampu Led = Daya Lampu Led x Jumlah Lampu x lama operasi

$$= 20 \text{ watt} \times 4 \text{ buah} \times 10 \text{ jam}$$

$$= 800 \text{ Watt}$$

Sehingga total daya listrik untuk 4 buah lampu LED dengan kapasitas dayanya sebesar 20 watt yang dioperasikan selama 10 jam adalah sebesar 800 watt.

Tabel 3.2. memperlihatkan penentuan jumlah peralatan listrik dan daya listrik dari masing-masing peralatan listrik yang akan disuplai oleh sistem PLTS untuk kebutuhan kerja dari *smart lighting*.

Tabel 3.2 Beban yang di supply oleh PLTS

No	Peralatan Listrik	Jam Pengoperasian	Daya Listrik (Watt)
1	Lampu LED 20 Watt x 4 Buah	10 jam	800
2	Kamera 12 watt x 1 buah	24	288
Daya Total =			1088 Watt

Dari hasil penentuan jumlah peralatan listrik dan daya listrik dari masing-masing peralatan listrik yang akan disuplai oleh sistem PLTS, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.2, didapatkan daya totalnya sebesar 1088 Watt.

b. Menentukan jumlah panel surya yang akan digunakan

Setelah total daya listrik yang akan disuplai oleh sistem PLTS ditentukan, tahapan selanjutnya adalah menentukan jumlah Panel Surya yang akan digunakan untuk kebutuhan listrik sebesar 800 Watt. Adapun proses menentukan jumlah Panel Surya berdasarkan kebutuhan daya listrik adalah sebagai berikut:

Langkah awal adalah menentukan kebutuhan *Watt Peak* dari Panel Surya, berdasarkan proses *Photovoltaic* yang sesuai, dimana untuk Indonesia,

proses *Photovoltaic* optimalnya selama 5 jam dalam sehari (mulai pukul 11.00 sampai dengan pukul 15.00). Berdasarkan data-data yang ada, maka dapat ditentukan jumlah Panel surya sebagai berikut:

- Menentukan jumlah Panel Surya

$$\begin{aligned}\text{Watt Peak Panel Surya} &= \text{Total Daya Listrik} / \text{proses Photovoltaic} \\ &= 1088 \text{ watt} / 5 \text{ Jam} \\ &= 217.6 \text{ Watt Peak}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan hasil untuk Watt Peak Panel Surya yang digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik harian sebesar 1088 Watt, adalah sebesar 250 Wp.

Untuk menentukan jumlah Panel Surya yang digunakan, maka disesuaikan dengan kapasitas Panel Surya yang ada di pasaran.

- Jika menggunakan Panel Surya 150 Wp, maka digunakan 2 buah Panel Surya,
- Dapat juga menggunakan Panel Surya berkapasitas 100 Wp 3 buah dan kapasitas 50 Wp 5 buah yang dihubungkan secara seri.

Akan tetapi, PV yang digunakan untuk penelitian ini adalah 300Wp sebanyak 2 unit atau setara dengan 1200Wh, dengan harapan untuk adanya pengembangan dan penambahan beban.

Tabel 3. 3 Spesifikasi Panel Surya

SOLANA MONO-SOL-M24300W		
Max. Power (Pmax)		300Wp
Optimum Voltage (Vmp)	Operating	32.7V
Optimum Current (Imp)	Operating	9.17A
Open-circuit Voltage (Voc)		39.3V
Short-circuit Current (Isc)		9.72A

Power Tolarance (Pmax)	0-±3%
Module Dimention (mm)	1640 × 992 × 35mm
Weight	17.5 Kg
Max. Series Fuse Rating	15A

c. Menentukan Jumlah Baterai yang akan digunakan

Setelah jumlah Panel Surya ditentukan, selanjutnya menentukan jumlah kebutuhan Baterai yang akan digunakan untuk menampung energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Dimana untuk penentuan kapasitas Baterainya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Baterai} &= \text{Total Harian Daya Listrik} / \text{Tegangan DC} \\
 &= 1088 \text{ Watt} / 12 \text{ Volt} \\
 &= 90.6 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

Perlu diperhatikan juga efisiensi penggunaan Baterai, dimana idealnya Baterai hanya digunakan sebesar 60% saja agar Baterai tidak cepat rusak. Untuk itu dibutuhkan 1 buah baterai dengan kapasitas 100 Ah tegangan 12 Volt untuk menunjang kerja sistem PLTS.

Tabel 3. 4 Spesifikasi Baterai ZEUS VRLA

ZEUS VRLA NP12-50AH	
Nominal System Voltage	12V
Capacity	50Ah
Dimention	230 mm x 138 mm x 211 mm
Efficiency	99%
Depth Of Discharge	30%-60%

d. Menentukan kapasitas *Solar Charge Controller (SCC)*

Pada sistema PLTS, *Solar Charge Controller (SCC)*, berfungsi sebagai pengontrol pengisian ke baterai. Dalam menentukan kapasitas dari *Solar*

Charge Controller (SCC), maka hal yang perlu diperhatikan adalah spesifikasi dari Panel Surya yang digunakan, seperti contoh Panel Surya yang digunakan berkapasitas 150 Wp, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Daya Maksimum (P_m) = 300 WP
- Tegangan Maksimum (V_m) = 32.7 VDC
- Tegangan Oppen Circuit (V_{oc}) = 39.3 V
- Arus Outut Maksimum (I_{mp}) = 9.17 A
- Arus Hubung Singkat (I_{sc}) = 9.72 A

Berdasarkan data spesifikasi dari panel surya tersebut, maka dapat ditentukan kapasitas dari *Solar Charge Controller (SCC)* berdasarkan nilai Arus Hubung Singkat (I_{sc}), dimana perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Arus Solar Charge Controller (SCC)} &= \text{Arus Hubung Singkat (Isc)} \times \\
 &\quad \text{Jumlah Panel Surya} \\
 &= 9.72 \text{ Ampere} \times 1 \text{ Buah} \\
 &= 9.72 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan penentuan kapasitas dari *Solar Charge Controller (SCC)*, didapat kapasitas *Solar Charge Controller (SCC)* adalah sebesar 10 Ampere, dan untuk dari SCC, maka *Solar Charge Controller (SCC)* yang dipilih berkapasitas 50 Ampere di harapkan untuk pengembangan selanjutnya.

Tabel 3. 5 Spesifikasi Solar Charger MPPT

JN-MPPT-AL	
Voltage (V)	12V/24V/48V
Current (A)	50A
Power (W)	600W/1200W/2400W

e. Menentukan Kapasitas Inverter

Rumus untuk menentukan kapasitas inverter adalah dengan menghitung total daya yang dibutuhkan oleh semua perangkat yang akan dihubungkan ke inverter, kemudian menambahkan margin keamanan sekitar 20-25%. Kapasitas inverter harus lebih besar dari total daya yang dibutuhkan agar dapat beroperasi dengan baik dan aman.

Rumus:

Kapasitas Inverter = Total Daya Beban Maksimum × Faktor Keamanan

Diketahui :

Beban 1088 Watt

Faktor keamanan 1.5 atau di tambah 50% dari besar beban

Maka : $1088 \times 1.5 = 1632$ Watt di pasaran jarang menemukan inverter yang kapasitas 1700 watt jadi mengambil batas aman inverter 3000 watt.

Dan untuk perhitungan jumlah inverter yang digunakan dapat menggunakan rumus :

$$DMI_{total} = \frac{1,05 \times P_T}{\eta_i}$$

Keterangan:

DMI_{total}: total daya maksimum keluaran inverter (watt)

η_i : efisiensi inverter

P_T : beban listrik (watt)

$$DMI_{total} = \frac{1,05 \times 1088}{50\%}$$

$$DMI_{total} = 2284 \text{ watt}$$

$$Ji = \frac{DMI_{total}}{DMI}$$

Keterangan :

Ji = Jumlah Inverter

DMI_{total} = Daya maksimum yang ada

DMI = Daya maksimum Inverter yang digunakan

$$Ji = \frac{2284}{3000}$$

$$Ji = 0,76$$

Jadi, untuk jumlah inverter yang digunakan dengan daya 800 watt pada sistem PLTS ini Adalah 0,76 atau di bulatkan menjadi 1 buah inverter dengan daya 3000 watt.

Tabel 3. 6 Spesifikasi Inverter

Taffware 12V 3000W	
Wave Form	Pure Sine Wave
Frekuensi	50/60 Hz
Material	Aluminium
Dimensi	Power Inverter: 235 x 150 x 70 mm Panjang Kabel: Sekitar 50 cm
Daya	Daya Nominal: 1500 W Daya Puncak: 3000 W

Voltage	Voltase Input: DC 12 V Voltase Output: AC 220 V
---------	--

3.3 Prinsip Kerja Sistem PLTS

Secara garis besar, kerja dari sistem PLTS yang dibuat dalam menghasilkan energi listrik, untuk menunjang kelistrikan pada sistem *Smart lighting*. Adapun prosedur kerja dari sistem PLTS adalah sebagai berikut:

Mengaktifkan *solar charge controller (SCC)*, dengan cara memberikan sumber kelistrikan, Dimana sumber kelistrikannya bersumber dari baterai. Untuk itu Langkah yang dilakukan adalah mengaktifkan sumber kelistrikan dari baterai ke SCC melalui pengaktifan Fuse untuk baterai, dari posisi OFF ke posisi ON. Saat SCC telah aktif, ditandai dengan tampilan monitornya aktif dan menampilkan informasi kapasitas dari baterai yang terdeteksi oleh SCC. Gambar 3.1 terlihat bahwa saat SCC telah aktif.



Gambar 3. 3 pengaktifan SCC

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap proses pengaktifan SCC, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.3, terlihat bahwa SCC dapat berfungsi dengan normal saat mendapatkan input tegangan dari baterai melalui fuse DC baterai, dan informasi awal yang ditampilkan sehubungan dengan kapasitas baterai yang terdeteksi, Dimana kapasitas tegangan baterai terdeteksi sebesar 12.4 volt. Selain itu juga informasi yang ditampilkan sehubungan dari panel surya dalam kondisi mengisi, karena jalur keluaran tegangan dari panel surya ke SCC sudah diaktifkan. Dari informasi kapasitas baterai yang ditampilkan di SCC, dapat disimpulkan bahwa baterai masih dalam kondisi normal, Dimana tegangan normal baterai VRLA adalah sebesar 12,7-12,9 volt.

Setelah aktifnya SCC, hal yang dapat dilakukan adalah proses pengaturan operasi kerja dari SCC, Dimana pengaturannya mencakup:

- Pemilihan jenis baterai yang digunakan, Dimana ada 3 pilihan yang disediakan oleh SCC sehubungan dengan jenis baterai yang digunakan yaitu: pilihan b1 untuk jenis baterai cair, pilihan b2 untuk jenis baterai kering atau VRLA dan pilihan b3 untuk baterai jenis litium. Karena baterai yang digunakan pada sistem PLTS ini menggunakan jenis baterai VRLA, maka yang dipilih adalah b2.
- Pengaturan tegangan pengisian baterai, dimana tegangan pengisian baterai diatur pada tegangan 14.8 volt sebagai tegangan maksimum pengisian untuk jenis baterai VRLA.
- Pengaturan tegangan output beban, baik beban untuk kebutuhan sistem control maupun tegangan kerja lampu, Dimana tegangan outputnya diatur pada nilai 12 volt.
- Pengaturan lama beroperasinya lampu dalam proses penerangan, dimana lamanya lampu beroperasi diatur selama 10 jam, untuk kebutuhan pencahayaan dari jam 19.00 sampai dengan jam 05.00.

Mengaktifkan sumber kelistrikan dari panel surya, melalui pengaktifan MCB DC untuk panel surya. Saat SCC membaca ada tegangan yang masuk pada bagian input panel surya, maka hal ini menandakan bahwa panel surya

sementara beroperasi untuk menghasilkan energi Listrik berdasarkan intensitas Cahaya matahari, Dimana informasi panel surya sementara mengisi akan ditampilkan di layer monitor pada SCC.

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap sistem PLTS menunjukan bahwa, saat output dari panel surya telah terhubung dengan input panel surya pada SCC, maka jika terdeteksi ada tegangan yang dikirimkan dari output panel surya, maka indicator pengisian ke baterai dari panel surya akan aktif. Jika bagian output dari panel surya terdeteksi tidak ada tegangan, maka indicator pengisian baterai pada SCC akan kosong, tidak ada garis putus-putus. Hal ini juga dapat mengindikasikan bahwa proses pengisian ke baterai telah selesai, karena baterai telah penuh.

3.4 setting parameter baterai

1. Over voltage voltage: 14.7 V

Ini ambang proteksi jika tegangan baterai naik terlalu tinggi (misal karena kesalahan pengukuran atau BMS rusak). Menjaga agar sel tidak di-overcharge yang merusak gel.

Fungsi: MPPT akan memutus/kurangi charge kalau terdeteksi >14.7 V.

2. Charging limit voltage: 14.9 V

Batas keras (hard limit) yang mungkin mencegah kenaikan tegangan ekstrem. Biasanya sedikit lebih tinggi dari absorption untuk proteksi darurat.

Fungsi: Safety stop — jangan biarkan baterai mengalami tegangan terus menerus di atas ini.

3. Overvoltage recovery voltage: 13.0 V

Setelah terjadi over-voltage dan MPPT memutus, sistem akan kembali normal jika turun ke angka ini. Nilai ini jauh di bawah absorption supaya tidak langsung mengulang siklus. Fungsi: bentuk histeresis agar tidak ON/OFF sering.

4. Boost (Absorption) charging voltage: 14.3 V

Untuk tipe GEL, absorption yang umum aman sekitar 14.2–14.4 V pada 25 °C. Di tahap ini baterai diisi dengan arus berkurang sampai mendekati penuh (mengisi sel-sel secara penuh).

Fungsi: mengisi sampai baterai hampir penuh tanpa overgas/merusak gel.

5. Boost charging return voltage: 13.4 V

Setelah absorption selesai atau tegangan turun, ini ambang untuk kembali ke charging mode normal/float.

Fungsi: histeresis antara absorption ↔ float supaya tidak bolak-balik.

6. Float charging voltage: 13.7 V

Float untuk GEL biasanya **13.6–13.8 V**; ini menjaga baterai tetap penuh tanpa stres kimia berlebih.

Fungsi: menjaga SOC saat PV masih aktif di pagi/siang tanpa terus-menerus di absorption.

7. Over discharge voltage (LVD / load off): 11.0 V

Memproteksi baterai dari discharge berlebih. Untuk GEL ambang aman LVD umumnya 11.0–11.2 V.

Fungsi: saat tegangan turun ke sini, controller memutus beban agar baterai tidak rusak.

8. Over discharge recovery voltage (LVR / load on): 12.4 V

Setelah LVD memutus beban, agar baterai kembali dipakai hanya jika sudah terisi cukup. 12.4 V menandakan baterai cukup kembali.

Fungsi: agar beban tidak segera terhubung saat baterai belum cukup terisi.

9. Battery excessively undervoltage: 11.0 V

Tandai level kritis sama dengan LVD. Bisa untuk alarm/lock agar tidak mencoba menghidupkan beban sampai di-charge.

Fungsi: batas aman minimum.

10. Boost charging time: 1–2H

Absorption hanya dilakukan beberapa jam—cukup untuk mengisi sampai tingkat penuh tanpa merusak. Waktu dipilih tergantung rata-rata insolation (kalau sering mendung, tambahkan waktu sedikit).

Fungsi: mencegah absorption terus menerus (yang berbahaya) dan memberi cukup waktu untuk isi baterai.

11. Temperature compensation: 3 (mV/°C/2V)

Tegangan charge ideal turun naik dengan suhu. Untuk baterai lead-acid/GEL sering digunakan -3 mV/°C per sel (atau per 2 V tergantung firmware).

Fungsi: menurunkan target charge voltage saat panas dan menaikkannya saat dingin — memperpanjang umur baterai.

3.5 Bagian Light control (menu yang mengatur lampu)

1. Light control turn-on voltage: 8.0 V

Ini ambang yang dipakai controller untuk “mendeteksi malam” (tegangan sistem turun saat PV tidak menyuplai). Angka rendah memastikan lampu tidak menyala saat cahaya senja ringan atau saat PV masih bisa menahan tegangan.

Fungsi: saat tegangan turun $\leq 8.0 \text{ V}$, controller anggap sudah malam → lampu menyala.

Catatan: di beberapa controller ini ambang diukur pada tegangan baterai/internal sensor. Nilai 8 V cukup konservatif supaya benar-benar gelap sebelum menyalakan.

2. Light control turn-off voltage: 10.0 V

Ini ambang untuk “pagi / PV kembali” — ketika tegangan naik ke $\geq 10.0 \text{ V}$, controller matikan lampu karena cahaya matahari mulai cukup.

Fungsi: histeresis (turn-on 8.0 V → turn-off 10.0 V) mencegah flicker ON/OFF di waktu senja/pagi.

3. Light control on period 1: 10H

lampu menyala **10 jam** setiap malam → ini nilai yang memaksa controller mempertahankan lampu menyala selama durasi itu setelah kondisi turn-on terpenuhi.

Fungsi: memastikan lampu tetap menyala meski tegangan sempat naik turun sedikit semalam.

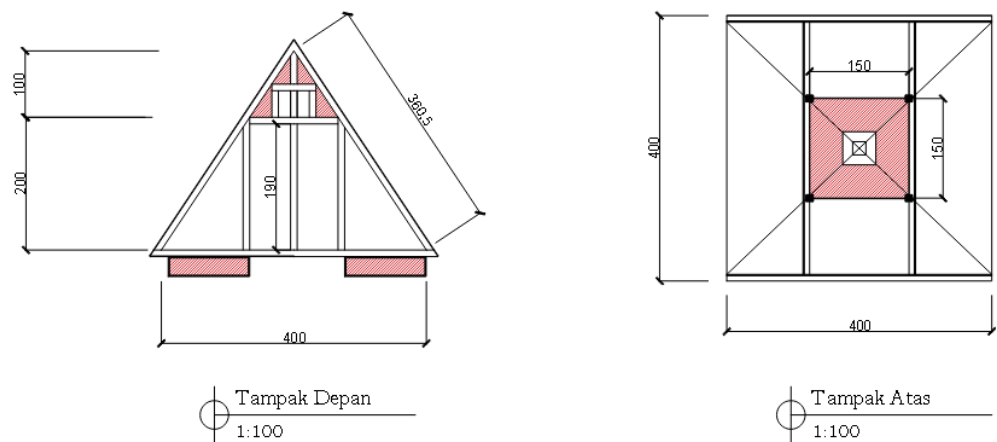
4. Household & street lamp mode: street lamp mode

Mode ini biasanya mengutamakan logika on/off berdasarkan tegangan + period, cocok untuk penerangan luar/ jalan.

Fungsi: pengaturan lebih simple dan dapat mengaktifkan fitur timer otomatis.

a. Desain Bagan Rompon

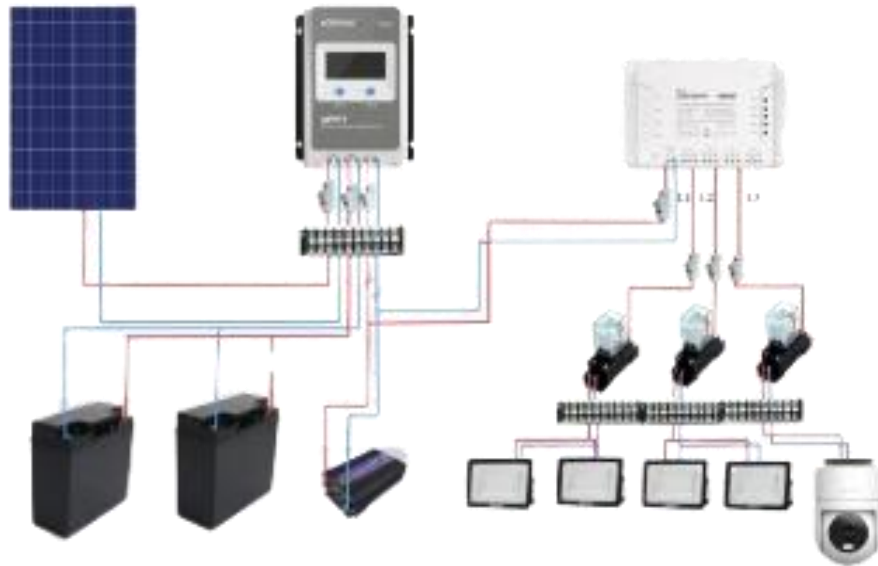
Berikut Adalah gambar desain bagan rompon dengan tampilan 2D



Gambar 3. 4 Desain 2D Bagan Rompon Tampak Depan dan Atas

b. Gambar Rangkaian

Berikut ini Adalah rangkaian komponen yang di gunakan



Gambar 3. 5 Gambar Rangkaian

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Hasil Perancangan Sistem PLTS

- Panel surya : 2 unit 300Wp dengan total 600Wp
- Solar Charge Controller(SCC) : tipe MPPT dengan Kapasitas 50A
- Baterai : Menggunakan jenis VRLA 2 Unit dengan sistem 12Volt 50Ah
- Inveter : Menggunakan tipe Pure Sine Wave dengan kapasitas 3000watt
- Beban : Berupa Lampu sorot dan Kamera

4.2 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan dengan cara mengisi (charging) baterai dan penggunaan (discharging) baterai dengan beban yang tersedia.

4.3 Pengujian Charging Baterai

Berikut adalah prosedur yang di lakukan dalam pengujian PLTS Off-Grid pada saat Charging Baterai:

1. Arahkan panel surya pada cahaya matahari waktu yang efisien mulai dari (pukul 09.00–14.00).
2. Pastikan Sambungan kabel instalasi dari arah panel surya – SCC, SCC – baterai, baterai – inverter, inveter - beban dan SCC – Beban sudah terpasang dengan rapih dan menggunakan Fuse sebagai pengaman
3. Nyalakan kan Fuse dari SCC ke Baterai.
4. Nyalakan Fuse dari SCC ke Load.
5. Lihat tegangan , arus dan suhu pengisian dari panel surya di layar scc mppt .
6. Lihat tegangan baterai daya yang terbaca pada monitor baterai.
7. Catat tegangan, arus, daya, beban yang di hasilkan dari plts yang terpasang.

4.4 Pengujian pengisian baterai (Charging)

Untuk hasil pengujian pengisian baterai dilakukan pada hari selasa tanggal 19 agustus 2025, dengan pengambilan data setiap setengah jam dari mulai jam 05.30 (Matahari terbit) sampai 17.00 (Matahari terbenam) dan berikut hasil yang didapat dari pengujian yang dilakukan:

Tabel 4 1 Hasil Pengisian baterai (Charging)

No	Waktu (WITA)	Tegangan Masuk PV	Tegangan Baterai (V)	Arus Masuk (A)	SOC Baterai(%)	Energi yang dihasilkan (Wh)
1	05.30	30.9	11.0	0	25.1%	2.0
2	06.00	30.9	11.2	0.2	25.17%	5.0
3	06.30	32.1	11.7	0.4	25.58%	9.0
4	07.00	32.2	11.9	0.5	26.33%	14.3
5	07.30	32.7	12.0	0.7	27.49%	13.9
6	08.00	33.6	12.3	0.8	28.62%	13.5
7	08:30	34.5	12.5	1.0	29.72%	13.2
8	09:00	32.4	12.5	1.8	31.35%	21.7
9	09:30	34.2	12.6	1.1	32.63%	13.3
10	10:00	34.2	12.6	1.1	36.01%	40.5
11	10:30	34.4	12.7	3.2	42.88%	40.9
12	11:00	34.3	12.8	6.3	48.11%	82.5
13	11:30	31.7	12.8	4.9	51%	62.7
14	12:00	32.9	12.8	3.3	53.03%	46.0
15	12:30	36.3	12.8	0	57.05%	25.9
16	13:00	30.7	12.8	1.3	66.34%	18.4
18	14.00	33,0	12.8	8,1	67.88%	111,5
20	15.00	26,7	12.8	3,6	70.03%	48,2
22	16.00	23,8	12.8	0,9	73.87%	13,1

24	17.00	22,0	12.8	0,0	79.09%	10,5
----	-------	------	------	-----	--------	------

Pada Tabel 4.1 yang ditampilkan berisi data hasil pengisian baterai dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada rentang waktu 05:30 hingga 16:00 WITA. Data menunjukkan parameter masukan dari panel surya (tegangan dan arus), tegangan baterai, serta nilai State of Charge (SOC) yang menggambarkan kapasitas energi tersimpan. Pada awal pengisian, SOC baterai berada pada kisaran 25% dengan tegangan relatif rendah. Seiring berjalannya waktu, terjadi peningkatan nilai arus dan tegangan yang masuk dari panel surya, sehingga SOC baterai secara bertahap mengalami kenaikan.

Peningkatan yang paling signifikan terlihat pada periode siang hari, khususnya pukul 09:00 hingga 13:00, ketika intensitas matahari berada pada titik optimal. Pada rentang waktu tersebut, arus masuk mencapai nilai lebih tinggi dibandingkan pagi atau sore, yang berdampak pada percepatan pengisian baterai. Akumulasi energi yang tersimpan menunjukkan SOC dapat mencapai lebih dari 70% pada pukul 16:00, menandakan bahwa sistem mampu bekerja secara efektif sepanjang periode radiasi matahari tersedia. Data ini memperlihatkan keterkaitan langsung antara intensitas radiasi surya, masukan panel PV, dan tingkat pengisian baterai.

4.5 Perhitungan SOC

Untuk perhitungan SOC (State of charge), berikut adalah rumus yang di gunakan :

E_{slot} = Energi input-output baterai pada selang waktu tertentu

Δt = selang waktu perhitungan (time step)

E_0 = Kapasitas energi total baterai (watt)

P = Daya (watt)

SOC = (State of Charge) presentase baterai yang tersisa dalam baterai

$\Delta t = 0,5 \text{ jam (30 menit)}$

$$\Delta t = 0,5 \text{ jam}$$

$$E_{slot} = P \times 0,5$$

$$E_0 = SOC \times 1200 \text{ watt}$$

$$E_{slot} = P \times 0,5 \text{ (30 Menit)}$$

$$E_0 = 0,25 \text{ (SOC 25\%)} \times 1200 = 300 \text{ Wh}$$

1. 05:30–06:00: $E_{slot} = 2.0$

$$E_1 = 300.0 + 2.0 = 302.00$$

$$SOC_1 = \frac{302}{1200} \times 100 = 25.17\%$$

2. 06:00–06:30: $E_{slot} = 5.0$

$$E_1 = 302.00 + 5.0 = 307.00$$

$$SOC_2 = \frac{307}{1200} \times 100 = 25.58\%$$

3. 06:30–07:00: $E_{slot} = 9.0$

$$E_1 = 307.00 + 9.0 = 316.00$$

$$SOC_3 = 26.33\%$$

4. 07:00–07:30: $E_{slot} = 13.9$

$$E_1 = 316.00 + 13.9 = 329.90$$

$$SOC_4 = 27.49\%$$

5. 07:30–08:00: $E_{slot} = 13.5$

$$E_1 = 329.90 + 2.0 = 343.40$$

$$SOC_5 = 28.62\%$$

6. 08:00–08:30: $E_{slot} = 13.2$

$$E_1 = 343.40 + 13.2 = 356.60$$

$$SOC_6 = 29.72\%$$

$$7. \quad 08:30-09:00: \mathbf{E}_{slot} = 21.7$$

$$E_1 = 356.60 + 21.7 = 378.30$$

$$SOC_7 = 31.53\%$$

$$8. \quad 09:00-09:30: \mathbf{E}_{slot} = 13.3$$

$$E_1 = 378.30 + 13.3 = 391.60$$

$$SOC_8 = 32.63\%$$

$$9. \quad 09:30-10:00: \mathbf{E}_{slot} = 40.5$$

$$E_1 = 391.60 + 40.5 = 432.10$$

$$SOC_9 = 36.01\%$$

$$10. \quad 10:00-10:30: \mathbf{E}_{slot} = 82.5$$

$$E_1 = 432.10 + 82.5 = 514.60$$

$$SOC_{10} = 42.88\%$$

$$11. \quad 10:30-11:00: \mathbf{E}_{slot} = 62.7$$

$$E_1 = 514.60 + 62.7 = 577.30$$

$$SOC_{11} = 48.11\%$$

$$12. \quad 11:00-11:30: \mathbf{E}_{slot} = 46.0$$

$$E_1 = 577.30 + 46.0 = 623.30$$

$$SOC_{12} = 51.94\%$$

$$13. \quad 11:30-12:00: \mathbf{E}_{slot} = 23.0$$

$$E_1 = 623.30 + 23.0 = 646.30$$

$$SOC_{13} = 53.86\%$$

$$14. \quad 12:00-12:30: \mathbf{E}_{slot} = 48.2$$

$$E_1 = 646.30 + 48.2 = 694.50$$

$$SOC_{14} = 57.88\%$$

$$15. 12:30-13:00: \mathbf{E}_{slot} = 111.5$$

$$E_1 = 694.50 + 111.5 = 806.00$$

$$SOC_{15} = 67.17\%$$

$$16. 13:00-14:00: \mathbf{E}_{slot} = 18.4$$

$$E_1 = 806.00 + 18.4 = 824.40$$

$$SOC_{16} = 68.70\%$$

$$17. 14:00-15:00: \mathbf{E}_{slot} = 25.9$$

$$E_1 = 824.40 + 25.9 = 850.30$$

$$SOC_{17} = 70.86\%$$

$$18. 15:00-16:00: \mathbf{E}_{slot} = 46.0$$

$$E_1 = 850.30 + 46.0 = 896.30$$

$$SOC_{18} = 74.69\%$$

$$19. 16:00-17:00: \mathbf{E}_{slot} = 62.7$$

$$E_1 = 896.30 + 62.7 = 959.00$$

$$SOC_{19} = 79.92\%$$

Tabel 4 2 Hasil Percobaan Pemakaian beban (Discharge)

No	Waktu (WITA)	Tegangan Masuk PV	Tegangan baterai (V)	Arus yang keluar (A)	Daya beban (W)	SOC baterai (%)	Charger temperature (°C)
1	18.00	1.1	12.4	7.9	76.8	65%	30°
2	18.30	1.1	12.4	7.9	77.0	65%	30°
3	19.00	1.1	12.3	7.8	77.9	50%	30°
4	19.30	1.1	12.3	7.7	80.1	50%	30°
5	20.00	1.1	12.3	7.6	82.3	50%	30°
6	20.30	1.1	12.3	7.4	84.5	50%	30°
7	21.00	1.1	11.9	7.3	88.0	25%	30°
8	21.30	1.1	11.9	7.3	85.6	25%	30°
9	22.00	1.1	11.9	6.9	82.8	25%	30°
10	22.30	1.1	11.8	6.9	80.8	0%	29°
11	23.00	1.1	11.7	6.8	78.8	0%	29°
12	23.30	1.1	11.5	6.7	78.8	0%	29°
13	00.00	1.1	11.4	6.6	78.8	0%	29°
14	01.00	1.0	11.2	6.2	78.8	0%	29°
15	02.00	1.0	11.0	5.8	78.8	0%	29°
16	03.00	1.0	10.9	5.4	78.8	0%	29°
17	04.00	1.0	10.9	5.1	78.8	0%	29°
18	05.00	1.0	10.9	4.9	78.8	0%	29°

Pada Tabel 4.2 yang memperlihatkan data hasil pelepasan atau pemakaian beban pada sistem PLTS selama malam hingga dini hari, mulai pukul 18:00 hingga 05:00 WITA. Parameter yang dicatat meliputi tegangan baterai, arus beban, daya beban, serta State of Charge (SOC) baterai. Pada awal pelepasan energi, SOC berada di angka 65% dengan tegangan baterai sekitar 12,4 V. Seiring berjalannya

waktu dan konsumsi beban yang terus berlangsung, SOC menunjukkan penurunan bertahap sementara tegangan baterai juga mengalami penurunan secara perlahan.

Penurunan paling signifikan terlihat setelah tengah malam hingga menjelang pagi hari, ketika SOC turun dari 30% menjadi 0% pada pukul 03:00 hingga 05:00. Hal ini menandakan kapasitas energi dalam baterai telah habis akibat pemakaian beban yang konstan selama periode tersebut. Daya yang tersuplai berkisar antara 13–14 W di awal pelepasan, kemudian menurun menjadi sekitar 5 W di akhir periode. Data ini menunjukkan bahwa baterai mampu menopang beban selama kurang lebih 10 jam, namun kapasitas energi yang tersedia belum mencukupi untuk mempertahankan suplai hingga pagi tanpa kehabisan muatan.

BAB V

PENUTUP

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil perancangan dan analisis, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid dengan kapasitas daya harian 1200 Wh dapat dirancang menggunakan 2 unit panel surya 300 Wp, 2 unit baterai VRLA 12V 50Ah yang dihubungkan paralel, inverter 3000W, serta pengendali muatan MPPT 50A. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa konfigurasi ini mampu menghasilkan energi yang cukup untuk menunjang kebutuhan listrik pada bagan dan rumpun pengumpul ikan di laut lepas, terutama untuk penerangan dan peralatan pendukung. Dengan demikian, sistem PLTS ini dapat menjadi solusi energi terbarukan yang ramah lingkungan, efisien, dan sesuai diterapkan untuk menunjang aktivitas nelayan di wilayah pesisir.
2. Penggunaan daya Depth of Charge (DOC) atau State of Charge (SoC) dihitung dengan membandingkan sisa kapasitas baterai terhadap kapasitas totalnya. Berdasarkan hasil perhitungan, sistem PLTS yang dirancang menunjukkan nilai DOC bervariasi sesuai dengan beban, namun rata-rata masih berada pada kisaran aman di atas 40–50%, sehingga baterai tidak mengalami pengosongan berlebih dan umur pakainya tetap terjaga.
3. Penerapan PLTS pada bagan dan rumpun di laut lepas memberikan manfaat signifikan tidak hanya dalam pengurangan biaya operasional nelayan, tetapi juga mendukung konsep go green dengan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Sistem ini menyediakan energi bersih dan terbarukan untuk menunjang produktivitas, sekaligus menjaga kelestarian lingkungan laut dengan menekan emisi karbon dan polusi. Dengan demikian, PLTS menjadi solusi berkelanjutan yang ramah lingkungan dan ekonomis bagi nelayan.

SARAN

1. penulis berharap pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan variasi tipe baterai, seperti Lithium-Ion, agar dapat dibandingkan dengan kinerja baterai VRLA yang digunakan dalam penelitian ini, terutama dari segi efisiensi penyimpanan energi dan umur pakai. Selain itu, penelitian lanjutan juga dapat mengoptimalkan kapasitas panel surya yang digunakan agar pemenuhan kebutuhan listrik dapat lebih stabil pada kondisi cuaca yang kurang mendukung.
2. untuk penerapan di lapangan, sebaiknya dilakukan monitoring beban secara lebih detail dengan menggunakan sensor arus dan tegangan yang terintegrasi dengan sistem Internet of Things (IoT), sehingga kondisi baterai, panel surya, dan beban dapat dipantau secara real time. Dengan begitu, nelayan dapat lebih mudah mengatur penggunaan energi dan melakukan perawatan sistem secara berkala agar PLTS dapat beroperasi lebih lama dan efisien, serta penambahan pembangkit lainnya (On Grid).

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Advent Bagaskara, A., Uji Krismanto, A., & Budi Sulistiawati, I. (2022). Simulasi PLTS Terapung untuk Perencanaan Kebutuhan Daya di Pantai Tiga Warna Kabupaten Malang. *Prosiding SENIATI*, 6(3), 644–652. <https://doi.org/10.36040/seniati.v6i3.5009>
- [2]. Alfaridzi, M. K. (t.t.). *JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA 2024*.
- [3]. Amalia, D., Abdillah, H., & Hariyadi, T. W. (2022). Analisa Perbandingan Daya Keluaran Panel Surya Tipe Monokristalin 50wp Yang Dirangkai Seri Dan Paralel Pada Instalasi Plts Off-Grid. *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, 8(1), 12–21. <https://doi.org/10.35143/elementer.v8i1.5187>
- [4]. Hafidz, M. N., & Sulistiyowati, I. (2024). Rancang Bangun Multivoltage Input Output pada Inverter Skala Kecil (Studi Kasus: Panel Surya dan Baterai VRLA). *Innovative Technologica: Methodical Research Journal*, 2(4). <https://doi.org/10.47134/innovative.v2i4.94>
- [5]. Hasrul, R. (2021). *Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif*. 5(2).
- [6]. Iskandar, H. R., Elysees, C. B., Ridwanulloh, R., Charisma, A., & Yuliana, H. (2021). ANALISIS PERFORMA BATERAI JENIS VALVE REGULATED LEAD ACID PADA PLTS OFF-GRID 1 KWP. *Jurnal Teknologi*, 13(2).
- [7]. Lorobezy, T. D. & Krismadinata. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring PLTS Off-Grid Berbasis IoT. *MSI Transaction on Education*, 4(2), 71–84. <https://doi.org/10.46574/mted.v4i2.111>
- [8]. Mochtar, G., Hardi, S., & Rohana, R. (2023). Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terapung pada Regulating Pond Aplikasi pada PLTA Renun UPDK Pandan PLN Kitsbu. *JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING*, 6(2), 59–65. <https://doi.org/10.31289/jesce.v6i2.8198>

- [9]. Naim, M. (2020). *RANCANGAN SISTEM KELISTRIKAN PLTS OFF GRID 1000 WATT DI DESA LOEHA KECAMATAN TOWUTI*. 12(01).
- [10]. Rahman, R., Karim, S., & Elebro, P. T. (t.t.). *Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Offgrid Untuk Rumah Tinggal di Kota Banjarbaru*.
- [11]. Ridwan, W., & Tharo, Z. (t.t.). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid Pada Gedung Serbaguna Pondok Pesantren Sejahtera*.
- [12]. Setyawan, A., & Ulinuha, A. (2022). PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA OFF GRID UNTUK SUPPLY CHARGE STATION. *Transmisi*, 24(1), 23–28. <https://doi.org/10.14710/transmisi.24.1.23-28>
- [13]. Stefanie, A., & Suci, F. C. (2021). Analisis Performansi PLTS Off-Grid 600 Wp menggunakan Data Akuisisi berbasis Internet of Things. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 9(4), 761. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v9i4.761>
- [14]. Suyanto, M., Priyambodo, S., E.P, P., & Purnama Aji, A. (2022). Optimalisasi Pengisian Accu Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan Solar Charge Controller (MPPT). *Jurnal Teknologi*, 15(1), 22–29. <https://doi.org/10.34151/jurtek.v15i1.3929>
- [15]. Wenno, L. A., Manoppo, L., Rondonuwu, A. R., Pongoh, D. S., & Lesnussa, H. A. B. (t.t.). *Konsep Pemanfaatan PLTS pada Rakit Rumah Apung*.
- [16]. Wimatra, A. (t.t.). *PENINGKATAN DAYA KELUARAN PLTS DENGAN MENGGUNAKAN PENDINGIN PADA PERMUKAAN PANEL*.
- [17]. Wisnugroho, S., Widyanto, S. W., & Agus, M. (t.t.). *DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK STASIUN RADAR PANTAI DI BUKIT TINDOI, KABUPATEN WAKATOBI*.
- [18]. Zuroida, A., Irwan Heryanto/Eryk, & Alfina Salsabella Ramandhani. (2025). Optimasi Sistem Pengisian MPPT Berbasis Fuzzy logic Pada Panel Surya. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 12(1), 13–18. <https://doi.org/10.33795/elposys.v12i1.6852>

LAMPIRAN

