

PROYEK AKHIR

**DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)
MENGUNAKAN SOFTWARE SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM)
2021.12.2 PADA MESS KARYAWAN PT. MULTI KUSUMA CEMERLANG
BENGALON KUTAI TIMUR**



*Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Kurikulum
Program D3 Studi Teknik Listrik Fakultas Teknik
Universitas Batanghari Jambi*

Di Susun Oleh:

M. HARIS PRAYOGA

NPM: 2100820403010

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI JAMBI**

2024

PROYEK AKHIR

**DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)
MENGUNAKAN SOFTWARE SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM)
2021.12.2 PADA MESS KARYAWAN PT. MULTI KUSUMA CEMERLANG
BENGALON KUTAI TIMUR**



*Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Kurikulum
Program D3 Studi Teknik Listrik Fakultas Teknik
Universitas Batanghari Jambi*

Di Susun Oleh:

M. HARIS PRAYOGA

NPM: 2100820403010

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI JAMBI**

2024

HALAMAN PERSETUJUAN

DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)
MENGUNAKAN SOFTWARE SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM)
2021.12.2 PADA MESS KARYAWAN PT. MULTI KUSUMA CEMERLANG
BENGALON KUTAI TIMUR



Dengan ini Dosen Pembimbing I dan Pembimbing II yang Akhir Proyek Akhir Program Studi Teknik Listrik Fakultas Teknik Universitas Batanghari menyatakan proposal Proyek Akhir dengan judul dan penyusunan telah sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan dapat diajukan dalam Seminar Sidang Akhir Program Studi Teknik Listrik Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Jambi, 14 Agustus 2024

Dosen Pembimbing I

Ir. S. Umar Djufri, MT

Dosen Pembimbing II

Ir. Rozlinda dewi, M.Si

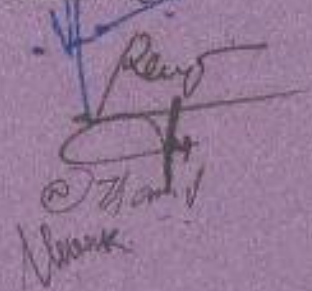
HALAMAN PENGESAHAN

DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) MENGUNAKAN SOFTWARE SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM) 2021.12.2 PADA MESS KARYAWAN PT. MULTI KUSUMA CEMERLANG BENGALON KUTAI TIMUR

Proyek Akhir ini telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Ujian Proyek Akhir dan Komprehensif dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik pada Program Studi Teknik Listrik Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Nama	M. Haris Prayoga
NPM	2100820402010
Hari/Tanggal Ujian	Rabu 4 Agustus 2024
Jam	09:00 WIB
Tempat	Ruang FT 02 Fakultas Teknik PANTIA PENGUJI
Jabatan	Nama
1. Ketua	Hj. Venita Yudianta, ST, M.Kom
2. Sekretaris	Ir. Rozinda dewi, M.Si
3. Penguji I	Eko Suprpto, S.Kom, M.Si
4. Penguji II	H. Nj. Tharrin, ST, M.Eng
5. Penguji III	Ir. S. Umar Djufri, MT

Tanda Tangan



Disahkan Oleh:

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Listrik

Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yarnali

Ir. S. Umar Djufri, MT

ABSTRAK

DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) MENGGUNAKAN SOFTWARE SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM) 2021.12.2 PADA MESS KARYAWAN PT. MULTI KUSUMA CEMERLANG BENGALON KUTAI TIMUR

Oleh:

M. Haris Prayoga

2100820403010

Di PT. Multi Kusuma Cemerlang Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur merupakan perusahaan yang bergerak pada sektor perkebunan karet, daerah ini memiliki intensitas penyinaran matahari yang baik, walaupun setiap detik nyala radiasi matahari dapat berubah-ubah disebabkan berbagai macam faktor seperti kondisi cuaca dan posisi matahari dalam sehari. Dengan *photovoltaic* (PV) atau *Solar Cell*, sinar matahari dapat diubah secara langsung menjadi energi Listrik atau biasa disebut Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Penggunaan perangkat lunak seperti *System Advisor Model* memudahkan proses desain, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti modul surya, inverter, baterai dan komponen pendukung lainnya. Untuk penelitian ini kapasitas daya yang akan dipenuhi adalah 26.100 Watt, selain itu software *System Advisor Model* juga mempertimbangkan faktor lain seperti biaya investasi awal, umur sistem, biaya operasional dan pemeliharaan, estimasi produksi energi, serta tingkat pengembalian yang diharapkan. Hasil pengerjaan software menunjukkan hasil energi nyata sebesar 7.311 kWh, untuk modal yang diperlukan bersumber dari database software SAM yaitu senilai Rp.149.526.160, dengan nilai bersih yang didapat senilai Rp.66.334.540 sedangkan periode pengembalian modal sederhana akan didapat 9,3 tahun setelah sistem PLTS berlangsung.

Kata Kunci: PLTS Simulasi SAM

At PT. Multi Kusuma Cemerlang, Bengalon District, East Kutai Regency is a company engaged in the rubber plantation sector; this area has a good solar radiation intensity, although every second the value of solar radiation can change due to various factors such as weather conditions and the position of the sun in a day. With *photovoltaic* (PV) or *Solar Cell*, sunlight can be directly converted into electrical energy or commonly called *Solar Power Plant* (PLTS). The use of software such as *System Advisor Model* simplifies the design process, taking into account factors such as solar modules, inverters, batteries and other supporting components. For this study, the power capacity to be met is 26,100 Watts, in addition to that, the *System Advisor Model* software also considers other factors such as initial investment costs, system life, operational and maintenance costs, estimated energy production, and expected rate of return. The results of the software work show are a energy result of 7,311 kWh, for the capital required is sourced from the SAM software database, which is worth Rp.149,526,160, with a net value of Rp.66,334,540 while a simple payback period will be obtained 9.3 years after the solar power plant system takes place.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan karunia-NYA kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan Judul: **“DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) MENGGUNAKAN SOFTWARE SISTEM ADVISOR MODEL (SAM) 2021.12.2 PADA MESSKARYAWAN PT. MULTIKUSUMA CEMERLANG BENGALONKUTAI TIMUR”**. Ditunjukkan untuk memenuhi persyaratan kurikulum program pendidikan Diploma III (D3) pada Jurusan Teknik Listrik Universitas Batanghari Jambi.

Penulis menyadari dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala rasa hormat penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, M. Eng selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.
2. Bapak Ir. S. Umar Djufri, M. T. selaku ketua program studi Teknik Listrik Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.
3. Bapak Ir. S. Umar Djufri, M. T. selaku pembimbing I pada tugas akhir ini.
4. Ibu Ir. Rozlinda Dewi, M. S. I. selaku pembimbing II tugas akhir ini.
5. Kepada orang tua, saudara, atas doa, bimbingan dan semangat yang tercurah selam ini.

Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaannya sehingga akhirnya proposal Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan lapangan.

Jambi, 14 Agustus 2024
Penulis

M. Haris Prayoga
2100820403010

DAFTAR ISI

HALAMANJUDUL	.....
HALAMANPERSETUJUAN	.....i
HALAMANPENGESEAHAN	.....ii
KATAPENGANTAR	.....iii
DAFTARISI	.....iv
DAFTARTABEL	.....vi
DAFTARGAMBAR	.....vii
BAB I PENDAHULUAN	.....1
1.1 Latar belakang	.....1
1.2 Rumusan Masalah	.....2
1.3 Batasan Masalah	.....2
1.4 TujuanPenelitian	.....2
1.5 Manfaat Penelitian	.....3
1.6 Sistematika Penulisan	.....3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	.....4
2.1 PembangkitListrik TenagaSurya	.....4
2.2 SolarCell(sellsurya)	.....8
2.2.1 Karakteristik SolarCell	.....8
2.2.2 Jenis-Jenis SolarCell	.....9
2.3 Modul Surya	.....11
2.3.1 RangkaianHubung Seri	.....11
2.3.2 RangkaianHubung Paralel	.....12
2.3.3 RangkaianHubung Seri Paralel	.....12
2.4 Panel Surya	.....13
2.5 PV Arayy	.....14
2.6Inverter	.....15
2.6.1 Jenis-JenisInverter	.....15
2.7 Sollar ChargeController(SCC)	.....16
2.8 KriteriaSollar ChargeController(SCC)	.....17
2.9 Baterai	.....17
2.9.1 Fungsi Baterai	.....18
2.9.2 Jenis Baterai	.....19
2.10 Perancangan PLTS	.....19
2.11 Menentukan Spesifikasi PLTS	.....20

2.12 Pemilihan Komponen.....	20
2.13 Aspek Teknis	24
2.13.1 Hasil Produksi Energi PLTS.....	24
2.13.2 Rasio Performa	24
2.14.3 Faktor Kapasitas	24
2.14 Perangkat Lunak PV System Advisor Model (SAM).....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1 Lokasi Kajian	28
3.2 Alur Penelitian	29
3.3 Waktu Penelitian	31
3.4 Peralatan Penelitian	32
3.5 LayOut	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Lokasi Penelitian	34
4.2 Perencanaan Beban Terpasang Pada Mess Karyawan.....	35
4.3 Langkah Perencanaan	35
4.3.1 Menentukan Jumlah Modul Surya.....	36
4.3.2 Menentukan Jumlah Inverter.....	36
4.3.3 Menentukan Jumlah Baterai.....	36
4.4 Rancangan PLTS di Software System Advisor Model.....	37
4.4.1 Titik Koordinat Lokasi.....	37
4.4.2 Desain Modul Panel Surya.....	38
4.4.3 Desain Inverter	39
4.4.4 Desain Baterai	40
4.5 Hasil dan Analisa Data Software.....	40
4.6 Hasil Energi Listrik Bulanan Dalam Satu Tahun.....	54
4.7 Analisis Aspek Keuangan.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	57

DAFTAR PUSTAKA.....

LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Intensitas cahaya yang tinggi di Indonesia sangat cocok untuk penerapan energi listrik yang bersumber dari matahari. Dengan *photovoltaic* (PV) atau *Solar Cell*, energi matahari dapat diubah secara langsung menjadi energi listrik, sistem yang menggunakan teknologi ini biasa disebut Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Daerah kabupaten Kutai Timur khususnya kecamatan Bengalon di PT. Multi Kusuma Cemerlang yang mengelola perkebunan karet, yang saat ini menggunakan genset untuk memenuhi kebutuhan listrik perumahan karyawan, akan tetapi daerah ini memiliki intensitas penyinaran matahari yang baik, hal ini dapat dimanfaatkan sebagai sistem pembangkit listrik tenaga surya. Radiasi matahari di suatu wilayah selalu mengalami fluktuasi yang cukup dinamis, setiap detiknya nilai radiasi matahari dapat berubah-ubah karena dipengaruhi faktor-faktor seperti kondisi cuaca, posisi matahari dalam sehari.

Kapasitas listrik yang dihasilkan sangat tergantung dari cahaya matahari, sehingga dalam perencanaan pembangunan PLTS diperlukan area yang tidak terhalang oleh benda apapun sehingga cahaya matahari dapat langsung menuju PV. Semakin besar area pemasangan PV, akan semakin besar kapasitas daya yang dihasilkan untuk dapat memenuhi kebutuhan daya yang diperlukan.

1.2. Rumusan Masalah

Kawasan luas disekitar area mess karyawan perkebunan karet PT. Multi Kusuma Cemerlang dapat dimanfaatkan untuk membangun PLTS karena pada area tersebut belum terjangkau listrik dari PLN. Untuk itu perlu dibangun PLTS di mana latar belakang masalahnya adalah:

1. Berapakah daya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan listrik di area mess karyawan tersebut?
2. Bagaimana membuat PLTS untuk memenuhi kebutuhan listrik di area mess karyawan perkebunan?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penulisan karya ini penulis membatasi masalah agar tidak meluasnya pembahasannya yaitu dengan hanya merancang dan menghitung biaya PLTS pada area mess karyawan perkebunan PT. Multi Kusuma Cemerlang,

1. Menghitung daya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan listrik pada mess karyawan.
2. Merancang sistem PLTS menggunakan perangkat lunak *System Advisor Model (SAM)* sesuai daya yang dibutuhkan.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk:

1. Membangun PLTS di area mess karyawan perkebunan PT. Multi Kusuma Cemerlang untuk mengembangkan *clean energy* dan mengurangi penggunaan sumber energi fosil.
2. Memberikan solusi menciptakan energi listrik yang masih jauh dari jangkauan listrik PLN di area mess karyawan perkebunan PT. Multi Kusuma Cemerlang dan biaya pemeliharaan per tahun.

3. Memenuhi kebutuhan daya listrik menggunakan PLTS pada mess karyawan perkebunan PT. MultiKusuma Cemerlang.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini sangat bermanfaat diantaranya:

1. Mengembangkan konsep *clean energy* untuk mengurangi penggunaan energi fosil yang semakin hari semakin menipis persediaannya.
2. Memberikan pengetahuan bagaimana merencanakan PLTS untuk memenuhi kebutuhan daya listrik.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan proyek Akhir (PA) ini, penulis membuat sistematika penulisan menjadi 5 (lima) Bab yang diuraikan sebagai berikut:

- Bab I : Bab ini adalah bab pendahuluan, di mana di sini dibahas tentang Pendahuluan, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan, Manfaat dan Sistematika Penulisan.
- Bab II : Pada bab ini diuraikan tentang teori yang berhubungan dengan pembahasannya dan literatur-literatur terkait sistem, bahan dan cara pembangunan PLTS.
- Bab III : Langkah kerja, lokasi, daftar bahan, sistem dan bentuk desain dijabarkan dalam bab ini.
- Bab IV : Dalam bab ini dibahas perhitungan, analisa dan hasil dari penelitian.
- Bab V : Bab ini merupakan simpulan dari penelitian yang dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik dengan teknologi pengolahan panas yang dipancarkan oleh matahari melalui rangkaian modul surya. Pembangkit ini dapat menghasilkan energi yang tidak terbatas karena tersedianya sumber energi panas yang tidak pernah berhenti dari pancaran matahari di siang hari.

Tersedianya daya listrik pada PLTS ini diperoleh melalui hasil proses yang terjadi pada modul surya di siang hari, kemudian energi ini disimpan dalam baterai dan proses pengisian tersebut diatur dengan *charge controller*. Besarnya energi yang dihasilkan tergantung pada besarnya modul yang disediakan dan beberapa faktor seperti intensitas cahaya, panjang gelombang cahaya yang jatuh pada sel surya dan efisiensi sel.

PLTS sangat bermanfaat untuk lingkungan masyarakat dalam mengurangi penggunaan sumber energi fosil yang semakin berkurang. Beberapa manfaat utama dari teknologi PLTS ini adalah:

1. Energi terbarukan dan ramah lingkungan
Dengan mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik menjadikan energi yang dihasilkan ramah lingkungan dengan sumber yang tidak pernah habis.
2. Mengurangi emisi rumah kaca
Menggunakan energi matahari sebagai sumber energi dapat mengurangi dampak negatif perubahan iklim akibat emisi gas rumah kaca.

3. Penurunan Polusi Udara

Polusi udara berbahaya yang dihasilkan dari sumber energi fosil tidak diperoleh pada PLTS sehingga dapat menjadikan kualitas udara yang baik.

4. Menyediakan energi listrik untuk daerah terpencil

PLTS bisa dijadikan sumber energi di daerah yang tidak terjangkau aliran listrik konvensional sehingga masyarakat pedalaman dapat memanfaatkan energi listrik.

5. Mengurangi biaya listrik jangka panjang

Pembangunan PLTS pada umumnya mempunyai investasi awal yang tinggi, namun untuk jangka panjang PLTS bisa menjadi sumber *free energy*.

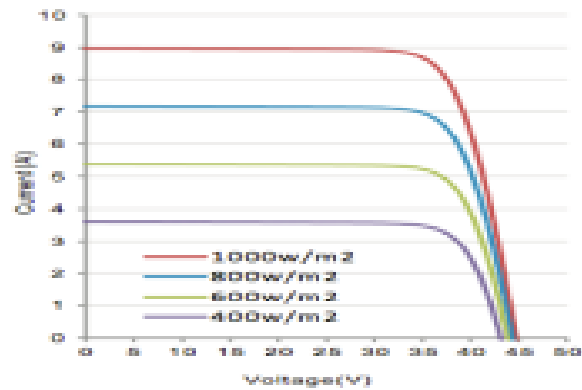
6. Mendukung Inovasi

Pengembangan dan pemanfaatan teknologi energi matahari ini dapat mendorong inovasi di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang membantu pergerakan menuju solusi energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Unjuk kerja PLTS ini tergantung dari beberapa faktor yang mempengaruhinya, yaitu:

1. Radiasi

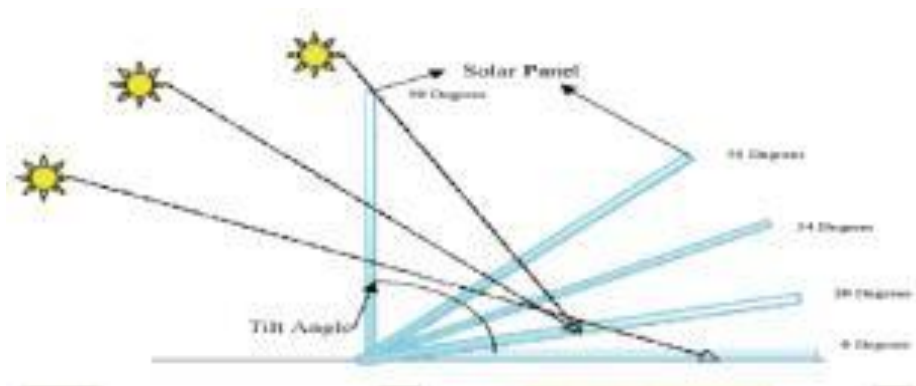
Energi yang dihasilkan panel surya sangat dipengaruhi oleh radiasi. Gambar 2.1 merupakan karakteristik proses radiasi berupa hubungan antara tegangan (V) dan arus (I). Saat radiasi menurun, arus yang dihasilkan modul surya akan menurun secara proporsional. Modul surya tidak terpengaruh oleh radiasi yang bervariasi selama masih dalam batas standar operasi dari modul surya, oleh karena itu energi listrik yang dihasilkan modul surya, menjadi referensi pada saat kondisi langit mendung, tidak penurunan efisiensi tetapi produksi arus listrik menurun akibat radiasi matahari yang rendah.



Gambar 2.1 Pengaruh Radiasi Terhadap Tegangan dan Arus Modul
 Sumber: Civicsolar

2. Posisi Kemiringan Modul Surya

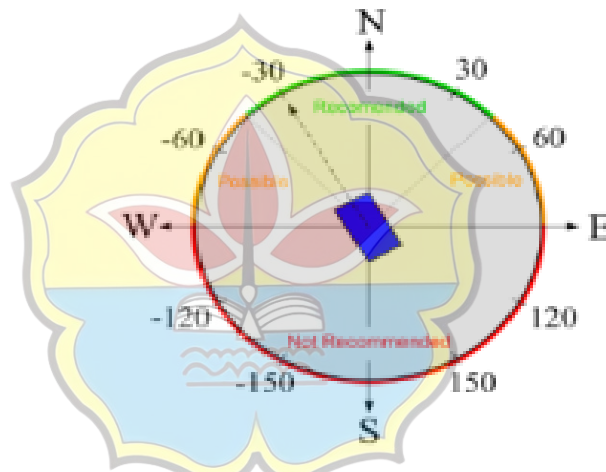
Dampak posisi kemiringan modul surya sangat mempengaruhi radiasi matahari pada permukaan modul surya. Sistem regulasi berfungsi memberikan regulasi dan keamanan pada sebuah pembangkit listrik tenaga surya sehingga pembangkit listrik bisa bekerja dengan efisien. Melihat letak geografis lokasi penentuan sudut pemasangan modul surya ini berguna untuk membenarkan penghadapan modul surya ke arah garis khatulistiwa. Modul surya yang dipasang mengarah khatulistiwa dilakukan supaya penyinaran modul surya lebih optimal. Energi maksimum diperoleh dengan cara memasang modul surya di garis khatulistiwa ($\text{lintang} = 0^\circ$) dan pada posisi mendatar ($\text{tilt angle} = 0^\circ$).



Gambar 2.2 Posisi Kemiringan Modul Surya
 Sumber: Hanif, 2012

3. Orientasi Modul Surya

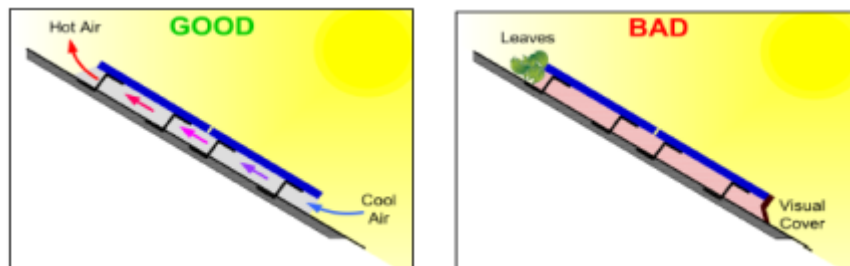
Disarankan agar modul surya berorientasi ke selatan untuk memaksimalkan produksi energi, namun menempatkannya ke arah timur atau barat akan menghasilkan lebih sedikit daya yang dihasilkan. Kemiringan modul surya dapat dibuat sampai 5 derajat sampai 45 derajat. Modul surya bisa menghasilkan energi secara maksimal apabila orientasi kemiringan terhadap pradiasi pada kemiringan yang tepat. Contohnya, pada lokasi bagian utara, sebaiknya modul surya berorientasi ke arah selatan, atau sebaliknya.



Gambar 2.3 Orientasi Modul Surya
Sumber: Power, 2011

4. Temperatur

PLTS kinerja yang tergantung pada suhu, semakin rendah suhu sel, maka semakin tinggi produksi energi. Suhu sel akan tinggi saat radiasi matahari ada ketika tengah hari, sehingga panas mencapai sekitar 70°C . Panas akan berkurang pada bagian belakang modul. Gambar 2.4 memperlihatkan pendinginan modul secara alami. Oleh sebab itu sangat perlu dihindari pembatasan aliran udara disekitar modul agar tidak terjadi pemanasan sel. Suhu yang meningkat sebesar 10°C dapat menurunkan daya pada sistem PV berkisar antara 4%-5%.



Gambar2.4 Pengaruh Suhu pada Panel Surya
 Sumber: Power, 2011

2.2. Solar Cell (Sel Surya)

Bahan semikonduktor *solar cell* digunakan untuk merubah energi matahari menjadi energi listrik dengan memanfaatkan efek fotovoltaic. Proses perubahan ini menggunakan prinsip *photoelectric*. Cahaya yang jatuh pada *solar cell* ini dapat menghasilkan elektron bermuatan positif dan *hole* bermuatan negatif yang mengalir menjadi arus listrik. Solar cell terbuat dari bahan yang mengandung silikon yang terdiri dari lapisan negatif dan lapisan positif (tipe-N dan tipe-P), sangat rentan karena gampang berkarat dan pecah, yang menyebabkan sel ini diproduksi berbentuk modul berukuran tertentu serta berlapis kaca bening dan tahan air.

2.2.1 Karakteristik Solar Cell

Cahaya matahari yang diterima oleh sel-sel yang terdapat pada *solar cells* sangat bervariasi setiap jamnya. Kapasitas daya yang dihasilkan dapat diketahui dengan mengukur arus dan tegangan pada susunan sel tersebut. Arus maksimum akan terukur apabila terminal pada sel dihubungkan singkat. Arus yang terukur disebut arus hubung singkat atau *short circuit current* (I_{sc}). Pengukuran tegangan dapat dilakukan pada titik terminal positif dan negatif dari modul dan menghubungkannya dengan komponen lainnya dengan tujuan dapat diketahui besarnya daya puncak *Maximum Power Point* (MPP) yang dapat dicapai.

Beberapa hal penting yang memperlihatkan karakteristik sel surya antarlain:

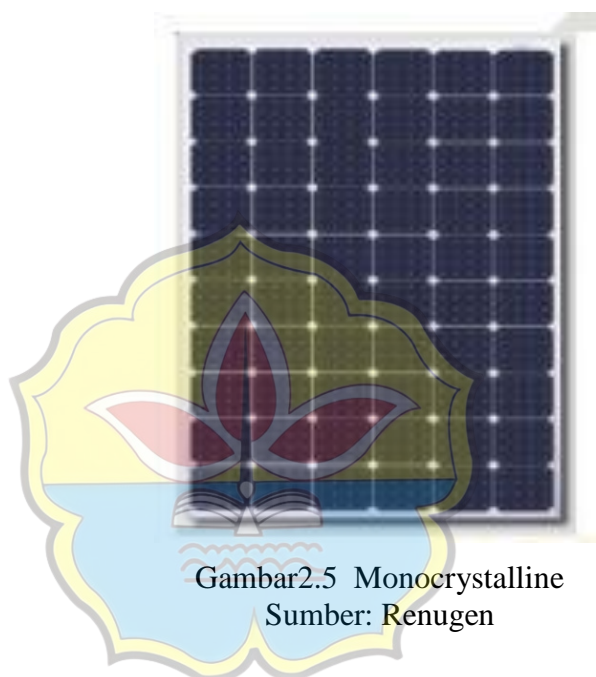
1. Arus Hubung Singkat (I_{sc})
 Saat tegangan pada sel surya adalah nol (0), maka arus yang mengalir atau arus maksimal yang dikeluarkan modul surya pada kondisi tidak ada hambatan merupakan arus hubung singkat.
2. Tegangan Rangkaian Terbuka (V_{oc})
 Tegangan ini merupakan tegangan maksimum yang terjadi pada saat arus sel sama dengan nol. Tegangan rangkaian terbuka sesuai dengan jumlah bias pada sel surya, karena bias junction sel surya sama dengan arus cahaya yang dihasilkan.
3. Faktor pengisian (Fill Factor)
 Salah satu besaran yang menjadi parameter untuk kerja sel surya adalah *Fill Factor* (FF) dan merupakan besaran tak berdimensi yang menyatakan perbandingan daya maksimum yang dihasilkan sel surya terhadap perkalian antara V_{oc} dan I_{sc} .
4. Efisiensi Sel Surya
 Efisiensi sel surya merupakan rasio antara energi listrik yang dihasilkan oleh energi matahari yang diterima oleh panel surya, dalam kata lain efisiensi ini mengukur seberapa efektif panel surya dalam mengubah sinar matahari menjadi energi listrik.
5. Maximum Power Point (MPP)
 Perkalian antara arus dan tegangan maksimum, menunjukkan radiasi matahari yang sampai ke bumi, dipancarkan melalui panjang gelombang, dan terjadi refleksi di atmosfer, sehingga sebagiannya langsung ke bumi.

2.2.2 Jenis-jenis Solar Cell

Solar Cell yang dipakai untuk membuat modul surya:

1. Monocrystalline

Solar cell jenis ini dibuat dari kristal tipis berbentuk batangan, yang asalnya dari satu induk kristal batangan, sehingga setiap cell mempunyai karakteristik sama dengan yang lainnya. Efisiensi *monocrystalline* dapat mencapai 15-20 %. Jika suhu *crystalsilicon* semakin tinggi, maka akan menurun kemampuannya. Cell jenis ini memiliki kelemahan berupa potongan dari setiap sel surya berbentuk bulat atau segi empat.



2. *Polycrystalline*

Jenis ini berbentuk persegi yang dibuat dari kristal silikon batangan dan dilebur. Kristal silikon *polycrystalline* kemurniannya tidak sebagus *monocrystalline* yang menyebabkan efisiensinya berkisar antara 13 – 16%. Permukaan yang lebih besar dibutuhkan untuk jenis ini, dibandingkan dengan jenis yang lain untuk bisa menghasilkan daya yang sama. *Polycrystalline* memiliki toleransi untuk suhu yang rendah.



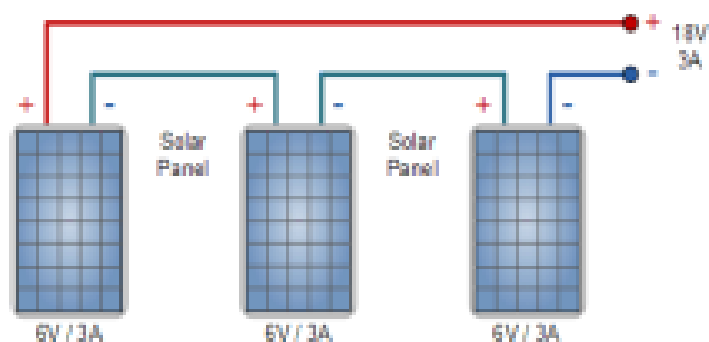
Gambar2.6 Polycrystalline
Sumber: Soflex

2.3 Modul Surya

Modulsuryamerupakan komponen PLTS yang disusun dari sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri maupun paralel, untuk meningkatkan tegangan dan arus listrik sesuai dengan keinginan tertentu dan disusun pada bingkai dan dilaminasi atau diberikan lapisan pelindung.

2.3.1 Rangkaian Hubung Seri

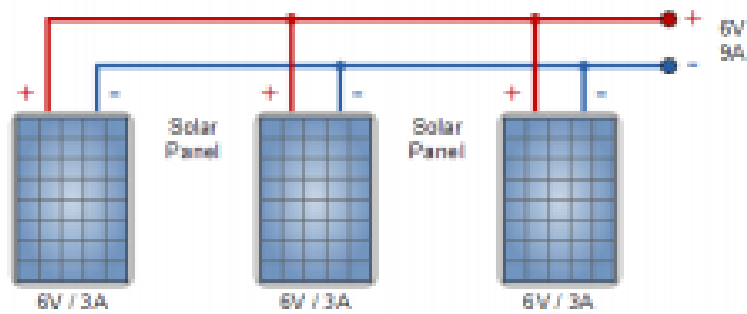
Modul surya yang diperoleh dengan menyambungkan kutub yang berbedanya yaitu negatif dengan positif merupakan rangkaian seri, yang dapat dilihat pada Gambar 2.7. Hubungan seri ini akan memperoleh penjumlahan dari nilai tegangan pada setiap modul dengan nilai arus tetap.



Gambar2.7 Rangkaian Modul Surya Hubung Seri
Sumber: Alternative energy tutorials

2.3.2 RangkaianHubungParalel

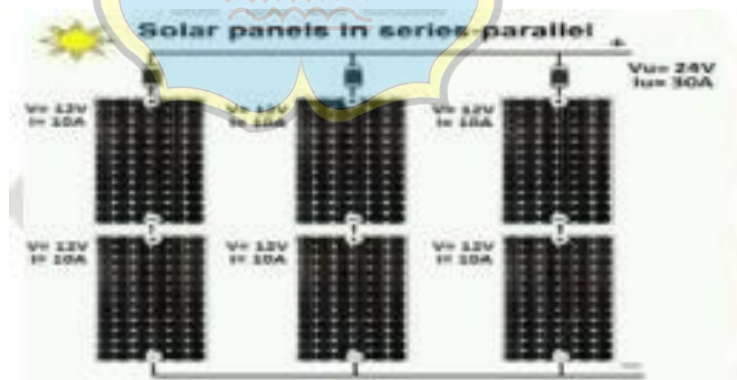
TerlihatdiGambar2.8modulsuryayang dihubungkan secara paralelmenunjukkan penjumlahan nilai arus dari setiapmodultetapi memilikihasilnilaiyang tetap.



Gambar2.8 RangkaianModul Surya HubungParalel
Sumber:AlternativeEnergyTutorials

2.3.3 RagkaianHubungSeri Paralel

Rangkaian modul secara seri-paralel menunjukkan hasilnilai penjumlahansetiap arusrangkaianmodulsecaraparalelsertamenunjukkan hasilpenjumlahan nilai tegangan dari setiap rangkaian seri.



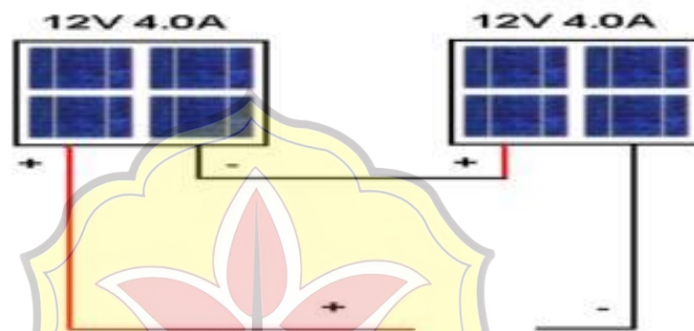
Gambar2.9RangkaianModul Surya HubungSeri Paralel
Sumber:AlternativeEnergyTutorials

2.4 Panel Surya

Panel surya adalah mengabungkan beberapa modul surya yang dirangkai seri atau paralel bertujuan agar mendapatkan tegangan dan arus sesuai yang diinginkan.

1. Terhubung Seri

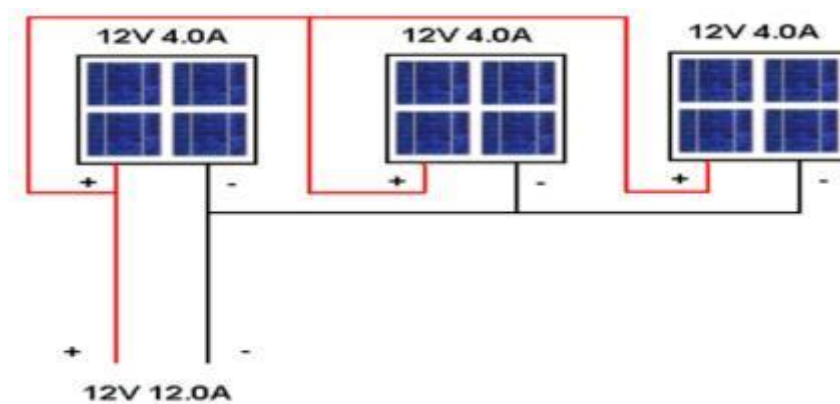
Dengan rangkaian terhubung seri, output panel memberikan tegangan yang lebih besar dengan tetap nilai arus tetap.



Gambar 2.10 Panel Dengan Modul Terhubung Seri
Sumber: Solaregy

2. Terhubung Paralel

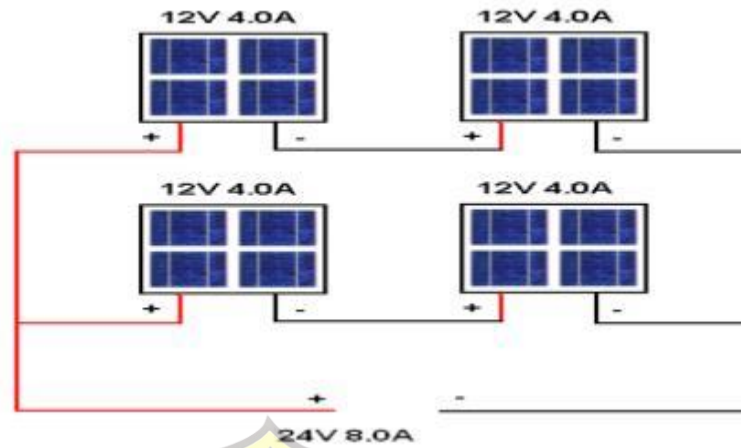
Pada rangkaian terhubung secara paralel, maka akan didapat arus yang lebih besar dengan tegangan sama.



Gambar 2.11 Panel dengan Modul Surya Terhubung Paralel
Sumber: Solaregy

3. Terhubung Seri dan Paralel

Hubungan seri dan paralel akan memberikan tegangan dan arus yang lebih besar.

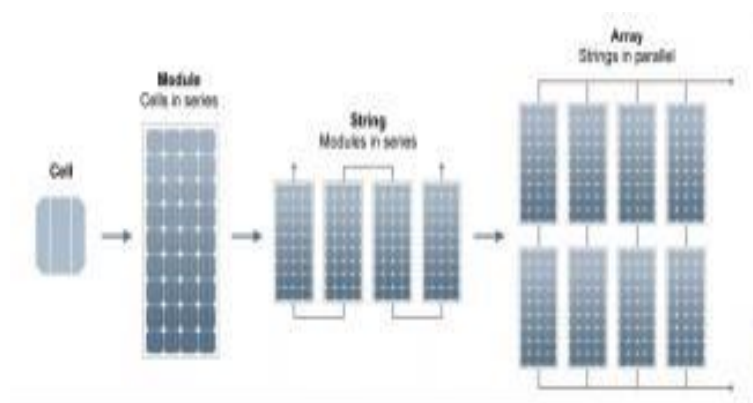


Gambar 2.12 Panel dengan Modul Surya Terhubung Seri dan Paralel

Sumber: Solaregy

2.5 PV Array

PV array terbentuk dari meragkai atau menggabungkan panel surya menjadi satu untuk dihubungkan ke solar charger controller dan baterai atau langsung ke inverter untuk dihubungkan ke beban, bertujuan agar mendapatkan nilai arus dan tegangan yang diinginkan.



Gambar 2.13 Konfigurasi PV Array

Sumber: Stapleton 2013

2.6 Inverter

Digunakan sebagai pengubah arus DC menjadi arus AC yang biasanya digunakan pada peralatan listrik. Ada dua jenis inverter untuk sistem PLTS yang pertama inverter 3 fasa digunakan pada PLTS skala besar yang terhubung langsung pada jaringan PLTS sendiri, dan yang kedua jenis inverter 1 fasa beban kecil diperuntukan untuk (SHS) *solar home system*.

2.6.1 Jenis-jenis Inverter

Inverter yang beredar diperjualbelikan memiliki perbedaan baik yang single module ataupun array maupun inverter untuk keperluan distribusi dalam MW maupun KW. Dibedakan dari macam jenis kabel pada inverter ada tiga jenis antaralain, *inverter terpusat*, *micro inverter* dan *string*.

1. Jenis inverter *String*

Jenis ini digunakan pada jaringan skala kecil mulai dari 10 kW ataupun kurang. Kapasitas inverter jenis string maksimum sampai 12 kW, untuk alternatif PLTS di atas 5 kW dapat menggunakan inverter jenis terpusat.



Gambar 2.14 Inverter String
Sumber: Solar Profesionalm

2. Jenis Inverter Terpusat

Jenis ini dipakai untuk PLTS kapasitas besar, contoh untuk daya 30 KWp (Fronius) atau mulai dari 100 KWp (SMA). Inverter jenis terpusat dan inverter jenis string hanya dibedakan dari jumlah array, untuk jenis inverter terpusat jumlah array dapat dibagi lagi menjadi sub-array atau menjadi beberapa bagian.



Gambar 2.15 Inverter Terpusat
Sumber: Solar Professional

2.7 Solar Charge Controller (SCC)

Memonitor kondisi PLTS dapat menggunakan *solar charge controller*, karena SCC sudah dilengkapi indikator digital meter sehingga memonitor jadi lebih mudah karena setiap kondisi terbarungsung terlihat. Pada saat ini *solar charge controller* (SCC) sudah memiliki teknologi *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) serta teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) oleh karena itu (SCC) bekerja dengan lebih canggih untuk mampu memonitor pengisian baterai lebih optimal selama 4-5 jam mengikuti irradasi matahari mencapai kapasitas maksimum dari baterai, dan mencegah agar tidak over heating. Persyaratan Solar Charge Controller:

- a. Memiliki tegangan batas atas dan bawah pada pemutusan baterai.
- b. Memiliki batas kapasitas maksimum output dan input.
- c. Memiliki kapasitas blocking *Diode* sesuai batas kapasitas maksimum output dan input.
- d. Harus memiliki sistem proteksi beban lebih dan hubung singkat.

2.8 Kriteria Solar Charger Controller (SCC)

Solar charge controller harus memiliki kriteria di bawah ini:

1. Dalam pengisian harus memiliki kualitas *Ampere* yang baik.
2. Memiliki tegangan baterai dan output PV array yang sesuai.
3. Monitor mampu menunjukkan display kemampuan terbaik PV array agar mampu mengisi baterai dengan baik.
4. Saat MPPT mendeteksi baterai akan habis maka segera MPPT menggunakan tegangan ekstra untuk mensuplai *Ampere*.
5. Pada saat ini MPPT keluaran terbaru memiliki efisiensi konversi berada kisaran 92-97%.

2.9 Baterai

Bagian selanjutnya dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah baterai, berfungsi sebagai ruang penyimpanan energi listrik dan sangat vital, jika adanya gangguan menyebabkan lemah, akan mengganggu ke sistem dan mungkin membahayakan komponen PLTS lainnya. Baterai melewati siklus dimana mereka menyimpan dan melepaskan energi berdasarkan apakah sinar matahari ada atau tidak. Modul surya memberikan daya berbentuk (Ah) Ampere jam yang diperlukan saat mengisi baterai selama ada sinar matahari. Tegangan nominal baterai yang digunakan pada PLTS umumnya sebanyak paling minimum 12 Volt, 24 Volt, 36 Volt. Adapun pada PLTS terpusat tegangan baterai paling minimal 48 Volt.

2.9.1 Fungsi Baterai

Menyimpan energi yang diproduksi modul surya. Ketika tersedianya cahaya matahari dan menyalurkan energi ketika modul kekurangan dan tidak menghasilkan energi yang cukup. Pada kondisi normal baterainya digunakan saat malam hari atau ketika tidak tersedianya cahaya matahari, lainnya saat siang hari ketika modul tidak bisa memenuhi kebutuhan energi ke beban, baterai bertugas membantu mensuplai kekurangan energi untuk beban, karena sifat baterai menyimpan dan menyalurkan energi dengan proses reaksi kimia. Energi yang sudah dikeluarkan baterai akan diisi kembali saat modul surya sudah mendapat cahaya matahari untuk memproduksi energi lagi. Tujuan baterai sangat penting pada sistem PLTS:

1. Menyimpan kelebihan produksi energi modul surya.
2. Menyalurkan energi ke PLTS saat energi tidak tersedia atau kekurangan energi dari modul surya.

Karena ketika tidak adanya cahaya matahari sistem akan kehabisan arus menyebabkan tegangan drop dititik terendah dan tidak bisa mensuplai kebutuhan energi. Ketika baterai tidak menyimpan cukup energi untuk mensuplai penuh kebutuhan energi ketika berada di kondisi tidak tersedianya cahaya matahari sistem akan kehabisan stok energi. Menghindari hal ini sangat penting dilakukan caranya dengan memperkirakan total hari saat sistem mampu beroperasi mandiri sampai dengan minimal 4-5 hari hal ini bertujuan menjamin pengeluaran dan pengisian baterai berjalan dengan baik. Batas pengosongan isi baterai dikenal dengan sebutan *depth of discharge* (DOD) dan dinyatakan dengan satuan %. Sebuah baterai bisa memiliki DOD hingga 80%, hal ini menunjukkan kurang lebih 80% dari energi yang tersedia dapat digunakan untuk mensuplai kebutuhan energi beban dengan sisa 20% cadangan.

2.9.2 Jenis Baterai

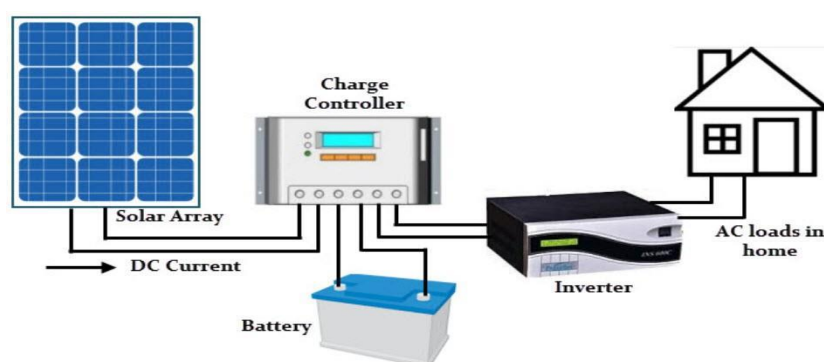
Jenis baterai yang umum digunakan pada PLTS adalah *nickel cadmium battery* dan *lead acid battery* (AKI). Kedua jenis baterai tersebut memiliki komponen yang hampir sama, hanya dibedakan dari jenis elektroda yang digunakan serta jenis elektrolit yang digunakan pada proses membangkitkan reaksi elektrokimia.

Baterai jenis *nickel cadmium battery* menggunakan nikel untuk elektroda positif serta *cadmium* sebagai elektroda negatif memiliki efisiensi 70% serta menggunakan *potassium hidroxida* sebagai elektrolitnya.

Sedangkan baterai jenis *Lead acid battery* memiliki lempengan terbentuk dari *lead*, serta menggunakan asam sulfur H_2SO_4 yang sama seperti ACCU untuk elektrolitnya dan memiliki efisiensi sekitar 80%.

2.10 Perancangan PLTS

Beberapa langkah yang harus diperhatikan dalam perancangan PLTS adalah menentukan spesifikasi yang akan dirancang, menentukan komponen yang sesuai serta komponen pendukung yang akan digunakan agar PLTS yang direncanakan bisa terrealisasi sesuai rencana yang diinginkan.



Gambar 2.16 Inter Koneksi PLTS Off Grid
Sumber: Power Surya

2.11 Menentukan Spesifikasi PLTS

Hal yang diperhatikan saat menentukan spesifikasi untuk PLTS:

1. Menentukan efisiensi inverter (η_{inv})

Dengan menggunakan inverter yang memiliki efisiensi tinggi, bertujuan mencegah penurunan efisiensi selama usia inverter yang berpotensi mempengaruhi produksi energi listrik.

2. Design load energy (E_{tot})

Energi listrik yang dihasilkan pembangkit harus cukup untuk memenuhi penggunaan energi listrik harian, sebab banyaknya energi yang hilang sebelum sampai ke beban juga harus diperhatikan, perhatian ini merujuk ke pada inverter karena suplai energi diharapkan lebih besar dari kebutuhan beban, maka perhitungan yang digunakan untuk Design load energy yaitu:

$$\frac{E_{tot}}{\eta_{inv}}$$

Dimana:

E_{tot} = Total kebutuhan energi harian (Wh)

E = Listrik per hari (Wh)

η_{inv} = Efisiensi inverter (%)

3. Menentukan kemiringan sudut (*tilt angle*)

Mengacu pada AS/NZS 4509.2:2010, minimum kemiringan sudut modul adalah 5° karena sudut kemiringan modul yang optimum mengikuti derajat lintang ataupun perubahan irradians matahari tahunan.

4. Sistem konfigurasi perancangan PLTS.

2.12 Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen yang digunakan harus dilakukan dengan perhitungan secara teoritis agar menghasilkan desain yang optimal.

1. Komponen Utama

Komponen utamaterdiridari:

a. Modul Surya

Jenis modul Surya biasanya dipilih sendiri oleh desainer alasannya karena setiap jenis modul surya memiliki kekurangan serta kelebihan masing-masing.

b. Baterai

Pemilihan jenis baterai dan kapasitas baterai yang akan digunakan, berikut ada perhitungan yang harus dihitung terlebih dahulu:

- Design load Ah for battery sizing

Referensi yang dapat digunakan untuk menentukan kapasitas baterai yang akan digunakan dengan cara melihat kebutuhan energi listrik *Desain load Ah for battery sizing*.

- Total kapasitas baterai (Ah)

Total besar kapasitas baterai (Ah) yang dibutuhkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya terpusat:

$$h = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times h_i \times \dots}{\dots}$$

Dimana:

Ah = Total Kebutuhan Energi (Ah)

Taut = Besar harian automasi

DoD = Minimum pengosongan baterai (%)

- Jenis baterai yang dipilih

Baterai disesuaikan dengan kebutuhan sistem.

- Jumlah baterai

Menghitung jumlah baterai yang akan digunakan dengan cara sebagai berikut:

$$\frac{\dots}{(100\% - 5\%)}$$

$$= \frac{27.000}{95\%}$$

$$= 28.421 \text{ ?}$$

Jadi total baterai yang diperlukan untuk daya 27.000

W dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Baterai} = \frac{\text{Total Daya}}{\text{Kapasitas Baterai Digunakan (Ah)}} \times K$$

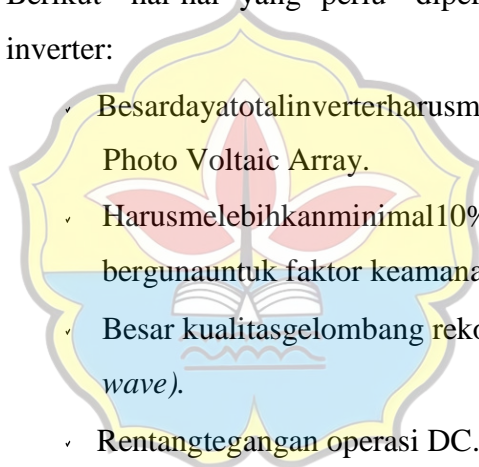
$$= \frac{28.421 \text{ W}}{12 \text{ V} \times 100 \text{ Ah}}$$

$$= 23,68 \text{ buah baterai}$$

$$\approx 24 \text{ ? h ? ? ? ? ?}$$

c. Inverter

Berikut hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih inverter:



- ✓ Besarnya total inverter harus lebih besar output Photo Voltaic Array.
- ✓ Harus lebihkan minimal 10% kapasitas daya inverter berguna untuk faktor keamanan.
- ✓ Besar kualitas gelombang rekomendasi (*pure sine wave*).
- ✓ Rentang tegangan operasi DC.
- ✓ Tegangan dan frekuensi keluaran.

2. Komponen Pendukung

a. Kabel

Mengacu pada Standar Nasional Indonesia atau Standar Perusahaan

Listrik Negara (SNI/SPLN) demi faktor keamanan. Jenis kabel yang baik untuk digunakan PLTS adalah kabel NYAF. Berikut menentukan spesifikasi kabel untuk PLTS:

- ✓ Kabel untuk modul surya
Maksimal arus = $I_{sc} \times 1,25$
- ✓ Kabel bagian solar charge controller, Panel Busbar DC, Junction box

$$L_{array} = \frac{P_{array}}{V_{dc}} \times 1,25$$

Dimana:

P_{array} = Total daya PV Array (kWp)

V_{dc} = Tegangan maksimum pengisian daya (V)

- Kabel busbar DC ke inverter dan kabel baterai ke panel box.

$$L_{inverter} = \frac{P_{inverter}}{V_{ac}} \times 1,25$$

$$L_{battery} = \frac{P_{battery} \times 1000}{C_x \times N_p} \times 1,25$$

Dimana:

N_p = Total baterai yang dihubungkan parallel

C_x = *xh rate capacity of battery*

- Kabel dari inverter menuju panel distribusi

$$L_{inverter} = \frac{P_{inverter}}{V_{ac}} \times 1,25$$

Dimana:

$P_{inverter}$ = Total daya inverter (kW)

V_{ac} = Tegangan (AC)

b. Proteksi untuk Panel Box

Proteksi panel box untuk PLTS ditentukan kapasitas MCCB yang sesuai dengan maksimum arus nya, harus dilengkapi saklar utama dan pemisah, pembatas arus bisa menggunakan seperti (MCB), (MCCB) atau (ELCB).

c. Sistem Pemasangan

Bertujuan untuk meletakkan panel ditempat yang aman dengan memperhatikan arah matahari, dapat menyesuaikan di berbagai tempat dengan kebutuhan dan pengaplikasian PLTS.

d. Grounding (Penangkal Petir)

Mengamankan PLTS dari sambaran petir agar tidak mengenai peralatan sistem dan bisa berakibat fatal.

2.13 Aspek Teknis

Ada beberapa aspek yang harus ditentukan sebelum membuat PLTS agar bisa berjalan dan berhasil diantaranya:

2.13.1 Hasil Produksi Energi PLTS

Untuk menghitung hasil produksi energi dari listrik PLTS ditahun pertama diperoleh dari persamaan berikut:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{peak}} \times h \times T \times P_{\text{avail}} \times \eta$$

Menghitung total nilai produksi energi listrik PLTS juga dapat memakai persamaan ini.

2.13.2 Rasio Performa

Rasio performamenunjukkan total rugi PLTS didapatkan dilihat dengan menggunakan persamaan berikut:

$$R = \frac{P_{\text{peak}} \times h \times T \times P_{\text{avail}} \times \eta}{P_{\text{total}}}$$

2.13.3 Faktor Kapasitas

Faktor kapasitas merupakan rasio energi periodetahun pertama dengankeluaranjika beroperasi pada dayanominal selama 1 x24jam selama periode setahun penuh. Dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$K_f = \frac{E_{\text{total}}}{8760}$$

2.14 Perangkat Lunak PV System advisor model (Sam)

Untuk memudahkan perhitungan biaya komponen dan biaya perencanaan pembangkit listrik ini digunakan perangkat lunak *System advisor model* (SAM), software ini digunakan untuk memperkirakan

produksi energi dari pembangkit yang menggunakan energi terbarukan sebagai sumbernya, perangkat lunak dikembangkan Departemen Energi AS (DoE) dan laboratorium energi diperbarukannya nasional (NREL).

SAM membuat prediksi nerjadan perkiraan biaya energi untuk proyek pembangkit listrik yang terhubung ke jaringan berdasarkan instalasi dan pengoperasian serta parameter desain sistem ditentukan pengguna, dan memilih opsi yang sesuai dan memberikan masukan untuk menjalankan simulasi dan menghasilkan laporan tentang pembangkit, kerugian, dan keuangan. Untuk mengunduh data nasional solar radiation database AS yang mencakup kota dari seluruh dunia, menginput data TMY2, TMY3 dan EPW.

Tabel 2.1 Pemetaan hasil penelitian terdahulu

JUDUL	PENELITIAN	TAHUN	DESKRIPSI
Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15 KW Di Desa Karang Asem Dusun Asah Teben	Tjok Gede Visnu Semara.	2015	Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Satu MWp Terinterkoneksi Jaringan Di Kayubih, Bangli
Perencanaan PLTS Terpusat (Off-Grid) Di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah	Vember Restu Kossi	2016	Untuk Mengetahui Tingkat dayaguna PLTS Terpusat Siding Dengan Mengevaluasi Daya Yang di Bangkitkan PLTS Siding
Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Tambahan	IDewi Ayu Sri	2017	Pemanfaatan (PLTS) Sebagai Catu Daya Tambahan pada Industri Perhotelan di Nusa Lembongan Bali Universitas Udayana Jimbaran Bali

<p>Potensi Pemanfaatan Atap Gedung Pusat Pemerintahan Kabupaten Badung Untuk Plts Rooftop</p>	<p>IDewaGede YayaPutra Pratama,I Nyoman Satya Kumara,I Nyoman Setiawan</p>	<p>2018</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dayadan produksi energi listrik jika atap gedung-gedungPusat Pemerintahan KabupatenBadung (Puspem Badung), BalidipasangPLTS. Modul surya disimulasikan dipasang di sisi utara, timur, barat, dan selatan dariatap gedungPuspem Badung. Simulasi produksi energi listrik dilakukan dengan menggunakan softwareSystem Advisor Model (SAM).</p>
<p>Analisis Perancangan PembangkitListrikTe nagaSurya(PLTS) Off Grid Untuk RumahTinggal di KotaBanjarBaru</p>	<p>Renaldy Rahman, Siful Karim,Irfan</p>	<p>2019</p>	<p>RumahTinggalTipe 45 di KawasanKota Banjar Baru Yang BerdekatanDengan Garis Khatulistiwa Berpotensi Besar dikembangkannya PLTS Menggunakan Teknik Pengumpulan DataLiteratur dan Pengukuran Dengan Rumus</p>
<p>Perancangan PembangkitListrik TenagaSurya(PLTS) BerbasisHomer Di SMANegeri 6 SurakartaSebagai Sekolah Hemat Energi Dan Ramah Lingkungan</p>	<p>JakaWindarta, Ali Zaenal Abidin, Andalas Era Setyawan, Angghika</p>	<p>2019</p>	<p>SMAN 6 Surakarta Akan Dijadikan Salah Satu Fasilitas Publik Yang Akan di Jadikan Objek Penerapan SumberEnergi Terbarukan</p>

Perancangan (PLTS) Terpusat system <i>Off-Grid</i> Untuk Pedesaan Terpencil dan Tertinggal	Michael Parningotan Sitohang	2019	Studikamus desa kasangpadang, Kabupaten Rokan Hulu, Riau UIN SukaRiau, Pekanbaru.
Rancangan Sistem Kelistrikan PLTS Off-Grid 1000Watt di Desa Loeha Kecamatan Towuti	Muhammad Naim	2020	Mengatasi Permasalahan Listrik Di Desa Loeha Kecamatan Towuti Agar Bisa Teratasi dengan PLTS
Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Software Homer Di Departemen Teknik Industri Universitas Diponegoro	Victor Ragidup Tua Manullang, Agung Nugroho, Dan Enda Wista Sinuraya	2020	Homer Salah Satu Model Sistem Skala Kecil Untuk Mempermudah Mengevaluasi Jaringan, Memungkinkan Permodelan Untuk Membandingkan Banyak Opsi Desain
Simulasi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Software System Advisor Model (Sam) Di Gedung Kampus Akademi Komunitas Olat Maras (Akom)	Muhammad Yusuf Karim, Paris Ali Topan, Desi Maulidyawati, Indra Darmawan	2023	Simulasi dan perancangan sistem tenaga surya menggunakan perangkat lunak SAM mempertimbangkan faktor-faktor dan komponen pendukung lainnya. Pemilihan komponen disesuaikan dengan kapasitas yang dibutuhkan. Studi menentukan bahwa untuk sistem tenaga surya dengan kebutuhan daya 18,3 kWh, sekitar 10 modul surya, kapasitas inverter 4,7 kW, dan kapasitas baterai 12 kW.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Kajian

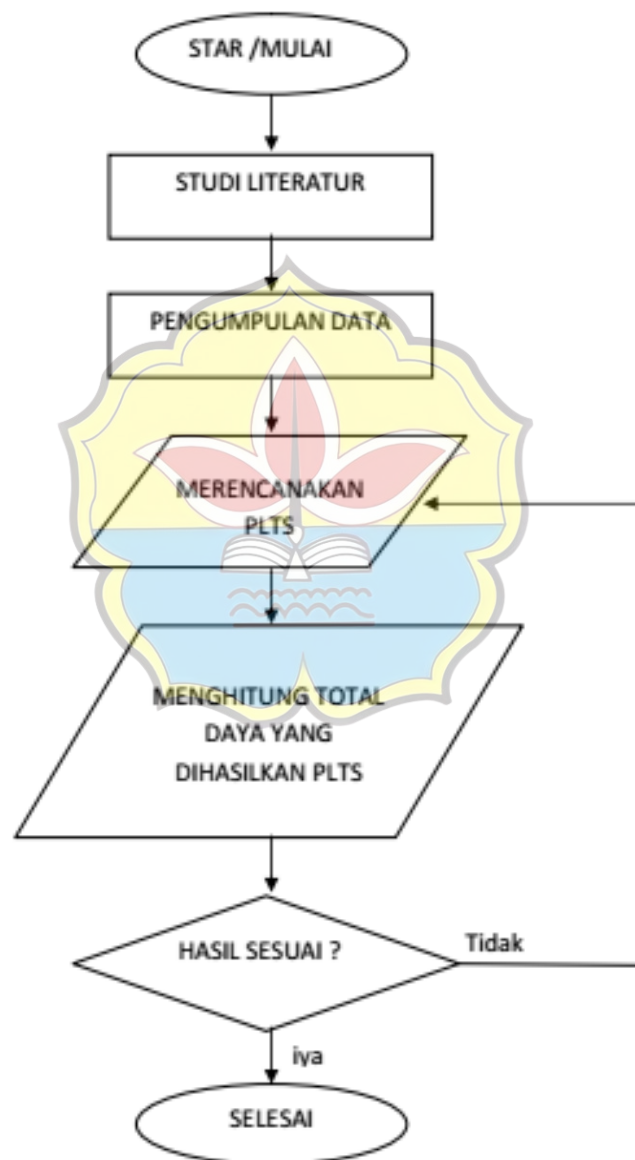
Lokasi kajian pada penelitian ini adalah Mess karyawan PT. Multi Kusuma Cemerlang. Objek ini dipilih karena belum adanya aliran listrik yang masuk di lokasi ini, dengan sementara menggunakan sumber listrik dari generator set. Data beban dan total daya serta biaya penggunaan generator set pada gedung ini akan dipakai sebagai pembandingan untuk biaya yang dikeluarkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang direncanakan.



Gambar 3.1: Area Mess Karyawan
Sumber: data pribadi

3.2 Alur Penelitian

Proses berlangsungnya pelaksanaan penelitian ini akan disajikan dalam bentuk alur diagram alir (*flowchart*) berikut ini:



Gambar3.2 Diagram Alir Proses Penelitian

Dari data diagram alir dapat dijelaskan:

1. Start /Mulai

Merupakan tahap awal untuk mulai melakukan analisis ekonomi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

2. Studi Literatur

Diperlukan pemahaman terlebih dahulu mengenai perancangan PLTS, seperti jenis-jenis panel surya, prinsip kerja, komponen pendukung, pemilihan spesifikasi komponen, kebutuhan beban dan lain-lain.

3. Pengumpulan data

Data yang diperoleh berasal dari data yang tersedia di PT. Multi Kusuma Cemerlang. Data yang diperlukan untuk penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung berdasarkan sumber asli. Data primer pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Jenis dan Sumber Data yang Digunakan

No	Jenis	Sumber
1	Data Lokasi	PT. Multi Kusuma Cemerlang
2	Kebutuhan Daya	PT. Multi Kusuma Cemerlang
3	Price List komponen pembuatan PLTS	Berbagai sumber

Sumber: PT. MKC

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang sumbernya diperoleh dari beberapa media perantara. Pada penelitian ini, data sekunder di dapatkan melalui teori, studi literatur dan jurnal ilmiah.

	b.Perencanaan Dan Analisa										
3	Tahap Penyusunan Laporan										
4	Sidang Akhir										

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.4 Peralatan Penelitian

Berikut peralatan yang digunakan pada penelitian ini:

1. Satu unit laptop

Spesifikasi Laptop yang digunakan adalah sebagai berikut:

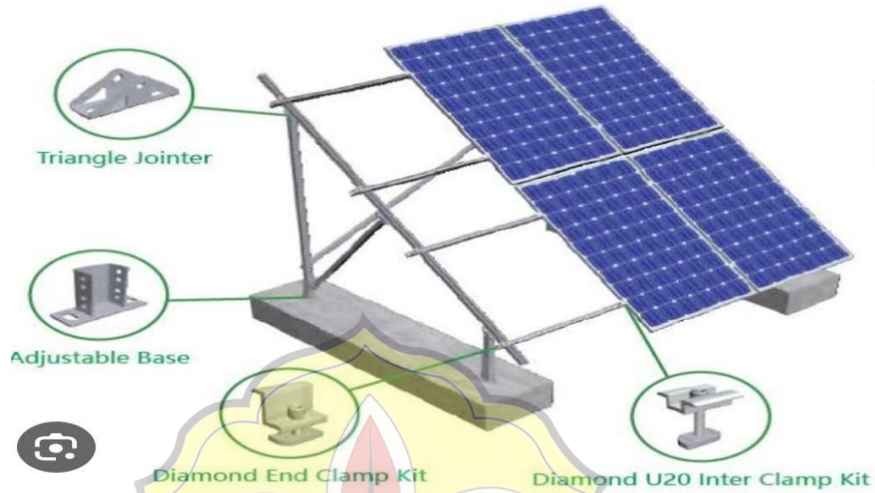
Tabel 3.3 Spesifikasi Laptop

No	Status	Spesifikasi
1	Manufacturer	ASUS
2	Model	CELERON
3	Rating	3.9 Windows Experience
4	Processor	Intel(R) Celeron(R) CPU N2840 @ 2.16GHz 2.16GHz
5	Installed Memory (RAM)	2.00 GB (18.9 GB usable)
6	System Type	64-bit Operating System, x64-based processor
7	Pen and Touch	No Pen or Touch Input is available for this Display
8	Phone Number	1-888-678-3688
9	Support Number	Mon-fri: 9.00am-6.00pm
10	Website	Online support
11	Product ID	00190-80000-00001-AA484

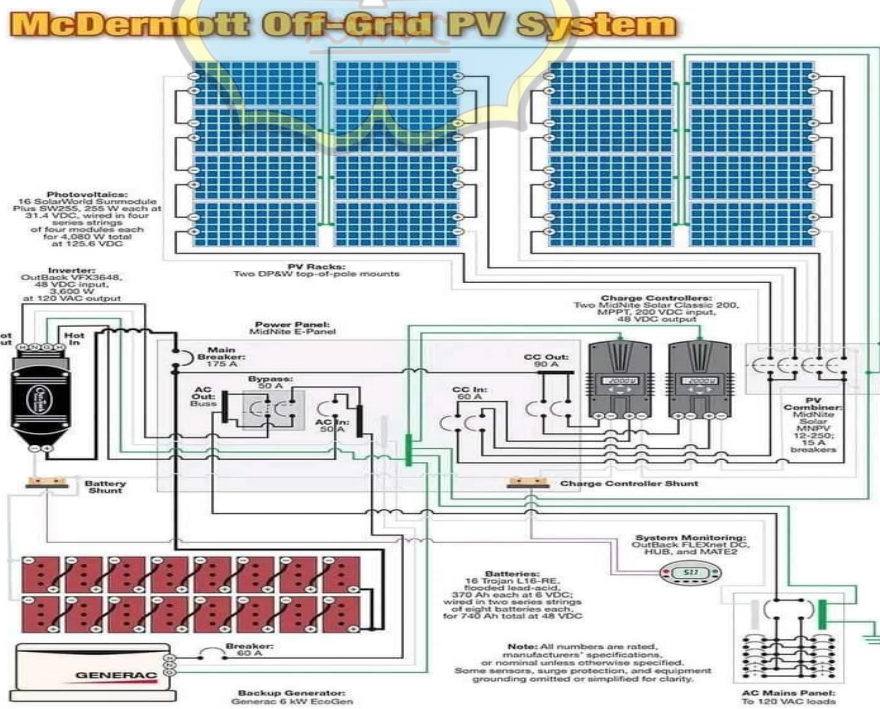
Sumber: Data pribadi

3.5 Lay Out

Pemasangan PLTS padamess karyawan direncanakan menggunakan penyanggaseperti padagambarberikut:



Gambar3.3 Rancangan Dudukan Panel Surya
 Sumber: Bumi Energi Surya



Gambar3.4 Skema Rancangan PLTS
 Sumber: Power Surya

BAB IV HASILDAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Penelitian

Denah lokasi initerletakdi daerah KecamatanBengalon, Kabupaten KutaiTimur,yang terletakpadakoordinat0.7448416299092611Lintang Selatan(LS)dan117.26889513650227BujurTimur(BT)yang dimana memilikijumlah penduduk sebanyak \pm 90KK.



Gambar4.1Lokasi Penelitian
Sumber: Google map

4.2 Perencanaan Beban Terpasang Pada Mess Karyawan

Pada lokasi penelitian mess karyawan PT. Multi Kusuma Cemerlang direncanakan beban terpasang sebesar 26.100 (Watt) terhitung dari jumlah mess yang akan dihuni karyawan dengan rinciannya yang dipakai adalah 900 (Watt) per pintu.

Tabel 4.1 Beban Terpasang Pada Mess Karyawan

No	Perumahan/Unit	Penggunaan Beban/watt
1	Unit A/5 Pintu	4.500 Watt
2	Unit B/2 Pintu	1.800 Watt
3	Unit C/10 Pintu	9.000 Watt
4	Unit D/10 Pintu	9.000 Watt
5	Unit E/2 Pintu	1.800 Watt
	TOTAL BEBAN TERPASANG	26.100 Watt

Sumber: Data PT.MKC

4.3 Langkah Perencanaan

Dalam perencanaan PLTS menggunakan software SAM di lokasi ini dilakukan dua input dari dua komponen PLTS diantaranya modul surya dan inverter. Software SAM dapat menyediakan database modul surya dan inverter dari berbagai produsen yang bisa dipilih penggunaannya untuk melakukan simulasi. Untuk pemilihan modul surya terdapat dua faktor yang perlu diperhatikan, faktor pertama yaitu ketersediaannya modul surya di Indonesia, faktor kedua adalah tersedianya modul surya tersebut di database Software.

Adapun dalam memilih inverter, disamping memperhatikan ketersediaannya di Indonesia dan adanya database inverter di SAM, perlu diperhatikan juga kapasitas kerjanya inverter yang akan digunakan harus mendekati output dari PLTS.

4.3.1 Menentukan Jumlah Modul Surya

Modul surya yang dipakai adalah LONGi Green Energy Technology co. Ltd LR6-60HIB-300M dengan spesifikasi 300 Wdc. Total daya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} P_{\text{Total}} &= P_{\text{Modul}} \div \text{Waktu Penyinaran} \\ &= 27.000 \text{ Wdc} \div 5 \text{ jam} \div 300 \\ &= 18 \text{ buah} \end{aligned}$$

4.3.2 Menentukan Jumlah Inverter

Bersumber dari database software system advisor model, jenis inverter yang digunakan yaitu ABB: PVI-3.0-OUTD-US-Z-M-A (208V) dengan kapasitas DC maksimum 3000 Wdc, jumlah inverter yang diperlukan dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah inverter} &= \frac{P}{P_{\text{max}}} \\ &= \frac{27000}{3000} \\ &= 9 \end{aligned}$$

4.3.3 Menghitung Jumlah Baterai

Jenis baterai yang digunakan Lead Acid VRLA AGM dengan kapasitas 100 Ah 12V karena perawatannya yang mudah, dapat digunakan berulang kali tanpa mengalami degradasi jika dirawat dengan baik, untuk menghitung jumlah baterai yang akan digunakan dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \frac{27.000}{(100\% - 5\%)} \\ &= \frac{27.000}{95\%} \\ &= 28.421 \end{aligned}$$

Jadi total baterai yang diperlukan untuk daya 27.000 W dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Baterai} = \frac{\text{Total Daya}}{\text{kapasitas Baterai Digunakan (Ah)}} \times K$$

$$= \frac{28.421W}{12V \times 100Ah}$$

$$= 23,68 \text{ buah baterai}$$

$$\approx 24 \text{ h}$$

4.4. Rancangan Sistem PLTS di Software System Advisor Model

4.4.1 Titik Koordinat Lokasi

Weather Data Information

The following information describes the data in the highlighted weather file from the Solar Resource library above. This is the file SAM will use when you click Simulate.

Weather file:

Header Data from Weather File

Latitude	0.73 DD	Location	1098434
Longitude	117.26 DD	Data Source	NSRDB
Time zone	GMT 8	For NSRDB data, the latitude and longitude shown here from the weather file header are the coordinates of the NSRDB grid cell and may be different from the values in the file name, which are the coordinates of the requested location.	
Elevation	82 m		
Time step	60 minutes		

Annual Averages Calculated from Weather File Data

Global horizontal	5.12 kWh/m ² /day	Optional Data	
Direct normal (beam)	3.55 kWh/m ² /day	Maximum snow depth	NaN cm
Diffuse horizontal	2.67 kWh/m ² /day	Annual albedo	0.196
Average temperature	25.6 °C		
Average wind speed	0.3 m/s	*NaN indicates missing data.	

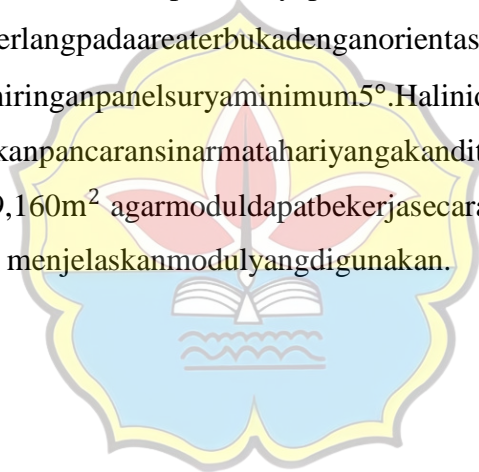
Gambar 4.2 Titik Koordinat Lokasi
Sumber: Software SAM

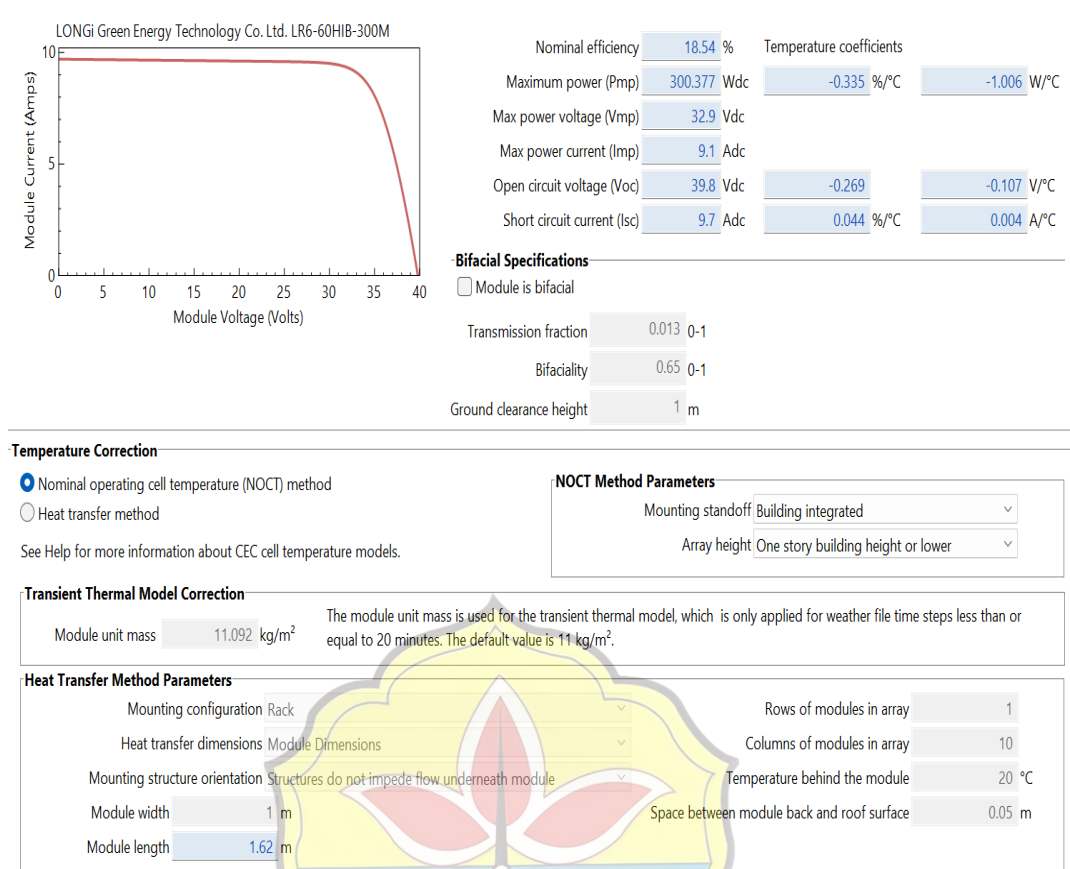
Titik koordinat lokasi terletak pada 0.7348416299092611 Lintang Selatan (LS) dan 117.26889513650227 Bujur Timur (BT). Setelah menginput titik koordinat lalu mendownload data lokasi pada software SAM, maka akan didapatkan data lokasi yang berisi data-data seperti: rata-rata kecepatan angin 0,3 m/s, rata-rata temperatur suhu 25,6° dan keterangan lainnya

seperti pada gambar 4.2 di atas, data tersebut dapat berubah setiap jamnya atau juga dapat berubah dalam hitungan bulan bahkan tahun tergantung kebutuhan kita.

4.4.2 Desain Modul Panel Surya

Jenis modul yang dipilih yaitu LONGi Green Energy Technology Co. Ltd LR6-60HIB-300M modul ini berukuran P:1,62m dan L:1m dengan berat: 11,092 kg/m², memiliki efisiensi nominal 18,54% dengan daya maksimum 300,377 Wdc, tegangannya maksimal 32,9Vdc, arus daya maksimal 9,1A, tegangan rangkaian terbuka 39,8Vdc, dan arus hubung singkat 9,7Adc, Perancangan panel surya pada area messkayawan PT. Multi Kusuma Cemerlang pada area terbuka dengan orientasi menghadap arah utara 0° dengan kemiringan panel surya minimum 5°. Hal ini dimaksudkan guna memaksimalkan pancaran sinar matahari yang akan ditangkap modul surya dengan luas 29,160 m² agar modul dapat bekerja secara maksimal, gambar 4.3 berikut menjelaskan modul yang digunakan.





Gambar4.3 SpesifikasiModul Surya
Sumber: SoftwareSAM

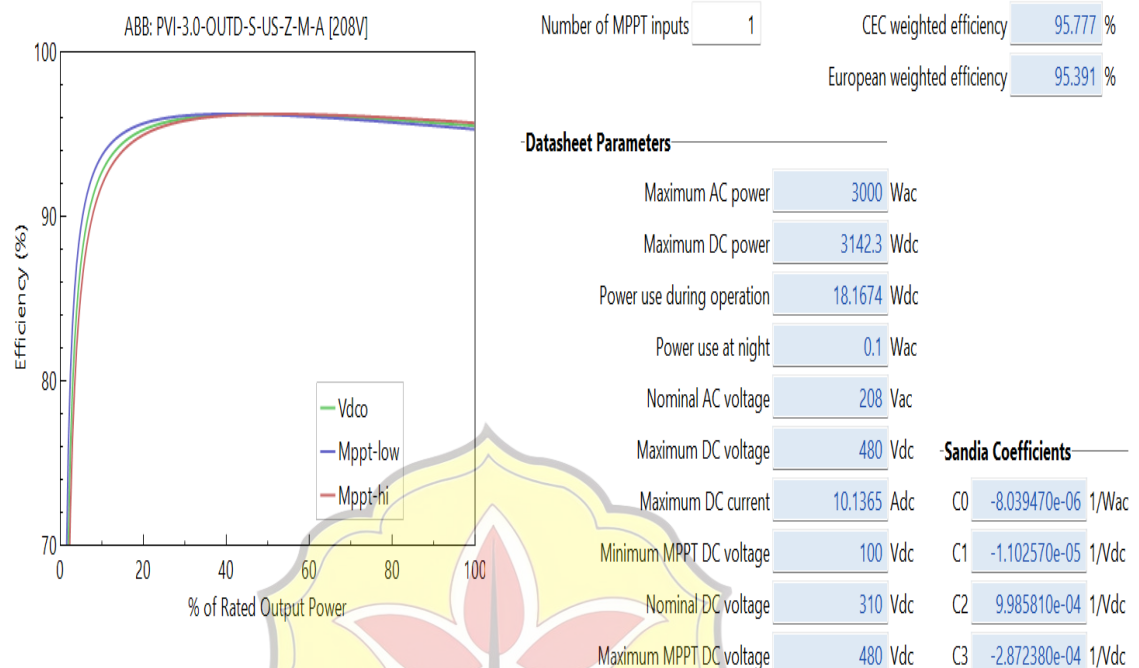
4.4.3 Desain Inverter

Jenis inverter yang dipilih yaitu ABB:PVI-3.0-OUTD-S-Z-M-A (208V) dipilih jenis ini karena memiliki ketahanan yang baik serta perawatan yang cukup mudah, inverter jenis ini memiliki Daya AC maksimum 3000Wac, daya maksimum DC 3142,3 Wdc, penggunaannya selama operasi 18.1674Wdc, tegangan AC nominal 208Vac, tegangan DC maksimum 480Vdc, arus DC 10.1365Adc, tegangan DC nominal 310Vdc, tegangan maksimum MPPT DC 480 Vdc.

Maka inverter yang dipilih harus memiliki kapasitas yang lebih besar mendekati hasil output modul surya. Penggabungan rangkaian seri dan paralel modul surya dapat disimulasikan pada software system advisor model dengan memasukkan inverter yang sesuai, modul surya dipasang 3 rangkaian paralel dan 6 rangkaian seri. Berikut gambar desain inverter:

ABB: PVI-3.0-OUTD-S-US-Z-M-A [208V]	3000	3142.3	18.1674	0.1	208	480	310	480	100	-8.03947e-06	-1.10257e-05	0.000998581	-0.000287238
-------------------------------------	------	--------	---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--------------	--------------	-------------	--------------

Efficiency Curve and Characteristics



Gambar 4.4 Spesifikasi Inverter
Sumber: Software SAM

4.4.4 Desain Baterai

Menentukan jenis baterai dilakukan melalui analisis berdasarkan hasil simulasi desain yang dihasilkan output modul surya, dari hasil tersebut diperlukan sebanyak 23 baterai dengan kapasitas 12 volt-dc 100 Ah.

4.5. Hasil dan Analisa Data Software

Hasil yang diperoleh dengan menggunakan software SAM ini merupakan hasil yang bisa direalisasikan karena perhitungan mendekati 100% kondisi lapangan.

Untuk mendapatkan hasil produksi PLTS yang terbaik, maka hal yang harus dilakukan yaitu menentukan rancangan seri-paralel pada modul surya

dan melakukanbeberapakalipengujian dengan memasangposisi titik tumpu azimuthdankemiringanmodulsuryaterhadapancaransinarmatahari, hal inibertujuan sebagai perbandingan hasilyangdidapat, agar dapat diputuskan akan menggunakan posisi kemiringan modulsuryayangpalingefektif.

Berikut beberapakali pengujian yang dilakukan dengan memasang moduldanmengubahposisititiktumpuazimuthdankemiringanmodulsurya.

1.Pengujian 1

Tabel4.2 PengujianHasil 1

Pengujian 1				
Uraian	Spesifikasi			
Modul	300,377 Wp	300,377 Wp	300,377 Wp	300,377 Wp
Jumlah	18 Buah	18 Buah	18 Buah	18 Buah
Inverter	3000 W	3000 W	3000 W	3000 W
Simulasi 1				
Seri	3	3	3	3
Paralel	6	6	6	6
Kemiringan	20°	15°	10°	5°
Azimuth	180°	90°	30°	10°
Hasil	5,229 kWh	5,307 kWh	5,347 kWh	5,358 kWh
Simulasi 2				
Seri	6	6	6	6
Paralel	3	3	3	3
Kemiringan	20°	15°	10°	5°
Azimuth	180°	90°	30°	10°
Hasil	7,005kWh	7,248 kWh	7,291 kWh	7,311 kWh
Simulasi 3				
Seri	9	9	9	9
Paralel	2	2	2	2
Kemiringan	20°	15°	10°	5°
Azimuth	180°	90°	30°	10°
Hasil	6,953 kWh	7,196 kWh	7,239 kWh	7,259 kWh
Simulasi 4				
Seri	2	2	2	2
Paralel	9	9	9	9
Kemiringan	20°	15°	10°	5°
Azimuth	180°	90°	30°	10°
Hasil	(-) 8 kWh	(-) 8 kWh	(-) 8 kWh	(-) 8 kWh

Sumber: SoftwareSAM

Pengujian pertama(1)dilakukan dengan4kalipercobaan simulasi dengan3 rangkaianseri dan6rangkaiannya paraleldan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- ✓ Simulasi pertamadengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 180° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 5,229 kWh.
- ✓ Simulasi kedua dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 90° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 5,307 kWh.
- ✓ Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 30° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 5,347 kWh.
- ✓ Simulasi keempat dengan kemiringan modul 5° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 5,307 kWh.

Pengujian kedua(2)dilakukan dengan4kalipercobaan simulasi dengan6rangkaiannya seri dan3rangkaiannya paraleldan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- ✓ Simulasi pertamadengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 180° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,005 kWh.
- ✓ Simulasi kedua dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 90° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,248 kWh.
- ✓ Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 30° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,291 kWh.
- ✓ Simulasi keempat dengan kemiringan modul 5° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,311 kWh.

Pengujian ketiga(3)dilakukan dengan4kalipercobaan simulasi dengan9rangkaiannya seri dan2rangkaiannya paraleldan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- ✓ Simulasi pertamadengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 180° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 6,953 kWh.
- ✓ Simulasi kedua dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 90° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,196 kWh.

- ✓ Simulasi ketigadengankemiringan modul 10° dantitikazimuth 30° menunjukkan hasil simulasi padasoftware yaitu 7,239 kWh.
- ✓ Simulasi keempatdengankemiringan modul 5° dantitikazimuth 10° menunjukkan hasil simulasi padasoftware yaitu 7,259 kWh.

Pengujian keempat (4) dilakukan dengan 4 kali percobaan simulasi dengan 2 rangkaian seri dan 9 rangkaian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- ✓ Simulasi pertamadengankemiringan modul 20° dantitikazimuth 180° menunjukkan hasil simulasi padasoftware yaitu -8 kWh.
- ✓ Simulasi kedudengankemiringan modul 15° dantitikazimuth 90° menunjukkan hasil simulasi padasoftware yaitu -8 kWh.
- ✓ Simulasi ketigadengankemiringan modul 10° dantitikazimuth 30° menunjukkan hasil simulasi padasoftware yaitu -8 kWh.
- ✓ Simulasi keempatdengankemiringan modul 5° dantitikazimuth 10° menunjukkan hasil simulasi padasoftware yaitu -8 kWh.

Padapengujian keempat (4) semua hasil simulasi menunjukkan angka -8 kWh yang artinya simulasi gagal atau simulasi tidak terealisasi dikarenakan kemiringan modul dan titik azimuth tidak direkomendasikan oleh software atau tidak dapat digunakan.

2. Pengujian 2

Tabel 4.3 Pengujian Hasil 2

Pengujian 2				
Uraian	Spesifikasi			
Modul	300,377 Wp	300,377 Wp	300,377 Wp	300,377 Wp
Jumlah	18 Buah	18 Buah	18 Buah	18 Buah
Inverter	3000 W	3000 W	3000 W	3000 W
Simulasi 1				
Seri	3	3	3	3
Paralel	6	6	6	6
Kemiringan	15°	10°	20°	15°
Azimuth	90°	180°	0°	10°
Hasil	5,307 kWh	5,333 kWh	5,251 kWh	5,311 kWh

Simulasi 2				
Seri	6	6	6	6
Paralel	3	3	3	3
Kemiringan	15°	10°	20°	15°
Azimuth	90°	180°	0°	10°
Hasil	7,248 kWh	7,240 kWh	7,071 kWh	7,203 kWh
Simulasi 3				
Seri	2	2	2	2
Paralel	9	9	9	9
Kemiringan	15°	10°	20°	15°
Azimuth	90°	180°	0°	10°
Hasil	(-) 8 kWh	(-) 8 kWh	(-) 8 kWh	(-) 8 kWh
Simulasi 4				
Seri	9	9	9	9
Paralel	2	2	2	2
Kemiringan	15°	10°	20°	15°
Azimuth	90°	180°	0°	10°
Hasil	7,196 kWh	7,188 kWh	7,019 kWh	7,152 kWh

Sumber: SoftwareSAM

Pengujian pertama (1) dilakukan dengan 4 kali percobaan simulasi dengan 3 rangkaian seri dan 6 rangkaian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- Simulasi pertama dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 90° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 5,307 kWh.
- Simulasi kedua dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 180° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 5,333 kWh.
- Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 0° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 5,251 kWh.
- Simulasi keempat dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 5,311 kWh.

Pengujian kedua (2) dilakukan dengan 4 kali percobaan simulasi dengan 6 rangkaian seri dan 3 rangkaian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- Simulasi pertama dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 90° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,248 kWh.
- Simulasi kedua dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 180° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,240 kWh.
- Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 0° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,071 kWh.
- Simulasi keempat dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,203 kWh.

Pengujian ketiga (3) dilakukan dengan 4 kali percobaan simulasi dengan 2 rangkaian seri dan 9 rangkaian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- Simulasi pertama dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 90° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu -8 kWh.
- Simulasi kedua dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 180° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu -8 kWh.
- Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 0° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu -8 kWh.
- Simulasi keempat dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu -8 kWh.

Pada pengujian ketiga (3) semua hasil simulasi menunjukkan angka -8 kWh yang artinya simulasi gagal atau simulasi tidak terealisasi dikarenakan kemiringan modul dan titik azimuth tidak direkomendasikan oleh software atau tidak dapat digunakan.

Pengujian keempat (4) dilakukan dengan 4 kali percobaan simulasi dengan 9 rangkaian seri dan 2 rangkaian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- Simulasi pertama dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 90° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,196 kWh.

- Simulasi kedua dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 180° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,188 kWh.
- Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 0° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,019 kWh.
- Simulasi keempat dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,152 kWh.

3. Pengujian 3

Tabel 4.4 Pengujian Hasil 3
Pengujian 3

Uraian	Spesifikasi			
Modul	300,377 Wp	300,377 Wp	300,377 Wp	300,377 Wp
Jumlah	18 Buah	18 Buah	18 Buah	18 Buah
Inverter	3000 W	3000 W	3000 W	3000 W
Simulasi 1				
Seri	9	9	9	9
Paralel	2	2	2	2
Kemiringan	10°	5°	20°	15°
Azimuth	90°	180°	10°	0°
Hasil	7.249 kWh	7.240 kWh	7.035 kWh	7.141 kWh
Simulasi 2				
Seri	6	6	6	6
Paralel	3	3	3	3
Kemiringan	10°	5°	20°	15°
Azimuth	90°	180°	10°	0°
Hasil	7.301 kWh	7.291 kWh	7.087 kWh	7.193 kWh
Simulasi 3				
Seri	2	2	2	2
Paralel	9	9	9	9
Kemiringan	10°	5°	20°	15°
Azimuth	90°	180°	10°	0°
Hasil	(-) 8 kWh	(-) 8 kWh	(-) 8 kWh	(-) 8 kWh
Simulasi 4				
Seri	3	3	3	3
Paralel	6	6	6	6
Kemiringan	10°	5°	20°	15°
Azimuth	90°	180°	10°	0°
Hasil	5,344 kWh	5,353 kWh	5,258 kWh	5,306 kWh

Sumber: Software SAM

Pengujian pertama(1)dilakukan dengan 4kalipercobaan simulasi dengan 9 rangkaian seri dan 2rangkaiian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- Simulasi pertama dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 90° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,249 kWh.
- Simulasi kedua dengan kemiringan modul 5° dan titik azimuth 180° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,240 kWh.
- Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,035 kWh.
- Simulasi keempat dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 0° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,141 kWh.

Pengujian kedua(2)dilakukan dengan 4kalipercobaan simulasi dengan 6rangkaiian seri dan 3rangkaiian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- Simulasi pertama dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 90° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,301 kWh.
- Simulasi kedua dengan kemiringan modul 5° dan titik azimuth 180° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,291 kWh.
- Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,087 kWh.
- Simulasi keempat dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 0° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,193 kWh.

Pengujian ketiga(3)dilakukan dengan 4kalipercobaan simulasi dengan 2rangkaiian seri dan 9rangkaiian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- Simulasi pertama dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 90° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu -8 kWh.
- Simulasi kedua dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 180° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu -8 kWh.

- Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 0° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu -8 kWh.
- Simulasi keempat dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu -8 kWh.

Pada pengujian ketiga (3) semua hasil simulasi menunjukkan angka -8 kWh yang artinya simulasi gagal atau simulasi tidak terealisasi dikarenakan kemiringan modul dan titik azimuth tidak direkomendasikan oleh software atau tidak dapat digunakan.

Pengujian keempat (4) dilakukan dengan 4 kali percobaan simulasi dengan 3 rangkaian seri dan 6 rangkaian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- Simulasi pertama dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 90° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu $5,344$ kWh.
- Simulasi kedua dengan kemiringan modul 5° dan titik azimuth 180° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu $5,353$ kWh.
- Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu $5,258$ kWh.
- Simulasi keempat dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 0° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu $5,306$ kWh.

4. Pengujian 4

Tabel 4.5 Pengujian Hasil 4

Pengujian 4				
Uraian	Spesifikasi			
Modul	300,377 Wp	300,377 Wp	300,377 Wp	300,377 Wp
Jumlah	18 Buah	18 Buah	18 Buah	18 Buah
Inverter	3000 W	3000 W	3000 W	3000 W
Simulasi 1				
Seri	9	9	9	9
Paralel	2	2	2	2
Kemiringan	15°	10°	20°	5°
Azimuth	20°	15°	10°	0°
Hasil	7,162 kWh	7,152 kWh	7,035 kWh	7,256 kWh

Simulasi 2				
Seri	3	3	3	3
Paralel	6	6	6	6
Kemiringan	15°	10°	20°	5°
Azimuth	20°	15°	10°	0°
Hasil	5,314 kWh	5,346 kWh	5,258 kWh	5,357 kWh
Simulasi 3				
Seri	2	2	2	2
Paralel	9	9	9	9
Kemiringan	15°	10°	20°	5°
Azimuth	20°	15°	10°	0°
Hasil	(-) 8 kWh	(-) 8 kWh	(-) 8 kWh	(-) 8 kWh
Simulasi 4				
Seri	6	6	6	6
Paralel	3	3	3	3
Kemiringan	15°	10°	20°	5°
Azimuth	20°	15°	10°	0°
Hasil	7,214 kWh	7,203 kWh	7,087 kWh	7,308 kWh

Sumber: SoftwareSAM

Pengujian pertama(1)dilakukan dengan 4kalipercobaan simulasi dengan 9 rangkaian seri dan 2rangkaiian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- Simulasi pertama dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 20° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,162 kWh.
- Simulasi kedua dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,152 kWh.
- Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,035 kWh.
- Simulasi keempat dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 0° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,256 kWh.

Pengujian kedua(2)dilakukan dengan 4kalipercobaan simulasi dengan 3rangkaiian seri dan 6rangkaiian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- ✓ Simulasi pertama dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 20° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 5,314 kWh.
- ✓ Simulasi kedua dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 15° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 5,346 kWh.
- ✓ Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 5,258 kWh.
- ✓ Simulasi keempat dengan kemiringan modul 5° dan titik azimuth 0° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 5,357 kWh.

Pengujian ketiga (3) dilakukan dengan 4 kali percobaan simulasi dengan 2 rangkaian seri dan 9 rangkaian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

- ✓ Simulasi pertama dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 90° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu -8 kWh.
- ✓ Simulasi kedua dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 180° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu -8 kWh.
- ✓ Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 0° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu -8 kWh.
- ✓ Simulasi keempat dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu -8 kWh.

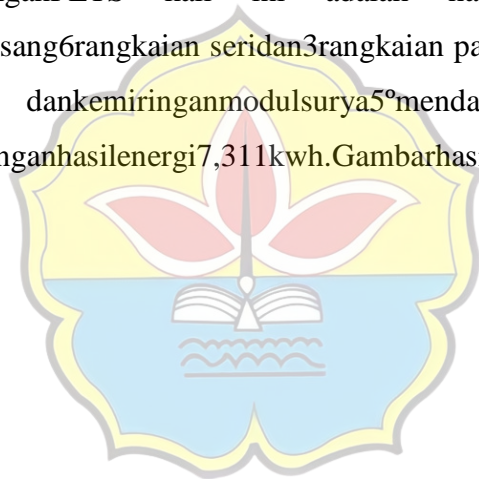
Pada pengujian ketiga (3) semua hasil simulasi menunjukkan angka -8 kWh yang artinya simulasi gagal atau simulasi tidak terealisasi dikarenakan kemiringan modul dan titik azimuth tidak direkomendasikan oleh software atau tidak dapat digunakan.

Pengujian keempat (4) dilakukan dengan 4 kali percobaan simulasi dengan 6 rangkaian seri dan 3 rangkaian paralel dan mengubah kemiringan modul dan titik azimuth.

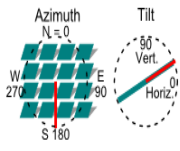
- ✓ Simulasi pertama dengan kemiringan modul 15° dan titik azimuth 20° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,214 kWh.

- Simulasi kedua dengan kemiringan modul 10° dan titik azimuth 15° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,203 kWh.
- Simulasi ketiga dengan kemiringan modul 20° dan titik azimuth 10° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,087 kWh.
- Simulasi keempat dengan kemiringan modul 5° dan titik azimuth 0° menunjukkan hasil simulasi pada software yaitu 7,308 kWh.

Dari 4 kali dilakukan pengujian dengan mengubah jumlah rangkaian seri paralel serta merubah titik azimuth dan kemiringan modul surya, dapat dibandingkan dan ditentukan bahwa hasil yang paling efektif untuk digunakan pada perancangan PLTS kali ini adalah hasil percobaan pertama (1) dengan memasang 6 rangkaian seri dan 3 rangkaian paralel serta meletakkan titik azimuth 10° dan kemiringan modul surya 5° mendapatkan hasil energi yang paling baik dengan hasil energi 7,311 kWh. Gambar hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut.



Tracking & Orientation



Fixed
 1 Axis
 2 Axis
 Azimuth Axis
 Seasonal Tilt

Tilt=latitude

Tilt (deg)

Azimuth (deg)

Ground coverage ratio (GCR)

Tracker rotation limit (deg)

Backtracking Enable

Terrain slope (deg)

Terrain azimuth (deg)

Electrical Sizing Information

Ground coverage ratio is used (1) to determine when a one-axis tracking system will backtrack, (2) in self-shading calculations for fixed tilt or one-axis tracking systems on the Shading page, and (3) in the total land area calculation. See Help for details.

Maximum DC voltage	480.0 Vdc	No system sizing messages.
Minimum MPPT voltage	100.0 Vdc	
Maximum MPPT voltage	480.0 Vdc	

Voltage and capacity ratings are at module reference conditions shown on the Module page.

Gambar4.5 HasilAzimuth dan Kemiringanyang digunakan
 Sumber: SoftwareSAM

AC Sizing

Number of inverters

DC to AC ratio

Size the system using modules per string and strings in parallel inputs below.

Estimate Subarray 1 configuration

Sizing Summary

Nameplate DC capacity	5.407 kWdc	Number of modules	18
Total AC capacity	27.000 kWac	Number of strings	3
Total inverter DC capacity	28.281 kWdc	Total module area	29.160 m ²

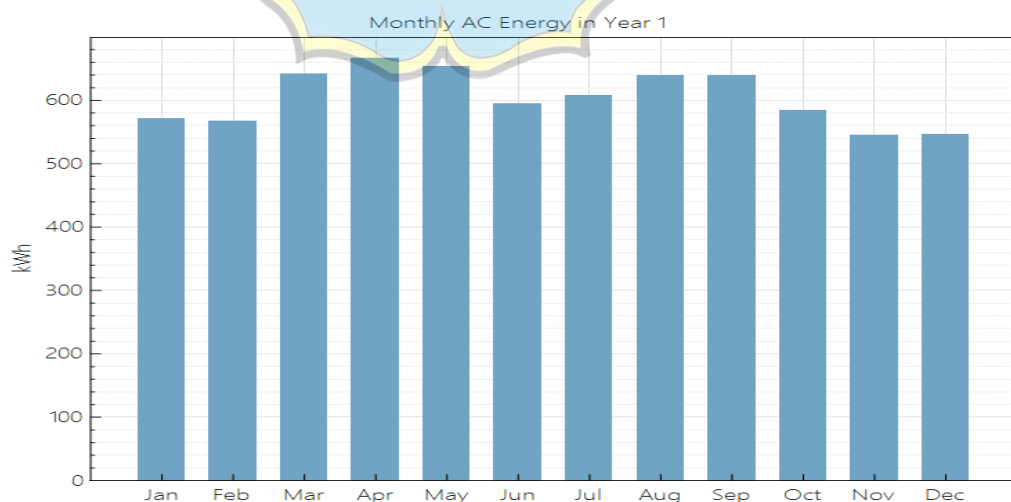
DC Sizing and Configuration

To model a system with one array, specify properties for Subarray 1 and disable Subarrays 2, 3, and 4. To model a system with up to four subarrays connected in parallel to a single bank of inverters, for each subarray, check Enable and specify a number of strings and other properties.

Electrical Configuration	Subarray 1	Subarray 2	Subarray 3	Subarray 4
	(always enabled)	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable
Modules per string in subarray	<input type="text" value="6"/>			
Strings in parallel in subarray	<input type="text" value="3"/>			
Number of modules in subarray	<input type="text" value="18"/>			
String Voc at reference conditions (V)	<input type="text" value="238.8"/>			
String Vmp at reference conditions (V)	<input type="text" value="197.4"/>			

Tracking & Orientation

Gambar4.6 KombinasiRangkaian Modul Seri Dan Paralel
Sumber: SoftwareSAM



Gambar4.7 DiagramHasil Pengujian YangDigunakan
Sumber: SoftwareSAM

Gambar diagramdiatas menunjukkan hasil energi tahunan yang diperoleh dari database software dengan memasang 6 rangkaian seri dan 3

rangkaian paralel, serta meletakkan titik azimuth 10° dengan kemiringan modul surya 5° , dari hasil makalipercobaan pengujian hasil inilah yang paling baik diperoleh dari pengujian yang lainnya.

4.6 Hasil Energi Listrik Bulan dalam Satu Tahun

Hasil energi listrik yang dihasilkan panel surya dalam satu tahun tentunya sangat berbeda-beda setiap bulannya karena intensitas penyinaran matahari berbeda-beda setiap waktunya. Nilai bulan dan tahun ini dihitung dari profil beban per jam atau sub jam dan ditampilkan disini sebagai referensi.

	Energy (kWh)	Peak (kW)
Jan	57,339.49	234.68
Feb	48,557.32	173.42
Mar	55,750.08	172.01
Apr	53,014.93	191.43
May	60,460.75	198.29
Jun	70,152.34	236.47
Jul	77,708.46	274.23
Aug	77,555.05	260.34
Sep	61,793.68	226.75
Oct	57,692.48	185.12
Nov	51,845.28	156.20
Dec	54,338.53	184.05
Annual	726,208.38	274.23

Gambar 4.8 Hasil Energi Dalam 1 tahun

Sumber: Software SAM

Dari hasil yang didapatkan terlihat bahwa puncak produksi energi listrik tertinggi terjadi pada bulan Juli sebesar 274,23 kwh, sedangkan produksi energi listrik terendah terjadi pada bulan November yaitu sebesar 156,20 kwh, dengan pendapatan listrik rata-rata setiap bulannya selama satu tahun yaitu 274,23 kwh.

4.7 Analisis Aspek Keuangan

Tabel 4.6 Metrik Tahunan Hasil Perencanaan PLTS

No	Metrik	Nilai
1	Energi AC tahunan di tahun 1	7,311kwh
2	Faktor kapasitas DC di tahun 1	15.4%
3	Hasil energi di tahun 1	1,352 kwh
4	Rasio kinerja di tahun 1	0.72
5	Efisiensi bolak-balik baterai	2.93kwh
6	Baterai mengisi energi dari sistem	2.34kwh
7	Tagihan listrik tanpa sistem tahun 1	Rp.140.226.349
8	Tagihan listrik dengan sistem tahun 1	Rp.139.259.909
9	Penghematan bersih dengan sistem tahun 1	Rp.11.597.258
10	Nilai bersih sekarang	Rp.66.334.540
11	Periode pengembalian sederhana	9,3 tahun
12	Biaya modal bersih	Rp.149.526.160

Sumber: Software SAM

Setelah melakukan berbagai macam pengujian dan hasil yang digunakan sudah ditentukan dapat dilihat pada tabel berikut ini akan dijelaskan mengenai nilai keuangan dalam perencanaan PLTS kali ini pertama yaitu tagihan listrik tanpa sistem di tahun pertama yaitu Rp.140.226.349, untuk tagihan listrik dengan sistem di tahun pertama yaitu senilai Rp.139.259.909, sedangkan biaya penghematan bersih dengan sistem di tahun pertama yaitu senilai Rp.11.597.258, dengan nilai bersih yang didapat senilai Rp.66.334.540, untuk modal yang diperlukan bersumber dari database software SAM yaitu senilai Rp.149.526.160, sedangkan periode pengembalian modal sederhana akan didapat 9,3 tahun setelah sistem PLTS berlangsung.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan PLTS dengan software sistem advisor model, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya titik lokasi yang akan diteliti, kebutuhan-kebutuhan komponen yang akan digunakan seperti modul surya, inverter, baterai, dan komponen penunjang lainnya, serta sistem desain yang mengatur cara kerja rangkaian PLTS tersebut.

Untuk memperoleh hasil desain terbaik, tentunya harus dilakukan beberapa kali percobaan pengujian simulasi pada software SAM dengan mengubah jumlah rangkaian seri paralel serta mempertimbangkan kemiringan modul surya serta titik azimuth yang baik, dari simulasi yang sudah dilakukan didapat hasil yang terbaik yaitu dengan memasang 6 rangkaian seri dan 3 rangkaian paralel, serta meletakkan kemiringan modul surya 5° dan titik azimuth di 10° dari susunan tersebut diperoleh hasil energi listrik yaitu sebesar 7,31 kWh, yang mana hasil ini adalah hasil yang terbaik dari hasil simulasi-simulasi yang sudah dilakukan.

Hasil perhitungan yang dilakukan *Levelized Cost of Energy* (LCOE) yang dilakukan menggunakan software *System Advisor Model* (SAM), didapat hasil bahwa memiliki hasil energi sebesar 7,31 kWh ditahun pertama yang artinya rata-rata hariannya mencapai 26,1 kWh yang dihasilkan sudah dapat memenuhi kebutuhan energi listrik pada mesn karyawan PT. Multi Kusuma Cemerlang Dimana daya minimum terpasang 27 kWh dikurangi 5% maka daya minimum yang harus tersedia adalah 25,65 kWh.

5.2 Saran

Pada penelitian ini masih menggunakan data-data komponen cuaca yang ada di software system advisor model (SAM). Untuk mendapatkan hasil akurasi sistem yang tepat, diperlukan untuk mengambil data secara langsung kelapangan. Serta hasil produksi energi listrik yang telah didesain oleh sistem masih diperlukan penambahan modul surya dan baterai untuk menutupi kekurangan produksi energi pada bulan-bulan tertentu.

Tentunya hasil yang diperoleh akan berbeda-beda di setiap hari, bulan, dan tahunnya karena banyak faktor-faktor yang mempengaruhi seperti intensitas pancaran sinar matahari, cuaca buruk dan banyak kendala di luar prediksi lainnya di lapangan.



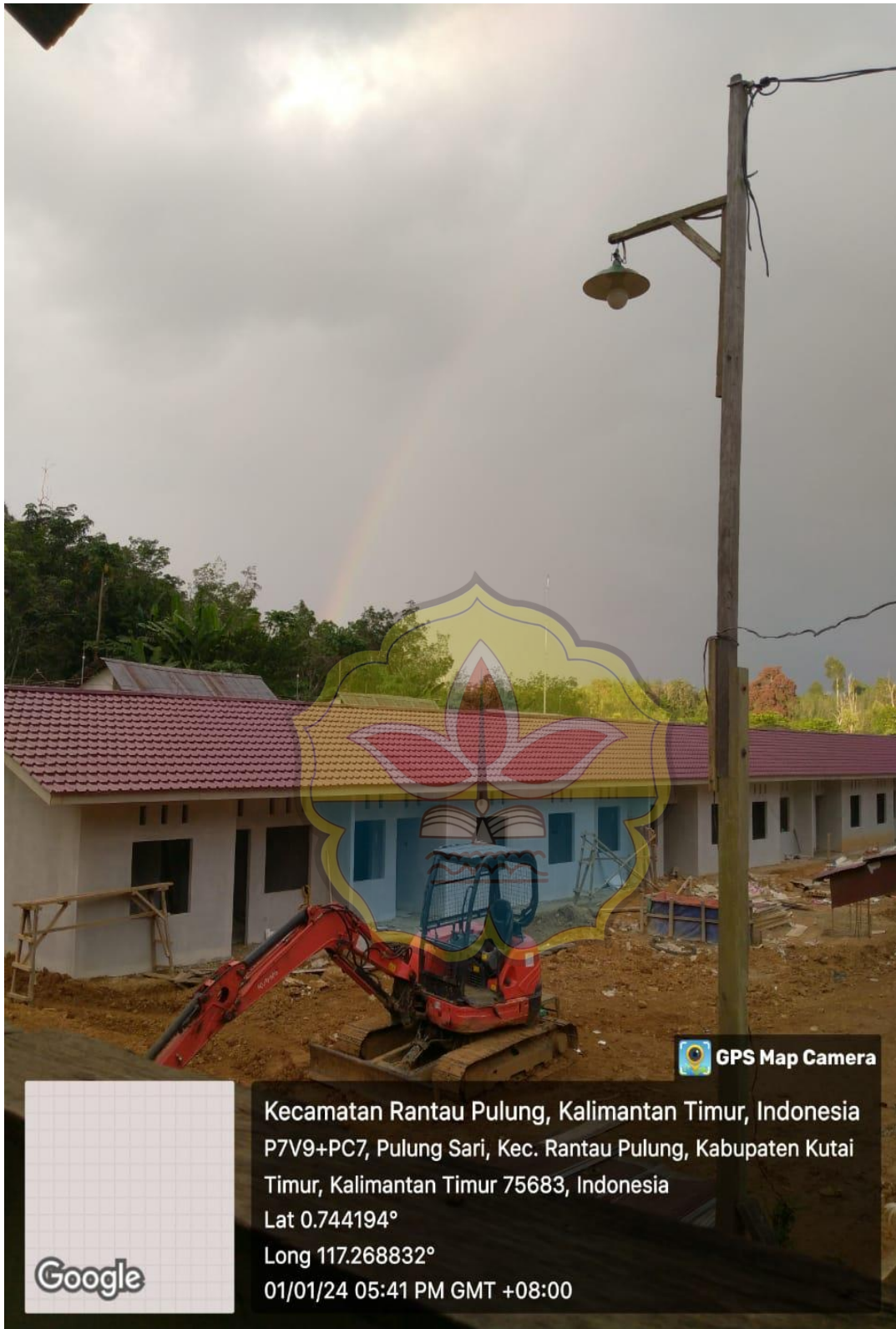
DAFTAR PUSTKA

- [1] Putra, Tjok Gede Visnu Semara. 2015. "Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15kW di Dusun Asah Teben Desa Datar Karangasem" <https://www.unud.ac.id/in/tugasakhir1004405095.html> diakses April 2018.
- [2] HS, Rahmad. 2016. "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Rooftop Grid Connected pada Gedung Pemerintah". UINSuska Riau. Pekanbaru.
- [3] Global Sustainable Energy Solution Pty. 2013. *Grid-Connected PV Systems Design and Instalations. First Indian Edition*
- [4] Setiawan, IK Agus, IN Satya Kumar dan I Wayan Sukerayasa. 2014. *Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Satu MWp Terinterkoneksi Jaringan Di Kayubih, Bangli. Universitas Udayana, Bali.* <http://ojs.unud.ac.id/index.php/JTE/article/view/14026/9684> diakses April 2018
- [5] Foster, R., Ghassemi, M. dan Cota, A. 2010. *Solar Energy*. Taylor & Francis Group, New Mexico <http://axagroup.eu/images/pdf/130838250-Solar-Energy.pdf>. diakses April 2018
- [6] Santiari, IDewa Ayu Sri, 2011. *Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Tambahan Pada Industri Perhotelan Di Nusa Lembongan Bali*. Universitas Udayana. Jimbaran-Bali.
- [7] *Geografi Wilayah Kabupaten Sumbawa*, "sumbawakab.go.Id, 2023. <https://sumbawakab.go.id/geografi.html> (accessed May 24, 2023).
- [8] *NSRDB*. " <https://nsrdb.nrel.gov/data-viewer> (accessed May 21, 2023).
- [9] Bawalo, M. Rumbayan, and N. M. Tulung, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Rumah Kebun Desa Ammat Kabupaten Kepulauan Talaud," *Pap. Knowl. Towar. a Media Hist. Doc.*, pp. 1–11, 2014, Accessed: May 20, 2023. [Online] Available: http://repo.unsrat.ac.id/3270/1/jurnal_Jodi-1.pdf

LAMPIRAN







GPS Map Camera

Kecamatan Rantau Pulung, Kalimantan Timur, Indonesia
P7V9+PC7, Pulung Sari, Kec. Rantau Pulung, Kabupaten Kutai
Timur, Kalimantan Timur 75683, Indonesia
Lat 0.744194°
Long 117.268832°
01/01/24 05:41 PM GMT +08:00

Google

