

TUGAS AKHIR
ANALISIS BIAYA PERENCANAAN KELAYAKAN PLTS TERPUSAT
(OFF GRID) PADA PERUMAHAN KAMPUNG PINGGIR LAUT
KABUPATEN ROKAN HILIR

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

Disusun Oleh:

DANIL AKBAR

1807220081



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTROFAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2023

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Danil Akbar
NPM : 1807220081
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis Biaya Perencanaan Kelayakan Plts Terpusat
(*Off Grid*) Pada Perumahan Kampung Pinggir Laut
Kabupaten Rokan Hilir
Bidang Ilmu : Energi Baru dan Terbarukan

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

Medan, 25 Mei 2023

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Elvy Sahnur Nasution, S.T.,M.Pd

Dosen Pembanding I



Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T

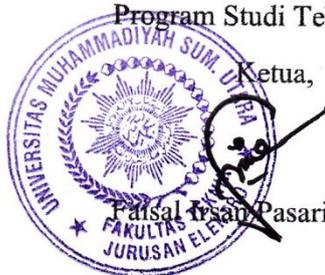
Dosen Pembanding II



Partaonan Harahap, S.T.,M.T

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Danil Akbar
Tempat/Tanggal Lahir : Bagansiapiapi 30 September 2000
NPM : 1807220081
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Analisis Biaya Perencanaan Kelayakan Plts Terpusat (*Off Grid*) Pada Perumahan Kampung Pinggir Laut Kabupaten Rokan Hilir”.

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

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

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

Medan, 25 Mei 2023

ng menyatakan

Danil Akbar

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi listrik. Saat ini sangat banyak bagaimana pemanfaatan matahari untuk kebutuhan energi sangat berpotensi dikehidupan sehari-hari sebagai sumber energi alternatif. Matahari merupakan energi yang dihasilkan atau dipancarkan dari sumber cahaya. Seperti kita ketahui, matahari merupakan sumber dari energi penerangan yang besar di dunia. Dalam hal tersebut energi matahari dapat dimanfaatkan dengan bantuan peralatan lain yang berperan dan bisa menghasilkan dari energi matahari menjadi energi listrik, dengan menggunakan panel surya, panel surya adalah perangkat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi energi matahari yang sampai ke bumi, selain itu panel surya paling menjanjikan dan memiliki potensi terbesar dibandingkan dengan sumber energi lain. Panel surya memiliki ketergantungan pada cuaca. Untuk meningkatkan kinerja panel surya, maka panel surya harus selalu mengarah ke pancaran matahari dimana posisi matahari selalu berubah seiring berjalannya waktu terhadap permukaan bumi. Dari penjelasan di atas maka dibuat suatu perencanaan pembangkit listrik tenaga surya di perumahan kampung pinggir laut dengan menggunakan panel 200 wp sebanyak 60 unit, baterai 12V 100 Ah sebanyak 56 unit, inverter 8000W sebanyak 2 unit, dan charger controller dengan nilai tegangan 120 Ampere sebanyak 2 unit.

Kata Kunci: Perencanaan, PLTS, Pembangkit Listrik, Photovolta

ABSTRACT

Solar power plant is a power plant that converts solar energy into electricity. At this time there are so many how the use of the sun for energy needs has the potential in everyday life as an alternative energy source. The sun is energy that is generated or emitted from a light source. As we know, the is a source of great lighting energy in the world. In this case solar energy can be utilized with the help of other equipment that plays a role and can produce solar energy into electrical energy, using solar panels, solar panels are devices that can convert sunlight energy into electrical energy. Solar panels can be called the main actor in maximizing the potential of solar energy that reaches the earth, besides that solat panels are the most promisisng and have the greatest potential compared to other energy sources. Solar panel have a dependency on the weather. To improve the performance of solar panels, solar panel must always point to the suns rays, where the suns position always chages over time to the earths surface. From the explanation above, a plan for a solar power plant is made in a seaside village housing using 60 units of 200 wp panels, 56 units of 12 volt 100 Ah batteries 2 units of 8000 W inverter, and acharger controller with a voltage value of 120 amperes of 2 units.

Keywords : *Planning, PLTS, Power Plant, Photovoltaic*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Biaya Perencanaan Kelayakan PLTS Terpusat (Off Grid) Pada Perumahan Kampung Pinggir Laut” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orang tua saya yang telah mendukung saya dalam keadaan apapun untuk menuliskan studi tugas akhir ini.
2. Ibunda Elvy Syahnur Nasution, S.T., M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Elvy Syahnur Nasution, S.T., M.Pd. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektro kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2018.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-elektron.

Medan, 25 Mei 2023

DANIL AKBAR

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
GAMBAR TABEL.....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Ruang Lingkup	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
1.6. Sistematis Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan	4
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. Pemanfaatan Energi Matahari	8
2.3. Daya Listrik.....	8
2.3.1. Jenis-jenis Daya Listrik	9
2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Surya	10
2.4.1. Sistem Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya	11
2.4.2. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	13
2.5. Panel Surya.....	14
2.5.1. PV Array	15
2.5.2. Jenis-jenis Panel Surya.....	16
2.6. Solar Charge Controller.....	19
2.7. Baterai	20
2.7.1. Fungsi Baterai	21
2.7.2. Jenis Baterai	21
2.8. Inverter.....	24
2.8.1. Prinsip Kerja Inverter	25
2.9. Perancangan dan Pemilihan komponen Pendukung	26
2.9.1. Aspek Teknis	26
2.9.2. Aspek Ekonomi.....	27
2.9.3. Analisis Biaya Energi.....	28

2.10. Perhitungan Perencanaan Sistem Pembangkit Tenaga Surya off-grid.....	29
BAB 3 METODE PENELITIAN	32
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	32
3.1.1. Tempat Penelitian.....	32
3.1.2. Waktu Penelitian	32
3.2. Alat dan Bahan.....	32
3.3. Metode pengumpulan Data	33
3.3.1. Pemakaian Daya Sehari/konsumsi Listrik	33
3.3.2. Teknik Pengumpulan Data	33
3.4. Analisis Data.....	34
3.4.1. Menghitung Kebutuhan Komponen.....	34
3.4.2. Menghitung Kebutuhan Aspek Biaya.....	35
3.5, Diagram Alir	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1. Data Radiasi Matahari.....	40
4.2. Menghitung Komponen PLTS	42
4.2.1. Menghitung area PV	42
4.2.2. Menghitung Daya Yang Dibangkitkan PLTS.....	43
4.2.3. Menghitung Jumlah Panel Surya.....	43
4.2.4. Menghitung kapasitas Solar Charge Controller	44
4.2.5. Perhitungan Kapasitas Baterai.....	44
4.2.6. Perhitungan kapasitas Inverter	45
4.3. Anggaran Biaya Pembangunan PLTS	45
4.3.1. Biaya Pemeliharaan dan Operasional PLTS Terpusat	46
4.3.2. Menghitung Biaya Siklus Hidup	46
4.3.3. Menghitung Biaya Energi PLTS	47
BAB 5 PENUTUP	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Kerja PLTS (Cell & Pju, 2011).....	13
Gambar 2. 2 PV Array (Solar & Array, n.d.)	16
Gambar 2. 3 Panel Surya Monocrystalline (Www & Com, 2017).....	16
Gambar 2. 4 Panel Surya Polycrystalline (Www & Com, 2017).....	18
Gambar 2. 5 Solar Charge Controller (Teknika et al., 2020).....	20
Gambar 2. 6 Baterai(Us, n.d.)	20
Gambar 2. 7 Jenis-jenis Baterai(Sendiri, 2013).....	22
Gambar 2. 8 Inverter (Sinduningrum et al., 2019).....	24
Gambar 2. 9 Prinsip Kerja Inverter (Blog et al., 2017).....	25
Gambar 3. 1 Tempat Penelitian.....	32
Gambar 3. 2 Flow Chart.....	39
Gambar 4. 1 Konfigurasi : 2 seri, 16 paralel.....	44

GAMBAR TABEL

Tabel 1 Data Radiasi Matahari di desa kampung pinggir laut berdasarkan aplikasi Global Solar Atlas	40
Tabel 2 Temperature suhu di desa kampung pinggir laut	40
Tabel 3 Beban pada perumahan desa kampung pinggir laut kecamatan bangko kabupaten rokan hilir	41
Tabel 4 Kebutuhan Listrik Pada Perumahan.....	41
Tabel 5 Total Kebutuhan Beban	42
Tabel 6 spesifikasi komponen PLTS.....	45
Tabel 7 Rancangan anggaran Biaya PLTS.....	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Listrik menjadi kebutuhan primer bagi kehidupan manusia. Tanpa listrik, peralatan elektronik tidak dapat digunakan atau berfungsi sebagaimana mestinya. Listrik juga menjadi sumber penerangan bagi kehidupan manusia dan merupakan kebutuhan dasar untuk segala aktivitas. Kebutuhan akan listrik konvensional atau PLN yang semakin meningkat dapat mengakibatkan krisis listrik terjadi kapan saja. Untuk mencegah terjadinya krisis tersebut, saat ini banyak yang mulai beralih menggunakan sumber energi alternatif. Salah satu sumber energi alternatif yang paling banyak digunakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau yang lebih dikenal sebagai PLTS. Pembangkit listrik ini dapat menjadi solusi terbaik bagi Anda yang ingin lebih hemat energi dan hemat biaya.

Energi Surya merupakan sumber energi yang tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat di manfaatkan sebagai energi alternatif yang akan di konversi menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Sel surya juga mampu beroperasi dengan baik saat tersinari matahari, dan menghasilkan energi tanpa polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan. Pemanfaatan sumber energi matahari sangat mendukung di kepulauan tropis. Kabupaten Rokan Hilir merupakan daerah tropis yang dimana penyinaran mataharinya mencapai 94 % yang dimana ini sangat baik digunakan untuk pemanfaatan energi terbarukan khususnya Energi surya atau bisa juga dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Penerapan teknologi tenaga surya untuk kebutuhan listrik di perumahan Kampung Pinggir Laut dapat dilakukan dengan berbagai macam sistem pembangkit listrik tenaga surya. Adapun untuk merancang PLTS di komplek perumahan penulis sendiri memilih Sistem PLTS yang dirancang beroperasi secara keseluruhan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat disekitar perumahan, serta bisa menggunakan energi tambahan seperti air, angin. Adapun komponen yang dibutuhkan terdiri dari panel modul surya, baterai, alat pengontrol dan lampu. Dalam pendistribusian daya pada perumahan Kampung Pinggir Laut dengan jumlah yang besar dan pembagiannya ke sub-sub bagian yang ada pada perumahan, maka diperlukan sebuah panel yang berfungsi sebagai pengontrol daya

listrik itu sendiri. Panel itu sendiri juga berfungsi untuk melakukan pengontrolan daya listrik yang terdapat pada perumahan.

Maka dari itu penulis menguraikan dan mengangkat judul “Analisis Biaya Perencanaan Kelayakan PLTS Terpusat (Off Grid) Pada Perumahan Kampung Pinggir Laut” .

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka pokok permasalahan yang dihadapi yaitu :

1. Bagaimana menghitung berapa kebutuhan daya listrik yang dibutuhkan pada kompleks perumahan Kampung Pinggir Laut menggunakan PLTS?
2. Bagaimana menentukan komponen PLTS untuk kebutuhan perumahan di Kampung Pinggir Laut?
3. Berapa besar biaya yang dikeluarkan untuk perencanaan kelayakan PLTS?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian “Analisis Biaya Perencanaan Kelayakan PLTS Terpusat (Off Grid) Pada Perumahan Kampung Pinggir Laut”

1. Untuk menganalisis kebutuhan daya listrik pada perumahan kampung pinggir laut menggunakan PLTS.
2. Menganalisis berapa banyak komponen yang dibutuhkan di perumahan kampung pinggir laut.
3. Untuk mengetahui seberapa besar biaya yang harus di keluarkan dengan untuk perencanaan pembuatan PLTS.

1.4. Ruang Lingkup

1. Membahas perencanaan biaya kelayakan PLTS pada perumahan kampung pinggir laut.
2. Membahas kebutuhan daya listrik pada perumahan kampung pinggir laut.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diambil dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Penulis mampu menganalisa energi yang dihasilkan PLTS di kompleks perumahan Kampung Pinggir Laut.
2. Memberi manfaat kepada mahasiswa dengan melakukan penelitian yang dimana

penulis mengangkat judul “Analisis Biaya Perencanaan Kelayakan PLTS Terpusat (*Off Grid*) Pada Perumahan Kampung Pinggir Laut”.

3. Diharapkan sebagai informasi bagi pihak yang berkepentingan.

1.6. Sistematis Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dari langkah-langkah pengujian

BAB 4 ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalam penelitian ini.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian dan saran-saran positif untuk pengembangan penelitian ini

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Berdasarkan kajian pustaka sebelumnya sudah banyak penelitian yang membahas tentang perencanaan biaya terhadap PLTS dengan tempat yang berbeda dan sudah di publikasikan secara nasional maupun internasional.

Penelitian ini melakukan proses menganalisis ekonomi energi yang diberikan sistem PLTS ialah dari pengumpulan data lapangan selanjutnya perhitungan komponen PLTS dan kemudian menghitung kelayakan investasi. Dari perhitungan yang telah dilakukan, didapat beban rencana berdasarkan jumlah lampu, laptop, LCD projector tiap ruang kelas dengan menggunakan AC dan tanpa menggunakan AC pada gedung kuliah POLINKA yaitu: 56.763 watt (dengan AC) dan 18.963 watt (tanpa AC). Biaya investasi yang diperlukan berurutan untuk beban dengan AC dan tanpa AC sebesar Rp. 24.911.080.000 dan Rp. 8.310.360.000, dengan biaya energi/harga energi sebesar Rp. 2.630,15/kWh dan Rp. 2.632,26/kWh. Hasil analisis kelayakan investasi dilakukan dengan NPV, PI, DPP, ROR menunjukkan bahwa investasi PLTS layak untuk direalisasikan (Chandra, 2016).

Penelitian ini merencanakan PLTS rooftop pada gedung C2 Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo serta menganalisis kelayakannya dari aspek teknis dan ekonomis. Perencanaan PLTS rooftop pada penelitian ini terdiri dari tahap desain teknis dengan parameter akhir yang diharapkan ialah nilai performance ratio (PR) yang lebih besar dari 60% dan analisa kelayakan ekonomis menggunakan tiga metode analisis yakni, net present value (NPV), benefit cost ratio (BCR) dan payback period (PP). Dasar perhitungan dalam analisis ketiga metode tersebut menggunakan tarif listrik LWBP Rp735.00/kWh dan cost of energi (COE) Rp1,261.26/kWh. Hasil desain teknis diperoleh nilai PR sebesar 70% dan dari segi ekonomi dengan dasar perhitungan tarif LWBP diperoleh nilai NPV Rp(1,266,891,940.59), BCR 0,97 dan PP 26,1 tahun. Sedangkan dengan dasar perhitungan COE, diperoleh nilai NPV Rp488,730,414.17, BCR 1,77 dan PP 12,17 tahun. Kesimpulan akhir yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan ialah bahwa sistem PLTS yang direncanakan layak (feasible) untuk diwujudkan (Rafli et al., 2022).

Penelitian ini menganalisis perencanaan PLTS Offgrid untuk rumah tinggal tipe 45 di Kota Banjarbaru yang berdekatan dengan garis khatulistiwa sehingga mendapat sinar matahari melimpah. Metode penelitian menggunakan metode analisis kuantitatif, dengan menggunakan teknik pengumpulan data literatur dan pengukuran yang selanjutnya diperhitungkan dengan rumus. Dengan total kebutuhan daya perharinya sebesar 8.108 W. Panel surya yang digunakan tipe Monocrystalline 300 Wp sebanyak 8 buah. Jumlah hari otonomi selama 3 hari, maka diperoleh biaya investasi awal sebesar Rp. 139.862.500 dan biaya pemeliharaan tahunan selama periode 25 tahun sebesar Rp. 13.986.250. Hal tersebut sangat membantu masyarakat mengetahui perencanaan PLTS dari segi kebutuhan komponen, luas area panel surya, dan nominal biaya yang diperlukan serta renewable energy(Rahman, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan PLTS sebagai kebutuhan penerangan ternak ayam pedaging (Broiler) di Gang Karya Tani Pontianak Selatan, baik ditinjau dari aspek teknis maupun ekonomis. Metodologi penelitian yang dilakukan dengan melakukan survei dan pengambilan data yang dibutuhkan untuk menentukan dan menghitung besar kapasitas tiap komponen PLTS yang diperlukan. Hasil penelitian menunjukkan besar daya listrik keseluruhan untuk lampu penerangan ayam pedaging di peternakan ayam pedaging (Broiler) di Gang Karya Tani Pontianak Selatan sebesar 463 Watt sedangkan besarnya energi harian untuk peternakan ayam sebesar 4942 Wh. Komponen sistem PLTS yang diperlukan untuk kebutuhan daya listrik keseluruhan adalah 16 panel surya 100 Wp, 3 unit charge controller kapasitas 600 watt dengan tegangan input 12 Volt dan arus 45A, 20 buah baterai 12 Volt 100 Ah dan 1 unit inverter dengan kapasitas tegangan output 600 watt, tegangan input 12 VDC/24 VDC dan tegangan output inverter 220 VAC. Berdasarkan aspek ekonomis, perencanaan ini membutuhkan biaya investasi sebesar Rp.94.639.088 dari hasil perhitungan Net Present Value (NPV) perencanaan ini bernilai positif sebesar Rp 56.772,00 (>0), menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dikembangkan di peternakan ayam pedaging (Boiler) di Gang Karya Tani Pontianak Selatan layak untuk dilaksanakan dikembangkan bagi usaha peternak ayam pedaging(Teguh Priyono, Kho Hie Khwee, 2019).

Dalam penelitian ini membahas tentang kajian perencanaan PLTS terhubung ke grid untuk melayani suplai daya listrik di menara STT-PLN. Selama ini menara STT- PLN mendapatkan suplai daya listrik hanya bersumber dari PLN saja dimana besarnya kapasitas daya terpasang 1100 kVA dengan kapasitas transformator sebesar 1250 kVA. Pendistribusian daya listrik ke menara STT- PLN ini diperoleh dari feeder Tolimo yang terhubung langsung pada gardu induk Duri Kosambi 192 Baru. Maka untuk itu dalam penelitian ini dibuat suatu perencanaan pembagian penyaluran daya listrik dengan sistem PLTS – Grid dimana sistem PLTS melayani pemakaian beban listrik dari pukul 08.00 WIB – 17.00 WIB., sisanya hanya mengandalkan sumber listrik dari PLN. Dengan sistem PLTS – Grid tersebut penggunaan baterai pun dapat ditiadakan. Beban listrik yang tersambung dengan sistem PLTS dan grid menggunakan energi yang sama dengan yang disalurkan oleh PLTS dalam jangka waktu tertentu. Dalam hal ini, grid menjadi penyimpan atau pemberi pinjaman sementara untuk pemenuhan permintaan daya listrik. Sehingga dengan penerapan konsep ini kita hanya mengeluarkan biaya investasi dari sistem PLTS tanpa baterai dan biaya sewa jaringan di sistem PLTS – Grid(Sari et al., 2018).

Menurut (Vember Restu Kossi, 2020) PLTS Siding memiliki kapasitas setara 40 kWp dengan jumlah pelanggan yang tersambung sebanyak 52 pelanggan dan total beban sebesar 31.700 VA. Untuk mengetahui tingkat daya-guna PLTS Terpusat (Off-Grid) Siding ditinjau dari kapasitas sistem PLTS dalam melayani kebutuhan tenaga listrik bagi masyarakat Desa Siding, perlu melakukan studi dan meneliti tentang unjuk kerja dari PLTS Terpusat Siding dengan mengevaluasi daya yang dibangkitkan PLTS Siding, menghitung kapasitas komponen PLTS yang terpasang, serta analisis kelayakan investasi PLTS Siding dengan metode : Net Present Value (NPV), Profitability Index (PI), dan Payback Periode. Berdasarkan hasil evaluasi kapasitas komponen-komponen PLTS Siding masih layak digunakan untuk pelayanan beban. Perhitungan biaya investasi awal untuk PLTS Siding sebesar Rp. 2.662.800.000,00, diperoleh biaya energi (cost of energy) PLTS Siding sebesar Rp. 4.600,00/kWh. Hasil analisis kelayakan investasi menunjukkan bahwa investasi PLTS Siding sebagai sumber tenaga listrik di Kecamatan Siding termasuk layak untuk dilaksanakan. Dengan

memaksimalkan pemanfaatan PLTS Terpusat Siding melalui penambahan beban sehingga terjadi penambahan pemakaian energi harian sebesar 226,24 kWh/hari, akan menurunkan biaya energi PLTS Siding sebesar Rp. 4.600/kWh menjadi 3.500/kWh.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kebutuhan energi listrik di Bali mengharuskan penambahan pasokan energi listrik, sedangkan energi konvensional seperti minyak bumi, batubara dan gas alam terus dipergunakan. Oleh karena itu, pemanfaatan energi non konvensional harus ditingkatkan seperti energi surya. Salah satu penyediaan energi listrik non konvensional yang siap dipergunakan secara masal adalah menggunakan sistem teknologi PLTS Fotovoltaik. Analisis data di dalam studi ini menggunakan metode perhitungan manual untuk menghitung kebutuhan daya listrik, menetapkan daya yang akan dibangkitkan, menghitung jumlah serta kapasitas modul surya dan inverter, menghitung sudut kemiringan dan lokasi modul surya. PLTS menggunakan sistem hybrid dengan PLN, bekerja secara otomatis yang akan diatur oleh sistem kontrol inverter. PLTS berkapasitas 148,274 kW mensuplai 30% dari konsumsi energi listrik pada gedung sebesar 2,310 MWh.(Abit Duka et al., 2018)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil perencanaan dan kelayakan pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terpusat di pulau liukang loe desa bira kecamatan Bontobahari kabupaten Bulukumba. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Pengumpulan data dilakukan melalui teknik observasi dan dokumentasi. Pengolahan data yang diperoleh dengan menghitung dan menganalisis insolasi matahari harian dan temperatur serta kebutuhan energi listrik harian. Setelah pengolahan data, hasil penelitian menunjukkan bahwa perhitungan perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terpusat, dengan kebutuhan energi listrik harian sebesar 150,8 kWh/hari dengan jumlah pelanggan yang tersambung sebanyak 266 pelanggan dengan insolasi matahari sebesar 4,63 kWh/m² /hari dan temperatur rata-rata harian 27,5oC energi listrik yang dibangkitkan sebesar 36,4 kWp. Komponen utama pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terpusat yaitu: modul surya, batteray, MPPT dan inverter. Perkiraan biaya yang diperlukan untuk membangun pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terpusat di kecamatan bontobahari

kabupaten bulukumba sebesar Rp. 3.220.993.745 dengan suku Bunga 5% diperoleh biaya energi Rp. 2.637/kWh dengan Net Present Value (NPV) 1.873.787.534 dan Profitability Index (PI) 1,58.(Syahrial Yudistira, Syarifuddin Kasim, 2013)

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Pemanfaatan Energi Matahari

Energi di dalam kehidupan manusia itu sendiri adalah perpindahan energi yang biasa untuk keperluan manusia. Salah satunya adalah energi matahari diperlukan oleh banyak makhluk hidup, selain sumber energi panas, juga sebagai energi cahaya. Energi matahari dapat digunakan langsung untuk aliran listrik. Energi surya merupakan energi panas dan sinar dari matahari. Energi yang juga dapat dimanfaatkan dengan memakai teknologi seperti pemanas surya, listrik panas surya, fotovoltaik surya, fotosintesis buatan, dan arsitektur surya.

Energi surya atau energi matahari dalam pemanfaatannya dapat dibedakan tiga cara, pertama adalah prinsip pemanasan langsung, dalam hal ini sinar-sinar matahari memanasi langsung benda yang akan dipanaskan, atau memanasi secara langsung medium misalnya menjemur pakaian, kedua pemanfaatan sinar matahari untuk memanasi suatu medium dengan menggunakan kolektor surya, dan cara ketiga adalah sinar atau energi matahari dikonversi menjadi energi listrik menggunakan sel surya (solar cell) misalnya seperti yang dilakukan penulis untuk memanfaatkan sinar matahari atau energi matahari untuk penerangan di perumahan Kampung Pinggir Laut.

2.3. Daya Listrik

Besarnya energi listrik yang diserap dalam sebuah rangkaian memindahkan muatan per satuan waktu atau jumlah energi listrik yang dipakai setiap detik. Bisa juga didefinisikan sebagai laju aliran energi. Sumber energi seperti tegangan listrik dapat menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang tersambung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Satuan untuk daya listrik umumnya adalah Waatt, maka dapat diperoleh rumus daya listrik sebagai berikut.

Daya pada suatu sistem tegangan bolak-balik (AC) dikenal dengan tiga macam yaitu daya aktif, daya reaktif, daya semu.

2.3.1. Jenis-jenis Daya Listrik

1. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban. Satuan daya aktif adalah W (Watt) dan dapat diukur dengan menggunakan alat ukur listrik Wattmeter. Daya Aktif pada beban yang bersifat resistansi (R), dimana tidak mengandung induktor grafik gelombang *tegangan* (V) dan arus se fasa, sehingga besar daya sebagai perkalian tegangan dan arus menghasilkan dua gelombang yang keduanya bernilai positif besarnya daya aktif adalah P. Daya aktif pada beban impedansi (Z), beban impedansi pada suatu rangkaian disebabkan oleh beban yang bersifat *resistansi* (R) dan induktansi (L). Maka gelombang mendahului gelombang arus sebesar φ . Perkalian gelombang tegangan dan gelombang arus menghasilkan dua puncak positif yang besar dan dua puncak negatif yang kecil. Pergeseran sudut fasa bergantung seberapa besar nilai dari komponen induktornya (Daryanto, 2013).

Persamaan daya aktif (P) pada beban yang bersifat impedansi :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

P = Daya Aktif

V = Tegangan

I = Arus Listrik

$\cos \varphi$ = Faktor Daya

2. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan magnet atau daya yang ditimbulkan oleh beban yang bersifat induktif. Satuan daya reaktif adalah VAR (Volt.Amper Reaktif). Untuk menghemat daya reaktif dapat dilakukan dengan memasang kapasitor pada rangkaian yang memiliki beban bersifat *induktif* (Daryanto, 2013).

Persamaan daya reaktif yaitu:

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

Q = Daya Reaktif

V = Tegangan

I = Arus Listrik
 $\sin \varphi$ = Faktor Daya

3. Daya Semu

Daya semu adalah daya yang dihasilkan dari perkalian tegangan dan arus listrik. Daya nyata merupakan daya yang diberikan oleh PLN kepada konsumen. Satuan daya nyata adalah VA (Volt.Ampere). Beban yang bersifat daya semu adalah beban yang bersifat resistansi (R)(Daryanto, 2013). Berikut ini persamaan daya semu :

$$S = V \times I \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

S = Daya Semu
 V = Tegangan
 I = Arus Listrik

2.4.Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi dari cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik. Komponen utama dari PLTS adalah panel surya fotovoltaik yang dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik sehingga dapat digunakan untuk kebutuhan listrik sehari-hari. Panel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tak terbatas langsung melalui matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga panel surya dikatakan ramah lingkungan. Arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya fotovoltaik adalah arus listrik searah (DC) sehingga dibutuhkan komponen lainnya seperti inverter untuk mengkonversi arus listrik searah (DC) ini menjadi arus listrik bolak-balik (AC).

Komponen pada PLTS

- A. Panel surya yang berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi listrik.
- B. Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya.
- C. Solar charger controller berfungsi untuk mengatur pengisian baterai.
- D. Inverter berfungsi untuk mengubah listrik arus searah menjadi bolak balik.

2.4.1. Sistem Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Saat ini semakin banyak perumahan maupun bangunan yang memasang pembangkit listrik tenaga surya sebagai suplay listrik. Pada pembangkit listrik tenaga surya memiliki 2 macam sistem yaitu system on grid dan offgrid yang cocok untuk rumah. Penjelasan tentang pada offgrid dan ongrid adalah sebagai berikut :

1. On-Grid

On-grid merupakan salah satu system pada PLTS, sistem ini adalah sistem PLTS yang tersambung ke jaringan PLN. kelebihan PLTS jenis ini yaitu dapat menyalurkan listrik yang di hasilkan ke PLN. PLTS jenis ini menggunakan meteran listrik khusus, yakni net metering dimana meteran listrik ini dapat memungkinkan listrik yang dihasilkan oleh PLTS dijual ke PLN dan memungkinkan adanya proses jual beli listrik. Dibandingkan dengan sistem lainnya system on-grid ini merupakan system yang cukup sederhana dan membutuhkan biaya yang lebih kecil. PLTS on-grid mempunyai komponen utama yaitu panel surya dan inverter. PLTS jenis ini dapat mengurangi biaya listrik. pada komponen PLTS on-grid tidak membutuhkan baterai maka system ini mempunyai kekurangan yaitu jika terjadi pemadaman maka hunia juga akan ikut padam, karena system PLTS on-grid bergantung pada listrik PLN. System on grid merupakan system paling sederhana dan paling hemat biaya untuk menginstal energi panel surya, namun system ini tidak memberikan daya cadangan selama pemedaman jaringan.

Faktor yang perlu diperhatikan untuk memasang system PLTS secara on grid :

- a. Lokasi yang memiliki akses listrik PLN 24 jam.
- b. Lokasi perkotaan dan sekitarnya merupakan lokasi pemasangan ideal.
- c. Lokasi rumah, bangunan bisnis, kantor, pemerintahan dan bangunan layanan dan lainnya yang tertarik untuk melakukan efisiensi.
- d. Lokasi yang telah memiliki atau yang akan memiliki sertifikat SLO untuk koneksi terpasang.
- e. Lokasi yang sudah terpasang kWh meter EXIM (*export-import*) yang akan dan sedang dalam pengurusan pemasangan kWh meter.

2. *Off-Grid*

PLTS off-grid adalah sistem PLTS yang dapat beroperasi sendiri tanpa bantuan dari PLN karena PLTS jenis ini memungkinkan penyimpanan listrik yang dihasilkan oleh PLTS dengan menggunakan baterai yang kemudian digunakan ketika malam hari. Karena PLTS jenis ini bersifat standalone maka tidak dapat melakukan proses ekspor-impor ke PLN.

Keunggulan utama dari sistem off-grid jika dibandingkan dengan offgrid adalah ketika terjadi pemadaman listrik oleh PLN maka PLTS dengan sistem offgrid akan tetap menyediakan listrik. Sistem off-grid ini mempunyai kelemahan dalam segi biaya karena mengingat biaya baterai yang mahal dan membutuhkan jumlah yang banyak. PLTS jenis ini mempunyai komponen yaitu panel surya, charge controller, inverter, serta baterai. Inverter yang digunakan pada sistem off-grid berbeda dari sistem *on-grid*. Inverter yang digunakan pada sistem *off-grid* adalah inverter dengan kemampuan bi-directional yang memungkinkan pengisian baterai dan mengambil listrik dari baterai.

Pada PLTS sistem *off-grid* pengaturan array panel surya dan jumlah baterai yang digunakan sangat kompleks. Detail akan kebutuhan listrik sangat diperlukan dalam perencanaan sistem. Hal ini disebabkan penggunaan baterai tidak boleh terlalu besar dan terlalu kecil dan baterai juga merupakan komponen yang berbahaya sehingga diperlukan perhatian ekstra dalam menanganinya. Selain itu baterai merupakan komponen yang mahal baik dari segi pembelian maupun dari segi maintenance.

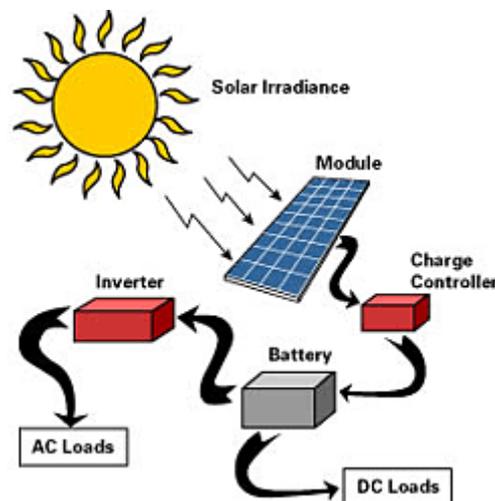
Jika dibandingkan sistem on-grid dan offgrid maka dapat diketahui sistem off-grid mempunyai banyak komponen tambahan maka biaya instalasi PLTS sistem off-grid lebih tinggi. PLTS off-grid dapat mencapai 2 kali biaya PLTS on-grid dengan kapasitas yang sama.

- a. Faktor pertimbangan yang perlu diperhatikan yaitu untuk memasang PLTS off grid a. Lokasi yang minim listrik PLN
- b. Lokasi yang memiliki sambungan PLN, namun belum berfungsi 24 jam.
- c. Lokasi yang menggunakan genset atau sistem pembangkit daya lainnya
- d. Lokasi yang jauh terpencil, pulau terluar dan kepulauan dan lokasi lainnya

2.4.2. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya konsepnya sederhana, yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik disatelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Bandingkan dengan sebuah generator listrik, ada bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar untuk dapat menghasilkan listrik.

Sistem sel surya yang dapat digunakan di permukaan bumi terdiri dari panel sel surya, rangkaian kontroler pengisian (charge controller), dan aki (baterai) 12 volt yang maintenance free. Panel sel surya merupakan modul yang terdiri dari beberapa sel surya yang dihubungkan seri dan parallel tergantung ukuran dari kapasitas yang diperlukan. Rangkaian kontroler pengisian aki dalam sistem sel surya merupakan rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian akinya. Kontroler ini dapat mengatur tegangan aki dalam selang tegangan 12 volt. Bila tegangan turun sampai 10 volt berarti sisa tegangan pada aki 2 volt, maka kontroler akan mengisi aki dengan panel surya sebagai sumber dayanya. Tentu saja proses pengisian itu akan terjadi bila berlangsung pada saat ada cahaya matahari (1388, نوروزی).



Gambar 2. 1 Prinsip Kerja PLTS (Cell & Pju, 2011)

2.5. Panel Surya

Panel surya adalah perangkat yang tersusun dari sel surya untuk mengubah cahaya dan radiasi matahari menjadi listrik yang disimpan kedalam baterai untuk menjalankan alat elektronik, sebab sel surya adalah inti yang disusun dan dirangkai untuk membuat panel surya. Pembuatan panel surya dengan menggunakan bahan semikonduktor yang dapat melepaskan elektron-elektron, bahan yang sering digunakan adalah silikon sebuah unsur yang ada di pasir.

Panel surya terdiri dari sejumlah sel photovoltaic yang saling terhubung secara seri dan diproduksi menjadi sebuah unit. Sel-sel tersebut berikutan dengan kawat busbar penghubungnya dilindungi oleh bahan pelapis atau enkapsulasi (encapsulating material) yang melindungi sel-sel dari kontak langsung dengan lingkungan dan kekuatan mekanik yang dapat merusak sel-sel yang tipis.

Panel surya hanya menghasilkan arus listrik searah. Pemenuhan catu daya bagi pemakai listrik yang memerlukan converter dari arus searah menjadi arus bolak-balik. Penyediaan ruang bagi panel surya merupakan salah satu pertimbangan penting bagi optimalisasi sistem tenaga listrik dengan energi dasar berupa energi surya. Pembangkit listrik tenaga surya merupakan penarikan langsung dari kegiatan transformasi energi surya yang dilakukan oleh panel.

Standart Test Condition (STC) merupakan standar untuk mengukur kinerja maksimal suatu panel surya pada suatu kondisi seragam sehingga memungkinkan untuk melakukan perbandingan seragam pada panel surya baik pada produsen yang sama atau berbeda. Kondisi pengujian didefinisikan sebagai berikut:

- a) Iradiasi : 1000 W/m^2
- b) Suhu : $25 \text{ }^\circ\text{C}$
- c) Air Mass (AM) : 1.5 (ketebalan atmosfer; didaerah ekuator massa udara = 1, tetapi di Eropa 1.5)

Di Indonesia, Air Mass (AM) bernilai 1 karena berada di daerah ekuator. Waktu terbaik kinerja suatu panel surya saat cuaca cerah antara jam 10.00-14.00. Oleh karena itu keluaran daya dari panel surya biasanya diasumsikan bekerja selama 3 sampai 4 jam/hari saja (Analysis & Power, 2019).

2.5.1. PV Array

PV array adalah suatu unit pembangkit listrik yang lengkap terdiri dari panel surya yang dirangkai menjadi satu melalui kabel dengan susunan tertentu baik dirangkai seri maupun paralel dengan tujuan mendapatkan hasil tegangan dan arus yang diinginkan. Jika sebuah aplikasi memerlukan daya yang lebih besar dari pada yang tersedia oleh panel maka diperlukan system system yang besar untuk panrnl tersebut. System ini dibuat dengan menghubungkan beberapa buah panel. Penambahan panel akan menyebabkan konfigurasi system menjadi lebih lebih kompleks.

Struktur modul modul surya *photovoltaic module* dibagi menjadi beberapa bagian yaitu :

a. Bingkai atau Frame

Biasanya terbuat dari aluminium *anodized* untuk menghindari korosi. Oleh karena itu pemasangan bingkai dilakukan diakhir proses pembuatan, bingkai memili fungsi untuk memastikan kekokohan panel.

b. Kaca Pellindung

Enkapsulasi atau laminasi adalah lapisan antara sel fotovoltaik dan kaca pelindung. Laminasi digunakan untuk mencegah kerusakan mekanis pada fotovoltaik.

c. Kaca Pelindung

Melindungi sel fotovoltaik dari lingkungan dan memastikan kekokohan panel.

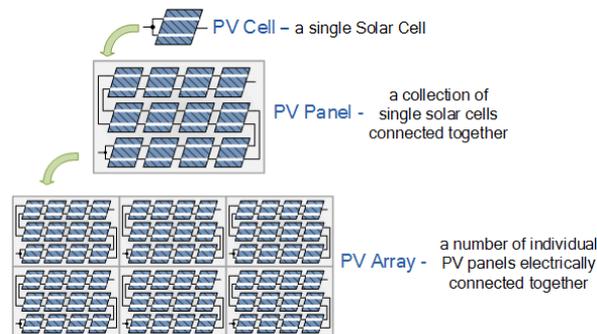
d. Sel Fotovoltaik

Merupakan komponen utama dari dari modul fotovoltaik. Sel terbuat dari bahan semikonduktor yang menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel sel saling terhubung secara seri untuk mendapatkan tegangan total yang lebih tinggi melalui kawat busbar.

e. Lembar Insulasi

Terbuat dari bahan plastic untuk melindungi dan secara elektrik mengisolasi sel sel dari kelembaban dan cuaca.

Gabungan beberapa Panel surya yang digabungkan dengan beberapa panel surya lainnya hingga membentuk sebuah PV array kemudian baru dihubungkan ke solar charger controller dan baterai atau langsung ke inverter untuk memenuhi beban.

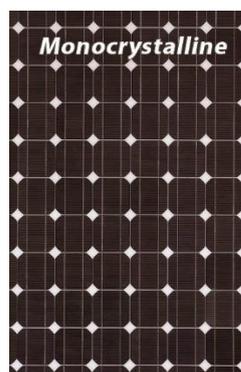


Gambar 2. 2 PV Array (Solar & Array, n.d.)

2.5.2. Jenis-jenis Panel Surya

1. Monocrystalline

Jenis komponen sel surya yang satu ini merupakan jenis yang paling banyak digunakan karena kelebihan yang dimilikinya. Sel surya ini terbuat dari silikon yang diiris tipis-tipis dengan menggunakan mesin. Irisan bisa menjadi lebih tipis dan juga karakteristiknya identik karena penggunaan mesin potong ini. Untuk kelebihannya, jenis sel surya satu ini ini bisa disebut sebagai salah satu sel surya yang paling efisien digunakan. Hal ini disebabkan karena penampangnya dapat menyerap cahaya matahari dengan lebih efisien dibandingkan dengan bahan sel surya yang lainnya.



Gambar 2. 3 Panel Surya Monocrystalline (Www & Com, 2017)

Efisiensi konversi cahaya matahari menjadi listrik yang dimiliki oleh bahan sel surya ini adalah sekitar 15%. Jumlah ini merupakan salah satu jumlah yang cukup besar jika dibandingkan dengan bahan penyusun sel surya yang lain meski dengan ukuran penampang yang sama. Panel surya yang satu ini juga menjadi salah satu

yang paling banyak digunakan karena paling cocok untuk kebutuhan sehari-hari.

Kita bisa menggunakan berbagai peralatan listrik termasuk Pompa Submersible dengan panel surya ini. Sayangnya jenis solar panel yang satu ini akan membutuhkan cahaya yang sangat terang ketika beroperasi. Ia akan mengalami pengurangan efisiensi jika berada pada cuaca yang berawan dan mendung. Untuk ciri-ciri panel surya monocrystalline silicon ini memiliki warna hitam dan juga bentuk yang tipis.

2. Pollycristalline

Jenis solar panel selanjutnya yang bisa digunakan adalah polycrystalline silicon. Teknologi panel surya ini merupakan teknologi panel yang terbuat dari batang silikon yang kemudian dicairkan. Teknologi panel ini memiliki kelebihan dari segi susunannya yang lebih rapi dan lebih rapat. Untuk cirinya, biasanya solar panel ini memiliki penampilan yang unik karena terkesan seperti ada retakan-retakan di dalam sel surya yang dimilikinya. Teknologi panel surya yang satu ini juga memiliki kekurangan yang cukup mirip dengan monocrystalline silicon yang telah disebutkan sebelumnya. Panel surya polycrystalline memiliki kekurangan ketika digunakan pada daerah yang rawan dan sering mendung. Ketika diletakkan atau digunakan pada area seperti ini, maka efisiensi yang dimilikinya akan turun. Jika dibandingkan dengan efisiensi monocrystalline, polikristalin silikon ini memiliki efisiensi yang lebih rendah. Oleh karena itu untuk menghasilkan tenaga listrik dengan jumlah yang sama, jenis panel tenaga surya yang satu ini akan diperlukan penampang yang lebih besar.



Gambar 2. 4 Panel Surya Polycrystalline (Www & Com, 2017)

2.6. Solar Charge Controller

Solar charge controller adalah salah satu komponen penting untuk membuat sebuah PLTS dimana komponen ini untuk menstabilkan masuknya tegangan output dari panel surya ke baterai. *Solar charge controller* akan mengisi baterai sampai tegangan yang sudah ditentukan, kemudian apabila tegangan itu drop maka *solar charge controller* bekerja untuk mengisi baterai kembali kemudian komponen tersebut juga dapat mengatur arus dari baterai agar tidak terjadinya *discharge* dan *overvoltage* serta memonitoring temperatur baterai jika sudah terlalu panas akan otomatis mematikan pengecasan.

Pengontrol surya menggunakan teknologi modulasi lebar pulsa (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan melepaskan arus dari baterai ke beban. Beberapa fungsi pengontrol surya (SCC) yaitu:

- a.** Mengatur arus untuk pengisian baterai dari panel surya.
- b.** Menghindari overcharging.
- c.** Menghindari dari overvoltage.
- d.** Monitoring kondisi baterai.

Jenis SCC yang digunakan saat ini ada dua, yaitu jenis *pulse width modulation* (PWM) dan jenis *maximum power point tracking* (MPPT). Kedua jenis SCC tersebut menggunakan teknologi yang berbeda. Oleh karena itu, kedua jenis tersebut memiliki keunggulannya masing-masing

Dari segi kualitas pengisian baterai, MPPT SCC memiliki keunggulan. Jenis MPPT dapat memaksimalkan koefisien pengisian daya baterai. Ini karena MPPT sendiri memiliki kemampuan untuk mendeteksi daya yang dihasilkan oleh panel surya. Oleh karena itu, meskipun daya yang dihasilkan oleh panel surya relatif kecil, tetap dapat digunakan untuk mengisi daya baterai. Berbeda dengan tipe PWM, tegangan operasi PWM hanya dapat mengatur tegangan operasi baterai. Jika tegangan yang dihasilkan oleh panel surya lebih rendah dari tegangan operasi baterai, sistem panel surya tidak dapat mengisi baterai secara otomatis. Oleh karena itu, tidak disarankan untuk menggunakan tipe PWM untuk sistem dengan kapasitas panel surya melebihi 200 Wp.

Sistem PLTS berkapasitas kecil (10-200 Wp) lebih cocok untuk SCC tipe PWM. Ini karena tipe PWM beroperasi pada tegangan konstan terlepas dari kapasitas larik. Dibandingkan dengan tipe MPPT, efisiensi kerjanya lebih rendah pada sistem berdaya rendah, tentunya tipe PWM lebih ekonomis dari pada MPPT dari segi harga. Untuk sistem *off-grid*, SCC tipe PWM atau MPPT dapat digunakan, tetapi untuk kapasitas di atas 200 Wp, tipe MPPT paling baik. Karena MPPT tidak hanya bergantung pada total kapasitas produksi, tetapi juga pada tegangan dan arus yang dihasilkan. Sedangkan untuk kapasitas di bawah 200 Wp disarankan menggunakan PWM tipe SCC.



Gambar 2. 5 Solar Charge Controller (Teknika et al., 2020)

2.7. Baterai

Baterai merupakan salah satu komponen utama dalam PLTS, dan fungsinya untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan dari panel surya sehingga dapat digunakan untuk memberikan beban pada saat dibutuhkan. Setiap baterai memiliki terminal positif (katoda) dan terminal negatif (anoda) serta elektrolit yang berfungsi sebagai konduktor. Baterai atau aki 12Volt yang digunakan dalam merancang sebuah PLTS mempunyai kegunaan untuk menyimpan energi listrik melalui proses dari panel surya, ketika dalam pengisian baterai sudah full maka *solar charge controller* secara otomatis memberhentikan pengisian. Baterai yang sudah terisi dapat menghidupkan alat-alat elektronik dengan mengubah tegangannya dari DC 12Volt ke AC 220 Volt dengan menggunakan sebuah inverter.



Gambar 2. 6 Baterai(Us, n.d.)

2.7.1. Fungsi Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan modul surya pada saat adanya cahaya matahari dan akan mengeluarkan energi listrik saat modul surya tidak dapat menghasilkan energi listrik. Pada kondisi normal baterai digunakan hanya saat malam hari atau ketika tidak ada cahaya matahari. Namun, apabila pada siang hari modul surya tidak mampu memenuhi kebutuhan beban maka baterai akan membantu memenuhi kebutuhan beban. Sifat baterai adalah menyimpan dan mengeluarkan energi pada proses reaksi kimia. Pengeluaran energi ini nantinya akan dipulihkan saat pengisian dari modul surya. Secara ringkas ada dua tujuan penting baterai pada sistem PLTS yaitu:

1. Untuk menyalurkan energi kepada PLTS ketika energi tidak disediakan oleh modul surya
2. Untuk menyimpan energi kelebihan energi modul surya

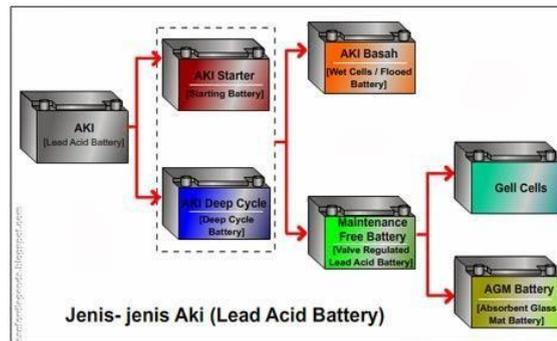
Apabila tidak ada cahaya matahari maka sistem akan kehabisan arus dan tegangan menurun ketitik terendah dan tidak bisa memenuhi kebutuhan energi. Jika baterai tidak menyimpan cukup energi untuk memenuhi kebutuhan pada periode tidak ada cahaya matahari maka sistem akan kehabisan energi. Salah satu cara untuk menghindari hal tersebut adalah dengan melakukan perkiraan jumlah hari dimana sistem beroperasi secara mandiri sampai dengan 4 hari untuk menjamin pengisian dan pengeluaran baterai berjalan baik. Untuk *State of charge* (SOC) baterai diukur berdasarkan tegangan sebenarnya dari baterai. Batas pengosongan dari baterai disebut *depth of discharge* (DOD) yang dinyatakan dalam satuan persen. Suatu baterai memiliki DOD 80%, ini berarti bahwa hanya 80% dari energi yang ada dapat digunakan sedangkan 20% menjadi cadangan. Semakin dalam DOD yang diberlakukan pada suatu baterai maka semakin pendek pula siklus baterai tersebut.

2.7.2. Jenis Baterai

Baterai terbentuk dari sekelompok elemen atau sel yang tersusun seri. Secara umum ada dua jenis baterai yang digunakan pada PLTS yaitu lead acid battery (AKI) dan *nickel cadmium battery*. Kedua baterai tersebut memiliki komponen yang hampir sama, yang membedakannya hanya jenis elektroda yang dipakai dan jenis elektrolit yang digunakan untuk membangkitkan reaksi elektro kimia. *Lead acid battery* menggunakan lempengan yang terbuat dari lead dan elektrolitnya menggunakan H₂SO₄ (asam sulfur) yang sama seperti pada ACCU serta memiliki

efisiensi 80%. Sedangkan jenis *nickel cadmium battery* menggunakan cadmium sebagai elektroda negatif dan nikel sebagai elektroda positif sedangkan elektrolitnya menggunakan potassium hidroksida dan memiliki efisiensi 70%.

Berdasarkan bentuk struktur, baterai dibedakan menjadi *starting battery* dan *deep cycle battery* seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 7 Jenis-jenis Baterai(Sendiri, 2013)

1. *Starting Battery*

Starting battery adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang dapat berbalik dengan efisiensinya yang tinggi. Maksud dari proses reversibel (dapat berbalik) adalah didalam baterai berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik begitu pula sebaliknya dari tenaga listrik ke kimia. Kontruksi starting battery didalam wadahnya terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat tersebut terbuat dari timah, karena itu baterai tipe ini sering disebut baterai timah. Ruangannya didalam dibagi menjadi beberapa sel dan masing-masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam didalam elektrolit.

Sedangkan tegangan accu ditentukan oleh jumlah pada sel baterai, dimana satu sel baterai dapat menghasilkan tegangan 2 sampai 2,1 Volt. Tegangan listrik yang terbentuk sama dengan jumlah tegangan listrik tiap sel. Biasanya tiap sel baterai ditandai dengan adanya satu lubang pada kotak accu bagian atas untuk mengisi elektrolit aki. Setiap sel terdiri dari beberapa plat positif dan negatif yang dipisahkan separator dengan tujuan tidak terjadi hubungan langsung (hubungan singkat). Selain itu dalam setiap sel baterai jumlah plat negatif lebih satu buah dibanding plat positif. Kotak baterai adalah wadah yang menampung elektrolit dan elemen baterai yang mana ruangannya didalam dibagi sesuai dengan jumlah selnya. Pada kotak baterai terdapat garis tanda *upper level* dan *lower level*, sebagai indikator jumlah elektrolit.

2. *Deep Cycle Battery*

Deep cycle battery dirancang untuk menghasilkan arus yang stabil tidak sebesar *starting battery* namun dalam waktu lama. Baterai jenis ini tahan dengan siklus pengisian pengosongan baterai yang berulang-ulang dan karena konstruksinya menggunakan plat yang lebih tebal sehingga memungkinkan melepaskan energi dalam selang waktu yang panjang. Namun *deep cycle battery* tidak dapat melepaskan energi listrik secepat dan sebesar *starting battery*. Semakin tebal plat baterai maka semakin panjang pula usia baterainya sehingga baterai jenis ini banyak digunakan pada proyek energi alternatif untuk menyimpan arus listrik. Umumnya baterai jenis ini digunakan pada PLTS dan PLTB. *Deep cycle battery* memiliki beberapa jenis yaitu *valve regulated lead acid battery (VRLA)*, *Gel Cell Battery* dan *Absorbent Glass Mat Battery*.

a. *Valve Regulated Lead Acid Battery (VRLA)*

Baterai VRLA merupakan baterai yang tertutup rapat dan dilengkapi dengan sebuah valve atau katup, yang akan terbuka apabila tekanan gas hasil elektrolisis air melebihi suatu nilai tekanan tertentu untuk melepas gas keluar dari kotak. Kotak baterai VRLA tidak memiliki penutup sel dan bekerja pada tekanan konstan 1-4 psi. Tekanan ini membantu mengembalikan 99% hidrogen dan oksigen yang terbentuk dari proses pengisian untuk kembali menjadi air. Oleh sebab itu jenis ini tidak memungkinkan dilakukan penambahan air. Jenis yang paling umum digunakan dari VRLA adalah Gel VRLA dan AGMVRLA.

b. *Gel Cell Battery*

Baterai jenis ini merupakan baterai VRLA dengan *elektrolit gelified* asam sulfat dicampur dengan silika, membuat massa yang dihasilkan menyerupai gel dan bisa bergerak. Berbeda dengan baterai sel basah timbal asam, baterai ini tidak perlu disimpan tetap tegak. Baterai gel mengurangi penguapan elektrolit, tidak tumpah dan tanpa korosi dengan resistensi yang lebih besar untuk shock dan vibrasi. Baterai Gel VRLA disebut baterai OpzV merupakan baterai konstruksi sel tunggal dengan tegangan nominal 2 Volt. Baterai ini dilengkapi dengan lempeng tubular positif. Grid positif yang dibuat oleh die casting teknik dengan tekanan 18 Mpa dan struktur silinder lebih kompak dan memberikan ketahanan terhadap korosi dan usia baterai bisa lebih dari 20 tahun.

c. *Absorbent Glass Mat Battery*

Bedanya dengan baterai VLA, baterai ini tidak memiliki ventilasi gas. Pada baterai AGM, elektrolit berada pada sebuah material glass mat, kemasan tertutup rapi sehingga tidak ada senyawa atau bahan yang dapat keluar masuk baterai. Oleh karena itu baterai ini tidak memerlukan perawatan lebih, tapi sekali baterainya terbuka maka isinya akan bocor. Kelebihan dari baterai ini adalah lebih fleksibel untuk penempatan dan pengiriman baterai, tidak perlu perawatan, memiliki ketahanan lebih pada discharge yang lebih tinggi, internal resistansi lebih kecil, self discharge lebih rendah dan kekurangannya rentan pada over charge, harga lebih mahal, tidak cocok pada tempat dengan temperatur tinggi dan umurnya lebih pendek.

2.8. Inverter

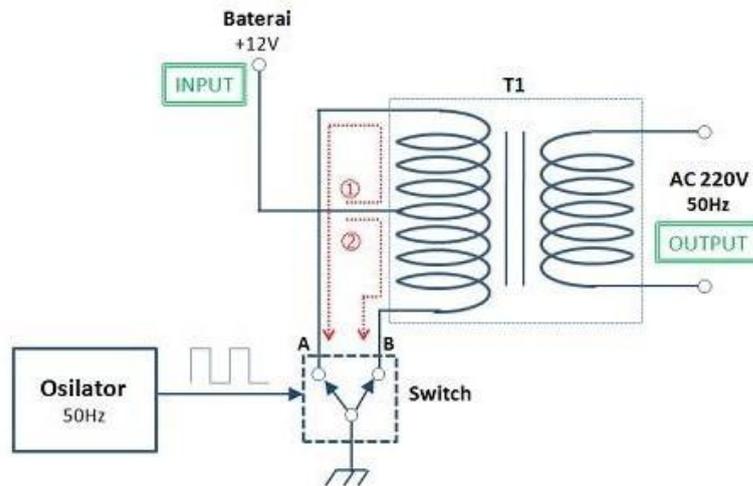
Inverter merupakan salah satu alat elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan besaran tegangan dan frekuensi yang dapat diatur. Output suatu inverter berupa tegangan AC dengan bentuk berupa gelombang kotak (*square wave*), gelombang sinus modifikasi (*sine wave modified*), gelombang sinusoidal (*pure sine wave*). Inverter menerima sumber tegangan DC sebagai tegangan masukan yang dapat diperoleh dari akumulator (aki), tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain, dengan proses penyaklaran dari komponen semikonduktor yang ada pada rangkaian inverter. Dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), inverter diperlukan untuk menyediakan sumber arus AC untuk perangkat listrik seperti lampu, televisi, pompa air, dan lain sebagainya. Dalam pembahasan tentang inverter disini hanya 2 jenis inverter yang akan dibahas yaitu *Inverter Modified Sine Wave* dan *Inverter Pure Sine Wave*.



Gambar 2. 8 Inverter (Sinduningrum et al., 2019)

2.8.1. Prinsip Kerja Inverter

Suatu Power Inverter yang dapat mengubah arus listrik DC ke arus listrik AC ini hanya terdiri dari rangkaian Osilator, rangkaian Saklar (*Switch*) dan sebuah Transformator (trafo) CT seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 9 Prinsip Kerja Inverter (Blog et al., 2017)

Sumber daya yang berupa arus listrik DC dengan tegangan rendah 12V diberikan ke Center Tap (CT) Sekunder Transformator sedangkan dua ujung Transformator lainnya (titik A dan titik B) dihubungkan melalui saklar (*switch*) dua arah ke ground rangkaian. Jika saklar terhubung pada titik A akan menyebabkan arus listrik jalur 1 mengalir dari terminal positif baterai ke Center Tap Primer Transformator yang kemudian mengalir ke titik A Transformator hingga ke ground melalui saklar. Pada saat saklar dipindahkan dari titik A ke titik B, arus listrik yang mengalir pada jalur 1 akan berhenti dan arus listrik jalur 2 akan mulai mengalir dari terminal positif baterai ke Center Tap *Primer Transformator* hingga ke ground melalui Saklar titik B. Titik A, B dan Jalur 1, 2 dapat dilihat pada gambar diatas.

Peralihan ON dan OFF atau A dan B pada Saklar (*Switch*) ini dikendalikan oleh sebuah rangkaian Osilator yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi 50Hz yaitu mengalihkan arus listrik dari titik A ke titik B dan titik B ke titik A dengan kecepatan 50 kali per detik. Dengan demikian, arus listrik DC yang mengalir di jalur 1 dan jalur 2 juga bergantian sebanyak 50 kali per detik juga sehingga ekuivalen dengan arus listrik AC yang berfrekuensi 50Hz. Sedangkan komponen utama yang digunakan sebagai *Switch* di rangkaian *Switch* Inverter tersebut pada umumnya adalah MOSFET ataupun Transistor.

Sekunder Transformator akan menghasilkan *Output* yang berupa tegangan

yang lebih tinggi (contohnya 120V atau 240V) tergantung pada jumlah lilitan pada kumparan sekunder Transformator atau rasio lilitan antara Primer dan Sekunder Transformator yang digunakan pada Inverter tersebut.

2.9. Perancangan dan Pemilihan komponen Pendukung

1. Mounting System

Mounting system pada komponen PLTS yang berfungsi untuk tempat meletakkan panel surya secara aman dengan mempertimbangkan arah matahari. *Mounting system* dapat diaplikasikan diberbagai tempat menyesuaikan dengan kebutuhan dan aplikasi PLTS.

- a. Penentuan lokasi instalasi PLTS Terpusat *Off-Grid System*
- b. Rancangan sistem dan konstruksi penyangga modul surya PLTS Terpusat *Off-Grid System*

2. Penangkal Petir

Penangkal petir sangat dibutuhkan pada setiap PLTS Terpusat *Off-Grid System*. Alat ini berfungsi mengamankan dari sambaran petir atau kejutan petir sebelum mengenai peralatan sistem yang dapat berakibat fatal. Rancangan sistem dan konstruksi yang digunakan dalam penelitian ini menyesuaikan dengan rancangan penangkal petir PLTS Terpusat *Off-Grid System* yang dirancang pada modul rancangan teknis PLTS Terpusat *Off-Grid System* oleh kementrian ESDM.

2.9.1. Aspek Teknis

1. Menentukan Produksi Energi dari PLTS

Dalam merancang sistem PLTS penting untuk dapat memperkirakan hasil energi dari sistem itu. Untuk menghitung nilai produksi energi listrik PLTS Terpusat *Off-Grid System* ditahun pertama diperoleh dari persamaan berikut:

$$Produksi\ Energi = Radiasi \times Jumlahhari\ pada\ setiap\ bulan \times P_{Array} (Total) \times Efisiensi.....(2.4)$$

Persamaan tersebut juga dapat menghitung total nilai produksi energi listrik PLTS Terpusat *Off-Grid System* selama umur proyek dengan mengganti jumlah hari selama umur proyek.

2. Rasio Peforma

Rasio performa daapat menunjukkan total rugi pada PLTS terpusat *Off-Grid System* saat mengkonversi listrik DC menjadi listrik AC (Setiawan dkk, 2014). Rasio performa PLTS terpusat *Off-Grid System* pada penelitian ini didapatkan

dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$Rasio\ Peforma = \frac{Total\ Produksi\ Energi\ Listrik\ Bersih}{Produksi\ Energi\ Listrik\ Tanpa\ losses} \dots\dots\dots (2.5)$$

2.9.2. Aspek Ekonomi

1. Perhitungan Biaya Proyek

Perhitungan ini bertujuan untuk mngetahui biaya-biaya yang mungkin timbul dari pemanfaatan PLTS Terpusat *Off-Grid System*. Biaya-biaya ini meliputi biaya investasi, biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M) dan biaya siklus hidup (LCC). Tahap perhitungan biaya proyek PLTS Terpusat *Off-Grid System* adalah sebagai berikut.

2. Biaya Investasi Komponen

Biaya investasi ini meliputi biaya investasi photovoltaic array, solar charge controller, baterai, inverter dan pemilihan komponen pendukung (penangkal petir, panel distribusi, power cable and grounding, grounding sistem PV array dan remote monitoring system).

3. Biaya Investasi Penggantian Komponen

Biaya investasi ini meliputi biaya penggantian solar charge controller, baterai, inverter sesuai periode dari spesifikasi.

4. Biaya Investasi Lahan

Biaya investasi untuk lahan diperuntukkan bagi kegiatan penyiapan lahan tempat pemasangan PV *array*. Besarnya biaya investasi untuk penggunaan lahan, ditentukan dari luas area yang diperlukan untuk tempat pemasangan PV *array* dan harga lahan berdasarkan harga yang berlaku di daerah tersebut. Perhitungan biaya investasi untuk penggunaan lahan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan.

5. Biaya O&M PLTS Terpusat *Off-Grid System*

Biaya O&M pertahun untuk PLTS umumnya diperhitungkan sebesar 1-2% dari total biaya investasi awal (Lazou, 2000). Adapun besar biaya O&M per tahun untuk PLTS adalah sebagai berikut:

$$M = 1\% \times Total\ Biaya\ Instalasi \dots\dots\dots (2.6)$$

6. Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Biaya siklus hidup suatu sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu sistem, selama kehidupannya. Pada sistem PLTS, biaya siklus hidup (LCC)

ditentukan oleh nilai sekarang (PV) dan biaya total sistem PLTS yang terdiri dan biaya investasi awal, lahan, biaya jangka panjang untuk pemeliharaan dan operasional serta biaya penggantian komponen. Biaya siklus hidup (LCC) diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$LCC = C + M_{PW} + R_{PW} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

LCC = Lif Cycle Cost

C = Biaya investasi awal adalah biaya awal yang dikeluarkan untuk pembelian komponen-komponen PLTS.

Mpw = Biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan operasional selama n tahun atau selama umur proyek.

Rpw = Biaya nilai sekarang untuk biaya penggantian yang harus dikeluarkan selama umur proyek.

Nilai sekarang (PV) biaya Operasional dan pemeliharaan tahunan yang akan dikeluarkan selama umur proyek dengan jumlah pengeluaran yang tetap. Dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$M_{PW} = A + \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

Mpw = Nilai sekarang biaya tahunan selama umur proyek

A = Biaya Tahunan (%)

I = Tingkat diskonto (%)

n = Umur proyek

2.9.3. Analisis Biaya Energi

Biaya energi merupakan perbandingan antara biaya total per tahun dan sistem dengan energi yang dihasilkannya selama periode yang sama. Dilihat dari sisi ekonomi, biaya energi PLTS berbeda dan biaya energi untuk pembangkit konvensional. Hal ini karena biaya energi PLTS, dipengaruhi oleh biaya-biaya seperti:

1. Biaya awal (biaya modal) yang tinggi.
2. Tidak ada biaya untuk bahan bakar.
3. Biaya pemeliharaan dan operasional rendah.
4. Biaya penggantian rendah.

Perhitungan biaya energi suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan produksi energi tahunan PLTS. Faktor Pemulihan Modal (Capital Recovery Factor) adalah faktor yang dipergunakan untuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi serangkaian pembayaran atau biaya tahunan dengan jumlah yang sama. Faktor pemulihan modal diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$CRF = \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan :

- CRF = Faktor diskonto
- I = Tingkat diskontrol(%)
- N = Periode dalam tahun

Biaya energi PLTS dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{Produksi\ Energi}$$

- COE = Biaya energi (Rp/kWh)
- CRF = Faktor Pemulihan modal

2.10. Perhitungan Perencanaan Sistem Pembangkit Tenaga Surya off-grid

Dalam merencanakan pembangunan sebuah pembangkit listrik tenaga surya, maka perlu dihitung untuk komponen-komponen yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan beban yang ada. Sehingga dapat diketahui berapa jumlah komponen seperti modul surya, solar charge controller, inverter dan baterai yang akan digunakan(Oleh, 2020).

1. Modul Surya

- a. Jumlah Modul Surya

$$Jumlah\ Panel\ Surya = \frac{Kapasitas\ PLTS}{P_{npp}(Panel\ Surya)} \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan :

P_{npp} = Daya yang dihasilkan modul surya pada saat PSH (watt).

- b. Area Array Modul Surya

$$P = (N \times L_{modul} + (-1) \times C) \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan:

- L = Lebar area panel surya /string (m)
- W = Panjang area panel surya /string (m)

- Lmodul = Lebar panel surya (m)
- Wmodul = Panjang panel surya (m)
- N = Jumlah panel surya (rangkaian seri)
- R = Jumlah baris (jumlah rangkaian paralel /string)
- C = Jarak antar masing-masing modul (C=0.02)

Sehingga untuk menghitung area total dari panel dikalikan dengan jumlah string dan jarak per masing-masing string. Jarak masing-masing string dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$d = L \left[\frac{\sin \alpha}{\tan \beta} \right] \cos \alpha \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

- L = Panjang modul surya (m)
- α = sudut kemiringan modul
- β = 66.56 – garis lintang

c. Jumlah Rangkaian Panel Surya

Untuk mengetahui jumlah panel yang dirangkai secara seri maupun paralel dapat menggunakan persamaan berikut:

- Rangkaian Panel Arus

$$\text{Min. Modul Seri per String} = \frac{V_{dc \min}}{V_{oc}} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\text{Max. Modul Seri per String} = \frac{V_{dc \max}}{V_{mpp}} \dots\dots\dots(2.15)$$

- Rangkaian Paralel

$$\text{Min. Modul Seri per String} = \frac{I_{dc \min}}{V_{sc}} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\text{Max. Modul Seri per String} = \frac{I_{dc \max}}{I_{mpp}} \dots\dots\dots(2.17)$$

- Jumlah per String

$$\text{Jumlah String} = \text{Jumlah Seri} \times \text{Jumlah} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan:

- Vdc min = Tegangan minimum DC
- Vdc max = Tegangan maksimum DC
- Idc min = Arus minimum DC
- Idc max = Arus maksimum DC
- Voc = Tegangan open circuit modul surya
- Vmpp = Tegangan mpp modul surya

- Isc = Arus open circuit modul surya
- Impp = Arus mpp modul surya

2. Solar Charge Controller

Jumlah solar charge controller yang digunakan harus memperhitungkan tegangan kerja dan arus pada modul surya yang digunakan. Setelah itu, dapat ditentukan berapa jumlah solar charge controller yang akan digunakan.

a. Jumlah Solar Charge Controller

$$\text{Jumlah SCC} = \frac{\text{Kapasitas PLTS}}{P_{\max DC SCC}} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan:

Pmax DC SCC = Daya DC maksimum pada SCC (watt)

3. Inverter

Inverter memiliki tingkat efisiensi yang berbeda-beda tergantung dari rangkaian dan inverter itu sendiri. Efisiensi inverter tidak mencapai 100% karena dipengaruhi rugi-rugi pada beberapa faktor, seperti losses pada kabel dan losses pada konsumsi sendiri (*self-consumption inverter*). Untuk mengetahui tingkat efisiensi inverter dapat menggunakan rumus berikut :

$$\text{Efisiensi Inverter} = \frac{P_{ac}}{P_{mppt}} \times 100 \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan:

Pmppt = Daya *Maximum Power Point Tracker* panel

Dalam perencanaan ini akan digunakan sistem inverter yang sesuai dengan rancangan yang sudah ada, yaitu *central inverter system*. Dimana inverter akan berada di *power house* untuk selanjutnya dapat menyalurkan energi listrik ke rumah-rumah warga sekitar.

4. Baterai

Besarnya kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan beban harian dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{N \times E_d}{V_s \times DOD \times \eta} \times 100 \dots\dots\dots (2.21)$$

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian



Gambar 3. 1 Tempat Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini ada langkah-langkah yang diambil oleh peneliti untuk mengumpulkan data-data dan informasi berdasarkan judul dan analisa secara ilmiah adalah sebagai berikut:

3.1.1. Tempat Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dilakukan di Perumahan kampung pinggir laut yang berada di Kecamatan Bangko, Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau.

3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan sejak tanggal 20 agustus 2022 selama lebih kurang 6 bulan. Adapun jadwal pelaksanaan penelitian terlihat pada tabel dibawah ini.

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Panel Surya : Sebagai penyuplai daya pada komplek perumahan Kampung Pinggir Laut.
2. Solar Charger Controler : Sebagai pengontrol pengisian baterai.
3. Baterai : Sebagai penyimpan daya yang dihasilkan panel Surya.
4. Inverter : Sebagai pengubah arus DC ke arus AC.

3.3. Metode pengumpulan Data

Sebelum melakukan penelitian kelayakan untuk melakukan perancangan PLTS di perumahan kampung pinggir laut perlu dilakukan beberapa hal diantaranya studi literatur untuk mencari informasi tentang teori yang sudah diterapkan di nasional maupun internasional dan rumus, guna mendapatkan data teknis yang dibutuhkan untuk perancangan. Selain itu, dilakukan survei lapangan untuk mendapatkan data yang akan digunakan dalam perhitungan perencanaan. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan karena penelitian ini digunakan untuk mencari solusi dari penggunaan energi alternatif dan hasilnya dapat diterapkan secara langsung.

3.3.1. Pemakaian Daya Sehari/konsumsi Listrik

Lama waktu pemakaian listrik dapat dikatakan sebagai konsumsi energi yang kita gunakan untuk memenuhi kebutuhan. Konsumsi energi listrik adalah besarnya energi listrik yang digunakan lama waktu tertentu. Konsumsi energi listrik merupakan perkalian daya dan waktu pemakaian listrik (operasi). Selama ini kita mengira bahwa watt yang kecil maka akan menghemat biaya listrik, padahal belum tentu, karena faktor yang menentukan jumlah listrik yang terpakai adalah pemakaian listrik dalam waktu jadi bukan dari watt nya. Pemakaian listrik pada suatu beban ditentukan oleh daya listrik suatu peralatan dan berapa lama alat tersebut dioperasikan. Semakin lama waktu alat elektronik beroperasi maka energi yang dikonsumsi pun akan semakin besar. Berikut persamaannya:

$$W = P \times t$$

Keterangan :

W = Energi Listrik (Joule)

P = Daya Listrik (watt)

t = Satuan Waktu (Hour)

3.3.2. Teknik Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data yang sesuai dengan permasalahan dari penelitian ini, penulis menggunakan metode sebagai berikut:

a. Metode Dokumentasi

Metode dokumentasi merupakan rekaman kejadian masa lalu yang ditulis atau dicetak, dapat berupa catatan anekdot, buku harian dan dokumen-dokumen. Didalam melaksanakan metode ini, peneliti mempelajari dokumen-dokumen yang

ada.

b. Metode Observasi

Metode observasi merupakan teknik untuk melakukan peninjauan dan pemantauan dari suatu objek dengan menggunakan seluruh alat indera. Metode ini digunakan untuk mengetahui situasi, luas lahan yang akan digunakan serta arah bayangan yang terbentuk saat adanya matahari.

c. Metode Wawancara

Metode wawancara merupakan suatu teknik pengamatan dalam penelitian dengan menggunakan pertanyaan kepada terwawancara.

3.4. Analisis Data

3.4.1. Menghitung Kebutuhan Komponen

1. Jumlah Panel Surya

Daya (*wattpeak*) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi, diperhitungkan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut :

a. Menghitung Area Array (PV Area)

Area Array (PV Area) diperhitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$PV\ Area = \frac{E_L}{G_{av} \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{out}} [m^2] \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

EL = Energi yang dibangkitkan [kWh/hari]

PV Area = Luas permukaan panel surya [m²]

Gav = Intensitas matahari harian [kW/m²/hari]

TCF = Temperature coeffesient factor [%]

ηpv = Efisiensi panel surya [%]

ηout = Efisiensi keluaran [%] asumsi 0,9

b. Menghitung daya yang dibangkitkan PLTS (watt Peak)

Dari perhitungan array, maka besar daya yang dibangkitkan (*watt peak*) dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{wattpeak} = PV\ Area \times PSI \times \eta_{PV} [watt] \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

PV Area = Luas permukaan Panel surya [m²]

PSI = Peak solar insolation adalah 1.000 W/m²

η_{pv} = Efisiensi panel surya [%]:

selanjutnya berdasarkan besar daya yang akan dibangkitkan (wattpeak), maka jumlah panel surya yang diperlukan diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{P_{wattpeak}}{P_{MPP}} [\text{unit}] \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

$P_{wattpeak}$ = Daya yang dibagikan [W_p]

P_{mpp} = Daya maksimum keluaran panel surya [watt]

2. Kapasitas Charge Controller

Kapasitas charger controller ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\text{Demand watt} \times \text{safety factor}}{\text{system foltage}} [\text{ampere}] \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana safety factor (factor keamanan ditentukan sebesar 1,25

3. Kapasitas Baterai

Besar kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi konsumsi energi harian dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{N \times E_d}{V_s \times DOD \times \eta} [Ah] \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

C = Kapasitas baterai [Ampere hour]

N = Jumlah hari otonomi [hari]

E_d = Konsumsi energi harian [kWh]

V_s = Tegangan baterai [Volt]

DOD = Kedalaman maksimum untuk pengosongan baterai [%]

η = Efisiensi baterai x efisiensi inverter

4. Kapasitas Inverter

Kapasitas inverter dilakukan dengan rumus :

$$\text{Cap.inv} = \text{Demand watt} \times \text{Saft factor} [\text{watt}] \dots\dots\dots (2.27)$$

3.4.2. Menghitung Kebutuhan Aspek Biaya

1. Biaya siklus hidup(Life Cycle Cost)

Biaya siklus hidup suatu suatu adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu

system, selama kehidupannya. Pada system PLTS, biaya siklus hidup (LCC) ditentukan oleh nilai sekarang dari biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal, biaya jangka Panjang untuk pemeliharaan dan operasional serta biaya penggantian baterai.

A. Biaya Investasi PLTS

Biaya investasi awal PLTS terpusat perumahan Kampung Pinggir Laut mencakup biaya biaya seperti : Biaya umum, biaya pekerjaan mekanikal dan elektrik, dan pekerjaan sipil. Biaya biaya tersebut merupakan nilai kontrak untuk pembangunan PLTS terpusat perumahan Kampung Pinggir Laut.

B. Biaya Pemeliharaan Dan Operasional

Adapun besar biaya pemeliharaan dan operasional (M) pertahun untuk PLTS yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut :

$$M = 1\% \times \times Total\ biaya\ investasi [Rp] \dots\dots\dots(2.28)$$

Biaya siklus hidup (LCC) diprhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$LCC = C + M_{PW} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

LCC =Biaya siklus hidup (*life cycle Cost*)

C =Biaya investasi awal adalah biaya awal yang dikeluarkan untuk pembelian komponen PLTS, biaya instalasi dan biaya lainnya misalnya biaya untuk rak penyangga.

MPW =Biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan operasioanal selama umur proyek

Nilai sekarang biaya tahunan yang akan dkeluarkan beberapa tahun mendatang (selama umur proyek), dengan jumlah pengeluaran yang tetap, diitung dengan rumus sebagai berikut :

$$M_{PW} = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana :

M_{pw} = Nilai sekarang biaya tahunan selama umur

proyek A = Biaya tahunan

i = Tingkat diskonto

n = Umur proyek

C. Faktor Diskonto

Faktor diskonto adalah faktor yang menerjemahkan keuntungan finansial yang diharapkan atau biaya pada suatu tahun dimasa yang akan datang kedalam nilai sekarang. Adapun rumus faktor diskonto adalah sebagai berikut :

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n} \dots \dots \dots (2.31)$$

Dimana :

DF = Faktor

diskonto i =

Tingkat Dskonto

n = Umur proyek

2. Biaya Energi (*Cost Of Energy*)

Perhitungan biaya energi suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus (LCC) faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan PLTS.

A. Faktor pemulihan modal

Faktor pemulihan modal diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots \dots \dots (2.32)$$

Dengan n adalah periode (umur) Proyek.

Menurut wengqiang dkk, (2004), perumusan biaya energi adalah sebagaiberikut:

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{AKWH} \dots \dots \dots (2.33)$$

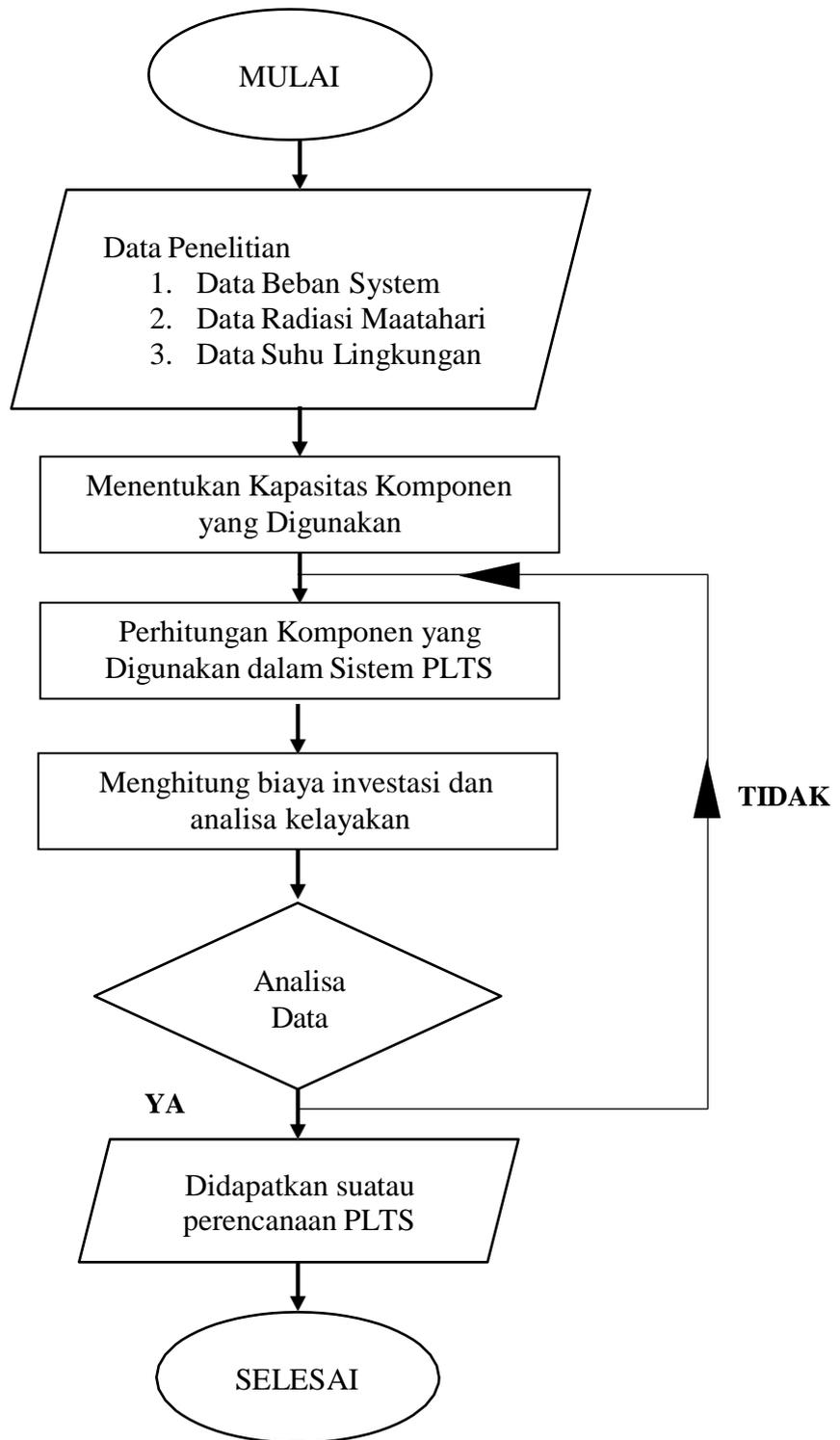
Dimana :

COE = *Cos of energy* / Biaya energi

(Rp/kWh)LCC = Biaya siklus hidup (Life cycle
Cost)

CRF = Faktor pemulihan modal, Berdasarkan pada
discount rate (i)AKWH = Energi yang dibangkitakan tahunan
(kWh/tahun).

3,5, Diagram Alir



Gambar 3. 2 Flow Chart

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Radiasi Matahari

Dalam penelitian untuk mengetahui tingkat radiasi matahari menggunakan aplikasi *Global solar Atlas*, sedangkan untuk mengetahui temperature sinar matahari menggunakan aplikasi *weather*. Data radiasi matahari serta data temperature dapat dilihat pada table 1 dan 2 berikut :

Tabel 1 Data Radiasi Matahari di desa kampung pinggir laut berdasarkan aplikasi Global Solar Atlas

Iradasi Normal Langsung	DNI	2.245 kWh/m ² perhari
Iradasi Normal Horizontal	GHI	4.512 kWh/m ² perhari
Iradasi Horizonral Menyebar	DIF	2.631 kWh/m ² perhari
Iradasi Miring Global Pada Sudat Optimal	GTI opta	4.549 kWh/m ² perhari
Kemiringan Modul PV yang optimal	OPTA	6°
Suhu Udara	TEMP	27°C

Tabel 2 Temperature suhu di desa kampung pinggir laut

No	Hari	Temperature minimum °C	Temperature maksimum °C
1	Senin	22	32
2	Selasa	23	31
3	Rabu	23	32
4	Kamis	23	28
5	Jumat	22	32
6	Sabtu	23	30
	Minimum	22	28
	Maksimum	23	32
	Rata-rata	23	31,5

Tabel 3 Beban pada perumahan desa kampung pinggir laut kecamatan bangko kabupaten rokan hilir

No	Ruangan	Daya(watt)	Total Nyala(jam)	Watt Hours
1	Lampu Teras	10	11	165
2	Lampu belakang	10	11	110
3	Lampu Ruang Keluarga	15	5	75
4	Lampu Dapur	15	5	75
5	Lampu Kamar Tidur 1	15	5	75
6	Lampu Kamar Tidur 2	15	5	75
7	Kipas Angin	20	4	80
8	Rice cooker	300	2	600
9	TV	50	5	250
	Total	450		1450

No	Fasilitas Umum	Daya(watt)	Total Nyala(jam)	Watt Hours
1	Penerangan Jalanan	15	12	180

Tabel 4 Kebutuhan Listrik Pada Perumahan

No	Jenis Beban	Jumlah	Total Daya Beban (Wh)
1	Perumahan	20x1450	= 29.000
2	Penerangan Jalan	10x180	= 1.800
			= 30.800

Untuk mengantisipasi penurunan kinerja komponen PLTS, Energi dicadangkan sebesar 30% dari total energi yang dibangkitkan. Demikian pula untuk mengantisipasi rugi-rugi system dan jaringan distribusi, rugi-rugi system dan JTR diasumsikan sebesar 30% dari energi total dan energi cadangan.

Tabel 5 Total Kebutuhan Beban

No	Kebutuhan Beban	Total Daya Beban (Wh)
1	Perumahan	29.000
2	Penerangan Jalan	1.800
	Total A	30.800
	Cadangan Energi = 30% x Total A	9.240
	Total B = Total A + Cadangan Energi	40.040
	Rugi-Rugi Sistem + JTR = 30% x Total B	12.012
	Jumlah Total = Total B + Rugi-Rugi Sistem	52.052

Berdasarkan hasil penjumlahan total kebutuhan beban PLTS sebesar 48.165 wh dengan mencakup kebutuhan beban perumahan. Dalam melakukan perhitungan kebutuhan komponen komponen yang akan digunakan diperlukan data iradiasi miring global pada sudut optimal panel surya di Perumahan resetlemen kampung baru dilakukan pengambilan data menggunakan aplikasi global solar atlas didapatkan nilai sebesar 4,549 kW/m2 perhari.

4.2. Menghitung Komponen PLTS

4.2.1. Menghitung area PV

Untuk mengetahui nilai dari perhitungan PV area peneliti menggunakan persamaan berikut

$$\begin{aligned}
 P_{\text{saat } t \text{ naik } 5,5 \text{ } ^\circ\text{C}} &= 0,5\% \times P_{MPP} \times \text{Kenaikam temperature } ^\circ\text{C} \\
 &= 0,5\% \times 200\text{w} \times 5,5 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 &= 5,5\text{W}
 \end{aligned}$$

Daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperature naik menjadi 30,5°C dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{saat } t \text{ naik } 30,5 \text{ } ^\circ\text{C}} &= 200\text{W} - 5,5\text{W} \\
 &= 194,5\text{W}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung TCF (Temperature Correction Factor) menggunakan persamaan

$$\text{TCF} = \frac{194,5\text{W}}{200} = 0,97$$

Efisiensi keluaran η_{out} ditentukan berdasarkan efisiensi komponen komponen yang dilengkapi PLTS. Nilai EL sebesar 52.052 Wh, diubah menjadi 52 kWh perhari, nilai G_{av} sebesar 4,549 Kw/m² perhari, nilai TCF sebesar 0,97, nilai η_{PV} sebesar 0,16 nilai η_{out} sebesar 0,95. Dihitung menggunakan persamaan

$$PV \text{ Area} = \frac{52}{4,549 \times 0,97 \times 0,16 \times 0,95} = 77,530 m^2$$

4.2.2. Menghitung Daya Yang Dibangkitkan PLTS

Dengan area array adalah 77,530m², nilai PSI sebesar W/m², untuk mencari besar daya yang dibangkitkan PLTS (*watt peak*) maka digunakan persamaan

$$\begin{aligned} P_{wattpeak} &= 77,530 \times 1000 \times 0,16 \\ &= 12.404 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapat hasil estimasi total kebutuhan energi harian perumahan kampung pinggir laut sebesar 30.800 kWh perhari dengan daya yang dibangkitkan sebesar 12.404 *wattpeak*.

4.2.3. Menghitung Jumlah Panel Surya

Panel surya yang digunakan sebagai acuan adalah panel surya yang terpasang pada PLTS. Panel surya memiliki spesifikasi PMPP sebesar 200Wp per panel, untuk menghitung panel surya menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel surya} &= \frac{12.404}{200} \\ &= 62,02 \text{ Unit} \end{aligned}$$

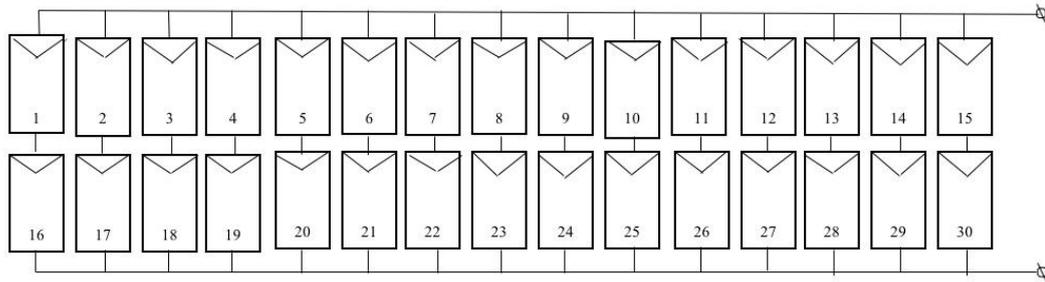
Dari perhitungan jumlah panel surya didapat 62,02 unit yang dibutuhkan, dan jumlah tersebut dibulatkan menjadi 64 unit. Panel surya yang digunakan yaitu *monocrystalline* dengan spesifikasi VMPP = 35,9v, IMPP = 5,57 A, dan PMPP = 200 Wp.

$$V_{mpp} \text{ adalah } 35,9 \text{ V} \times 2 = 71,8 \text{ V}$$

$$I_{mpp} \text{ adalah } 5,57 \text{ A} \times 15 = 83,55 \text{ A}$$

$$\text{Dan } P_{mpp} \text{ adalah } 71,8 \text{ V} \times 83,55 = 5.998,89$$

Panel surya yang dihubungkan secara seri 2 buah dan secara paralel 16 buah dengan diperoleh hasil akhir $V_{total} = 71,8 \text{ V}$, $I_{total} = 83,55$ dan $P_{total} = 6000W$. Pada PLTS terpusat desa kampung baru direncanakan terdapat 2 (dua) rangkaian array, sehingga total panel surya berjumlah 64 unit.



Gambar 4. 1 Konfiguasi : 2 seri, 16 paralel

4.2.4. Menghitung kapasitas Solar Charge Controller

Untuk melakukan perhitungan dalam menentukan kapasitas SCC digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$C_{scc} = \frac{6000 \times 1,25}{71,8}$$

$$= 104,45 \text{ A}$$

Dari hasil perhiyungan diatas didapat nilai SCC sebesar 104,45. Sehingga nilai SCC yang dibutuhkan 120 A.

4.2.5. Perhitungan Kapasitas Baterai

Pada penelitian ini menggunakan kapasitas dan jenis baterai yang memiliki tegangan kerj sebesar 12 V, 100 Ah, maksimum yang digunakan baterai sebesar 80% dan nilai efesiensi baterai sebesar 95%. Dalam menentukan tegangan system pada baterai ditentukan dengan spesifikasi ada pada inverter. Untuk menghitung kapasitas baterai menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$C = \frac{N \times E_d}{V_s \times DOD \times \eta}$$

$$= \frac{1 \times 52.052}{48 \times 0,8 \times 0,95}$$

$$= \frac{52.052}{36,48}$$

$$= 1.426 \text{ Ah}$$

Maka jumlah baterai yang dibutuhkan adalah jumlah baterai yang dihubungkan seri = 48/12 menjadi 4 buah, jumlah baterai yang dihubunhkan secara paralel = 1.426/100 menjadi 14,2 buah (dibulatkan menjadi 15 buah) sehingga jumlah batrei yang dibutuhkan = 14 x 4 = 60 buah.

4.2.6. Perhitungan kapasitas Inverter

Pada penelitian ini untuk mengetahui nilai kebutuhan inverter menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Capacity of inverter} &= \text{Demand watt} \times \text{Safety Factor [watt]} \\ &= 6000 \times 1,25 \text{ [watt]} \\ &= 7500 \text{ watt} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, Kapasitas inverter sebesar 7500 watt, sehingga pada PLTS terpusat desa kampung baru 2 x 7500 watt.

Berdasarkan perhitungan diatas, rekapitulasi spesifikasi dan kapasitas komponen PLTS terpusat didesa kampung baru ditunjukkan pada table

Tabel 6 spesifikasi komponen PLTS

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Panel Surya	Type : <i>monocrystalline</i> Pmax : 220 watt Vpm : 35,9 Volt Isc : 5.57 Ampere Powertolerance \pm 5% Efeciency : \geq 16% Maximum system voltage : 1000 V	64
2	Solar MPPT Control	Type : <i>powmr MPPT</i> Max charging current : 120 A MPPT Volt : 64-116 Vdc	2
3	Inverter	Type : <i>inverter 1 puresinewave</i> Input voltage : 48 Vdc Output Voltage : 220 Vac Frequency : 50 Hz	2
4	Baterai	Type : <i>lifepo4</i> Capacity : 100 Ah Voltage : 12 Volt	60

4.3. Anggaran Biaya Pembangunan PLTS

Setelah melakukan perhitungan kebutuhan komponen yang akan digunakan dalam pembangunan PLTS baik komponen utama seperti Panel surya, Coontroller, Inverter, Baterai maupun komponen penunjang seperti baut, box panel dan lainnya, Maka selanjutnya yaitu melakukan perhitungan rancangan anggaran biaya (RAB) untuk menunjang dalam proses pembangunan PLTS. Data lengkap dari komponen yang akan digunakan pada pembangunan PLTS dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 7 Rancangan anggaran Biaya PLTS

No	Nama Komponen	Jumlah	Harga (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Panel surya monocrystalyn e 200 Wp	64	2.400.000	153.600.000
2	Baterai 12 volt 100 Ah	56	1.900.000	114.000.000
3	Inverter 8000 Watt	2	13.400.000	26.800.000
4	Mppt 120 A	2	3.200.000	6.400.000
5	Kabel Nya 1,5 ml	4	335.000	1.340.000
6	Kabel Nya 2,5	40	197.000	7.880.000
7	Kabel NyAf 4 mm ²	12	312.000	3.744.000
8	MCB DC 30 A panel ke Scc	6	165.000	990.000
9	MCB ac inverter ke distribusi 40 A	2	70.000	140.000
10	Isolasi	40	10.000	400.000
11	Baut	200	500	100.000
12	Box Panel	2	300.000	600.000
	Total Harga			Rp.315.994.000

4.3.1. Biaya Pemeliharaan dan Operasional PLTS Terpusat

Adapun besar biaya pemeliharaan dan opsional (M) pertahun untuk PLTS yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M &= 1\% \times \text{Total biaya investasi} \\
 &= 1\% \times \text{Rp.315.994.000} \\
 &= \text{Rp.3.159.940/Tahun}
 \end{aligned}$$

4.3.2. Menghitung Biaya Siklus Hidup

PLTS terpusat desa kampung pinggir laut, diasumsikan beroperasi selama 25 tahun. Penetapan umur proyek ini mengacu kepada jaminan (garansi) yang dikeluarkan oleh produsen panel surya. Besarnya tingkat diskonto (i) yang dipergunakan untuk menghitung nilai sekarang pada penelitian ini adalah sebesar 4,25%. Besar nilai sekarang (*present value*) untuk biaya pemeliharaan dan

operasional (Mpw) PLTS terpusat desa kampung pinggir laut selama proyek 25 tahun dengan tingkat diskonto 4,25% adalah :

$$\begin{aligned}
 P &= M \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \\
 &= \text{Mpw}(4,25\%, 25) \\
 &= \text{Rp.}3.159.940 \left[\frac{(1+0,0425)^{25} - 1}{0,0425(1+0,0425)^{25}} \right] \\
 &= \text{Rp.}3.159.940 \left[\frac{1,8308}{0,1203} \right] \\
 &= \text{Rp.}3.159.940 \times 15,217 \\
 &= \text{Rp.}48.084.806
 \end{aligned}$$

Biaya siklus hidup (LCC) untuk PLTS terpusat desa kampung pinggir laut selama umur proyek 25 tahun adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{LCC} &= C + \text{Mpw} \\
 &= \text{Rp.}315.994.000 + \text{Rp.}48.084.806 \\
 &= \text{Rp.}364.078.806
 \end{aligned}$$

4.3.3. Menghitung Biaya Energi PLTS

Faktor pemulihan modal unntuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi serangkaian biaya tahunan, diperhitungkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{CRF} &= \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \\
 &= \frac{0,0425(1+0,0425)^{25}}{(1+0,0425)^{25} - 1} \\
 &= \frac{0,1203}{1,8303} \\
 &= 0,0657
 \end{aligned}$$

Estimasi kebutuhan energi listrik desa kampung baru sebesar 52.052 kWh per hari, sehingga pemakaian energi tahunan PLTS terpusat kampung baru diperhitungkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{AKWH} &= \text{kWh harian} \times 365 [\text{kWh}] \\
 &= 52,052 \times 365 [\text{kWh}] \\
 &= 18,998 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Besar biaya energi (COE) untuk PLTS terpusat seda kampung pinggir laut sebagai berikut :

$$\text{COE} = \frac{\text{LCC} \times \text{CRF}}{\text{AKWH}}$$

$$= \frac{Rp.364.078.806 \times 0,0657}{18.998}$$
$$= Rp.1.259,07$$

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan PLTS terpusat (*off grid*) di kampung pinggir laut, kecamatan Bangko, kabupaten Rokan Hilir, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil dari perencanaan ini yaitu melakukan studi literatur digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian, studi lapangan untuk mengetahui lokasi penelitian, kemudian dilanjutkan dengan menghitung kebutuhan fasilitas umum, serta menghitung rencana anggaran biaya yang akan digunakan dengan total biaya Rp. 298.794.000 dari total kebutuhan energi listrik sebesar 48.165 Wh.
2. Pada PLTS terpusat kampung pinggir laut direncanakan terdapat 2 (dua) rangkaian *array* sehingga total panel yang dibutuhkan sebesar 60 unit.
3. Dalam pemilihan komponen pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) agar dapat memperhatikan harga masing masing komponen dengan harga yang lebih murah namun tetap memperhatikan kualitas, sehingga total biaya investasi dan biaya operasional penggantian baterai dapat lebih murah.
4. Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan dikampung pinggir laut, kecamatan bangko, kabupaten rokan hilir dikatakan layak dibangun PLTS *off grid*, karena data survei memiliki intensitas cahaya matahari yang cukup baik untuk kampung pinggir laut yang minim listrik dari PLN.

5.2. Saran

Dari penelitian yang sudah dilakukan, ada beberapa saran yang ingin disampaikan sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan manajemen beban berdasarkan standar yang ada agar biaya perencanaan lebih rendah.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan Analisa sosial tentang pengelolaan, dan perawatan PLTS terpusat *off grid* untuk masyarakat.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan studi kelayakan jika ingin melanjutkan penelitian ini pada tahap pembangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Analysis, C., & Power, O. F. P. (2019). *JURUSAN TEKNIK ELEKTRO INSTITUT SAINS & TEKNOLOGIAKPRIND*.
- Blog, A., Posts, P., & Post, M. R. (2017). *Pengertian dan Prinsip Kerja Power Inverter Prinsip Kerja Inverter*. 1–5.
- Cell, D. S., & Pju, L. (2011). *Pusat Listrik Tenaga surya*. 20–22. <https://tenagamatahari.wordpress.com/beranda/konsep-kerja-sistem-plts/>
- Chandra, Y. (2016). Analisis Ekonomi Energi Perencanaan Pembangunan PLTS (Studi Kasus Gedung Kuliah Politeknik Negeri Ketapang). *Elkha*, 8(1), 25–31. <https://doi.org/10.26418/elkha.v8i1.17617>
- Daryanto. (2013). *Teknik Listrik Lanjutan*. 1–11.
- Oleh, D. (2020). *Disusun oleh :*
- Rafli, R., Ilham, J., & Salim, S. (2022). Perencanaan dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop pada Gedung Fakultas Teknik UNG. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(1), 8–15. <https://doi.org/10.37905/jjee.v4i1.10790>
- Rahman, R. (2021). Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Offgrid Untuk Rumah Tinggal Di Kota Banjarbaru. *Jurnal EEICT (Electric, Electronic, Instrumentation, Control, Telecommunication)*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.31602/eeict.v4i1.4540>
- Sari, D. P., Kurniasih, N., & Yogianto, A. (2018). Kajian Perencanaan Plts Terhubung Ke Grid Untuk Melayani Suplai Daya Listrik Di Menara Stt - Pln. *Sutet*, 8(1), 13–20.
- Sendiri, B. (2013). *Lead-Acid Battery: Mengenal jenis-jenis aki*. 1–4.
- Sinduningrum, E., Studi, P., Elektro, T., & Teknik, F. (2019). *PENERAPAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA E-75*. 4(2502). <https://doi.org/10.22236/teknoka.v>
- Solar, T., & Array, P. (n.d.). *Like us on : Find Us On Facebook Photovoltaic Array The Solar Photovoltaic Array The Electrical Characteristics of a Photovoltaic Array*. 4–9.
- Teguh Priyono, Kho Hie Khwee, Y. (2019). Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Peternakan Ayam Pedaging (Broiler) Di Gang Karya Tani

Pontianak Selatan. *Universitas Tanjung Pura Pontianak*.

Teknika, S., Gunoto, P., Sofyan, S., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., Kepulauan, U. R., Surya, P., & Listrik, D. (2020). *PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 100 Wp UNTUK PENERANGAN LAMPU DI RUANG SELASAR*. 3(2), 96–106.

Us, A. (n.d.). *12V Lead Acid Battery for UPS Backup Applications 15 years of design life Fast charging and low self-discharge rate High rate , can be used in standby applications SKU: HPS-BATTERIES-6GFMHR Categories : Batteries ([Https :// Www . Heliosps . Co . Nz / O. 668](https://www.heliosps.co.nz/o.668), 1–6.*

Www, H., & Com, S. (2017). *Perbedaan Panel Surya Monocrystalline dengan Polycrystalline*.

نوروزی, م. (1388). *Prinsip Kerja Plts*. 47–102.

Abit Duka, E. T., Setiawan, I. N., & Ibi Weking, A. (2018). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung. *Jurnal SPEKTRUM*, 5(2), 67. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p09>

Syahrial Yudistira, Syarifuddin Kasim, H. S. (2013). Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Terpusat Di Pulau Liukang Loe Desa Bira Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba Syahrial. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <http://eprints.unm.ac.id/id/eprint/19441>

Vember Restu Kossi. (2020). Perencanaan Plts Terpusat (Off-Grid) Di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).

<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/26401>

LAMPIRAN

Lembar Asistensi

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Biaya Perencanaan Kelayakan PLTS Terpusat (off grid) Pada Perumahan Kampung Pinggir Laut Kabupaten Rokan Hilir

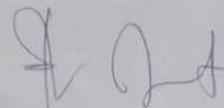
Nama : Danil Akbar

NPM : 1807220081

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	07-01-2023	Perbaiki Margin	#
2	14-01-2023	Tambah Rumus	#
3	26-01-2023	Penambahan Hasil	#
4	6-02-2023	Perbaikan Tabel	#
5	14-02-2023	Perbaiki Rumus	#
6	27-02-2023	Penambahan Kesimpulannya	#
7	13-03-2023	Saran	#

Ace Seminar Harit #

Dosen Pembimbing



Elvy sahnur Nasution, S.T, M.Pd

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

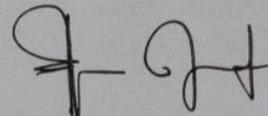
Judul : Analisis Biaya Pemecanaan Kelayakan PLTS Terpusat (off grid) Pada Perumahan
Kampung Pinggir Laut Kabupaten Rokan Hilir

Nama : Danil Akbar

NPM : 1807220081

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	10-04-2023	Perbaikan flowchart	
2	14-04-2023	Perbaikan tulisan	
3	3-05-2023	Melengkapi gambar	
4	10-05-2023	Perbaikan daftar pustaka	

Dosen Pembimbing



Elvy Sahnur Nasution, S.T.,M.Pd