

Kajian Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Budidaya Ikan

Mhd. Ilyasa Lubis¹, Dino Erivianto², Rahmaniari³

^{1,2,3,4}Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi
¹mhdilyasa15@unpab.ac.id, ²derivianto@gmail.com, ³rahmaniari@dosen.pancabudi.ac.id

Corresponding Author: Dino Erivianto

ABSTRACT

Sukaraya Village, Pancur Batu District, has great potential in the fisheries cultivation sector. Activities such as aeration and water pumping require reliable and efficient energy sources. Solar Power Plants (PLTS) are a sustainable solution that can overcome these obstacles, considering the abundant availability of sunlight in this area. This study aims to design an optimal PLTS system to support fish farming operations in Sukaraya Village. The design is carried out by considering the power needs of the fisheries system, the potential of solar energy, and the efficiency and reliability of the PLTS components. Based on the research results, the PLTS components consist of 15 pcs of 100 Wp polycrystalline solar panels, a 100 A solar charge controller, 4 12V 150Ah batteries, and an inverter capacity of 7000A. The results of calculations in the PLTS planning can distribute electricity with a load capacity of 5,760Wh. The results of the calculation of the overall cost required in the planning of a solar power plant for fish farming are Rp. 51,912,967

Keywords: Solar Power Generation, Fish Farming, Energy Optimization, Sustainability, Electrical Engineering

ABSTRAK

Desa Sukaraya, Kecamatan Pancur Batu, memiliki potensi besar dalam sektor budidaya perikanan. Kegiatan seperti aerasi, dan pemompaan air membutuhkan sumber energi yang handal dan efisien. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi solusi berkelanjutan yang dapat mengatasi kendala tersebut, mengingat ketersediaan sinar matahari yang melimpah di wilayah ini. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem PLTS yang optimal guna mendukung operasional budidaya ikan di Desa Sukaraya. Perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan daya sistem perikanan, potensi energi matahari, serta efisiensi dan keandalan komponen PLTS. Berdasarkan hasil penelitian, komponen PLTS terdiri dari panel surya sebesar 100 Wp sebanyak 15 pcs dengan jenis polycrystalline, Solar charge controller sebesar 100 A, kapasitas baterai sebesar 12V 150Ah Sebanyak 4 buah, dan kapasitas inverter sebesar 7000A. Hasil perhitungan dalam perencanaan PLTS dapat menyalurkan listrik dengan daya beban sebesar 5.760Wh. Hasil perhitungan keseluruhan biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga surya untuk budidaya ikan adalah Rp. 51.912.967

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Budidaya Ikan, Optimalisasi Energi, Keberlanjutan, Teknik Elektro

1. Pendahuluan

Pasokan energi kelistrikan saat ini masih ditopang sebagian besar oleh batu bara, dan bahan bakar minyak yang banyak mencemari lingkungan. Padahal, kebutuhan akan energi di era industri 4.0 adalah energi alternatif yang bersih, ramah lingkungan, dan terbarukan. Energi terbarukan menjadi target yang ingin dicapai Indonesia yang dijelaskan pada Peraturan Pemerintah No.79 Tahun 2014, dimana pada tahun 2050, diharapkan bisa mencapai 31%. Pemerintah memfokuskan pada penggunaan energi baru terbarukan didasarkan pada kelebihan-kelebihan energi baru dan terbarukan. Kelebihan energi baru dan terbarukan diantaranya adalah sumber relatif mudah didapat, dapat diperoleh gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu secara global, dan tidak terpengaruh dari kenaikan harga bahan bakar.

Matahari merupakan salah satu sumber energi baru terbarukan yang dapat dimaksimalkan dalam meningkatkan rasio elektrifikasi sebagai energi yang ramah lingkungan,



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

untuk mengurangi efek gas rumah kaca, sekaligus mendukung program nasional yang dicanangkan oleh pemerintah mengenai penyediaan energi dari sumber energi baru terbarukan. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi terbarukan dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Penerapan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk memanfaatkan potensi energi surya yang tersedia merupakan solusi yang tepat. Hal ini didukung karena Indonesia terletak didaerah tropis yang mana akan menerima sinar matahari yang akan terus berkesinambungan sepanjang tahun. Listrik juga merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan saat ini, baik kegiatan social, ekonomi, agama, sarana Pendidikan, bisnis dan berbagai bidang lainnya.

Indonesia memiliki potensi besar dalam budidaya ikan, data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan menyebutkan bahwa total produksi sektor perikanan Indonesia pada tahun 2023 mencapai 24,85 juta ton. Tren produksi budidaya perikanan Indonesia menunjukkan peningkatan dengan pertumbuhan sebesar 1,78% per tahun. Namun disektor budidaya ikan, listrik menjadi kebutuhan utama dalam sistem aerasi, sirkulasi air, dan penerangan tambak ikan, sehingga kebutuhan akan energi terbarukan seperti tenaga surya menjadi semakin relevan.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengkaji efektivitas dan kelayakan penggunaan sistem PLTS pada budidaya ikan, seperti Instalasi pompa air dari PLTS yang mendapatkan berbagai manfaat, antara lain mengurangi biaya produksi, meningkatkan produktivitas hasil budidaya, dan memberikan edukasi tentang teknologi yang sesuai bagi pengguna. Penelitian sebelumnya banyak berfokus pada penerapan PLTS dalam skala besar, namun belum banyak yang secara spesifik membahas desain dan perencanaan PLTS yang disesuaikan dengan kondisi geografis dan kebutuhan spesifik tambak ikan di desa-desa terpencil.

Dengan demikian penelitian ini berupaya untuk mengisi kesenjangan dengan memberikan kajian perencanaan pembangkit listrik tenaga surya untuk budidaya ikan dalam membantu sirkulasi air, dengan pendekatan perencanaan berbasis kebutuhan lokal di Desa Sukaraya dalam merancang sistem PLTS yang efektif dan efisien, serta mempertimbangkan faktor teknis seperti kapasitas panel surya, sistem penyimpanan energi, dan optimalisasi distribusi daya listrik.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sebuah teknologi yang mengkonversi energi sinar matahari menjadi listrik. Tenaga matahari/surya merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling populer dan berkelanjutan di dunia saat ini. Dengan memanfaatkan sinar matahari yang melimpah dan gratis, PLTS mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang terbatas dan membantu mengurangi emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim, PLTS menjadi solusi yang menjanjikan dalam mencapai keberlanjutan energi.

2.2 Jenis – jenis PLTS

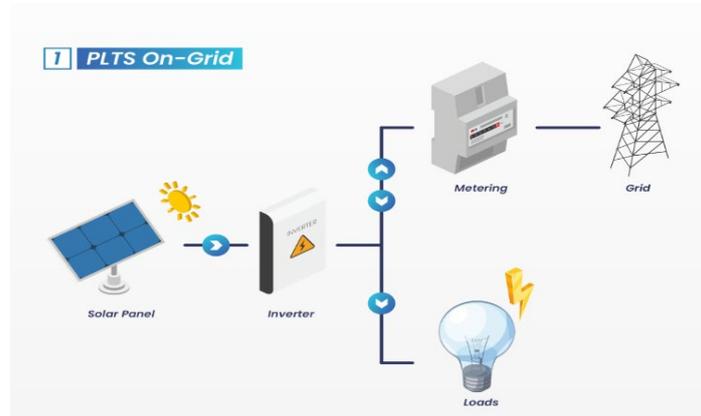
Berdasarkan umumnya sistem PLTS dapat dibagi berdasarkan sebagai berikut :

1. PLTS On-Grid

PLTS On-Grid adalah sistem tenaga surya yang terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN. Dalam sistem ini, energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya akan digunakan langsung untuk kebutuhan rumah atau industri, dan kelebihan energinya dapat dikirim ke jaringan PLN melalui skema Net Metering. Keunggulan utama dari sistem ini adalah biaya pemasangan yang lebih murah karena tidak memerlukan baterai sebagai penyimpanan daya. Namun, kekurangannya adalah sistem ini tidak dapat beroperasi saat listrik PLN padam,



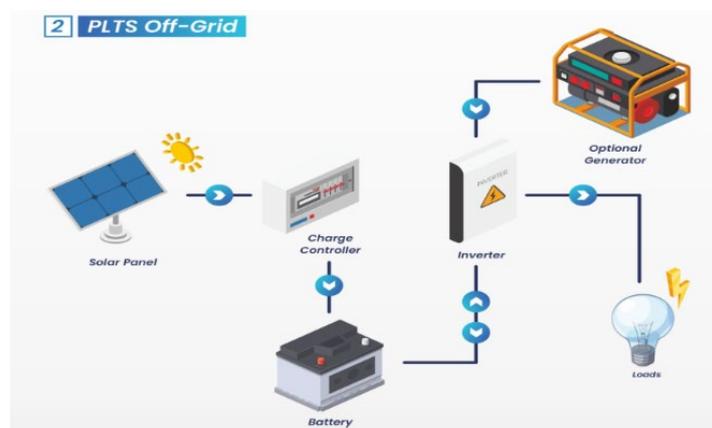
karena inverter membutuhkan referensi dari jaringan PLN untuk bekerja. Adapun gambar PLTS On Grid dapat dilihat pada gambar 1 di bawah.



Gambar 1. PLTS On Grid

2. PLTS Off-Grid

PLTS Off-Grid adalah sistem pembangkit listrik tenaga surya yang beroperasi secara mandiri tanpa terhubung ke jaringan PLN. Sistem ini menggunakan baterai sebagai tempat penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya, sehingga listrik tetap tersedia saat malam hari atau saat cuaca mendung. Sistem ini sangat cocok untuk daerah terpencil atau lokasi yang belum memiliki akses listrik dari PLN. Namun, karena memerlukan baterai dan sistem pengelolaan daya yang lebih kompleks, biaya awal pemasangan lebih tinggi dibandingkan sistem On-Grid. Adapun gambar PLTS Off Grid dapat dilihat pada gambar 2 di bawah.



Gambar 2. PLTS Off Grid

2.3 Komponen – Komponen PLTS

1. Panel Surya

Nama lain dari panel surya adalah photovoltaic. Photovoltaic merupakan elemen aktif (semikonduktor) yang memanfaatkan efek photovoltaic untuk mengubah energi surya menjadi listrik tanpa penggunaan dari bagian-bagian mekanis yang bergerak dan tanpa penggunaan bahan bakar. Daya keluaran panel surya sebanding dengan intensitas cahaya yang diserap, semakin tinggi intensitas radiasi matahari yang diserap maka semakin besar daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya.

Panel surya terdiri atas dua jenis yang biasanya terdapat di pasaran yaitu:

a. Tipe Poly Crystalline

Tipe Poly Crystalline merupakan tipe panel surya yang memiliki bahan dasar silicon kristal banyak. Tipe poly lebih sering digunakan karena harganya yang relatif murah, tetapi Tipe ini memiliki titik lemah yaitu nilai efisiensinya yang rendah sehingga membutuhkan lebih banyak panel surya untuk bisa menghasilkan energi listrik yang sama dengan tipe mono. Kelebihan dari tipe poly yaitu dapat menghasilkan energi listrik yang maksimal ketika kondisi cuaca berawan atau mendung.



Gambar 4. Panel Surya Poly Crystalline

b. Tipe Mono Crystalline

Tipe Mono Crystalline merupakan tipe sel surya yang bahan dasarnya terbuat dari silicon kristal tunggal. Tipe mono memiliki harga yang relatif lebih mahal. Kekurangan dari tipe mono ini yaitu tingkat efisiensinya turun apabila kondisi cuaca mendung atau berawan, hal ini berbanding terbalik dengan tipe poly. Kelebihannya ini yaitu jumlah panel surya yang dibutuhkan lebih sedikit untuk menghasilkan energi listrik yang cukup besar.



Gambar 5. Panel Surya Mono Crystalline

2. Solar Charge Controller (SCC) adalah alat yang mengatur pengisian arus listrik dari panel surya ke baterai dan sebaliknya. Saat isi baterai tersisa 20% sampai 30%, maka regulator akan memutuskan dengan beban. Regulator baterai juga mengatur kelebihan mengisi baterai dan kelebihan tegangan dari Panel surya. Manfaat dari alat ini juga untuk menghindari full discharge dan overloading serta memonitor suhu baterai. Kelebihan tegangan dan pengisian dapat mengurangi umur baterai. Kontroler ini dilengkapi dengan diode protection yang menghindarkan arus DC dari baterai agar tidak masuk ke panel surya lagi
3. Inverter merupakan perangkat elektronika yang dapat digunakan untuk mengubah arus DC (Direct Current) dari aki menjadi arus AC (Alternating Current). Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (sine wave), gelombang kotak (square wave) dan sinus modifikasi (sine wave modified). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan battery, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa step up transformer berdasarkan gelombang keluaran yang dihasilkan.

4. Baterai adalah perangkat yang dapat mengonversi energi kimia yang terkandung pada bahan aktif komponen penyusun baterai menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia reduksi dan oksidasi. Reaksi reduksi adalah reaksi penambahan elektron dan penurunan bilangan oksidasi, sedangkan reaksi oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron dan penambahan bilangan oksidasi.

2.4 Sirkulasi Air

Sirkulasi air dalam budidaya ikan adalah proses perputaran atau peredaran air dalam kolam atau wadah budidaya ikan. Tujuannya adalah untuk menjaga kualitas air tetap baik bagi kehidupan ikan, dengan cara mendistribusikan oksigen, nutrisi, dan mencegah penumpukan limbah serta gas berbahaya. Sirkulasi air yang baik juga membantu mencegah terbentuknya zona mati dan penumpukan kotoran di dasar wadah. Alat yang digunakan untuk sirkulasi air.

1. Pompa Air digunakan dalam budidaya perikanan untuk meningkatkan kualitas air dengan cara sirkulasi. Pompa dapat membantu memperbaiki parameter kualitas air seperti suhu, salinitas, dan pH. Pompa juga digunakan untuk mengisi kolam, membersihkan limbah, dan mempercepat pengeringan kolam saat panen.
2. Aerator adalah alat yang berfungsi untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air kolam atau akuarium, yang sangat penting untuk kelangsungan hidup ikan. Aerator bekerja dengan cara menciptakan gelembung udara yang menyebar dan bercampur dengan air, sehingga oksigen dari udara dapat larut dalam air.

3. Metode

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kolam budidaya ikan yang beralamat di Desa Sukaraya, Kecamatan Pantur Batu, kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Oktober 2024.

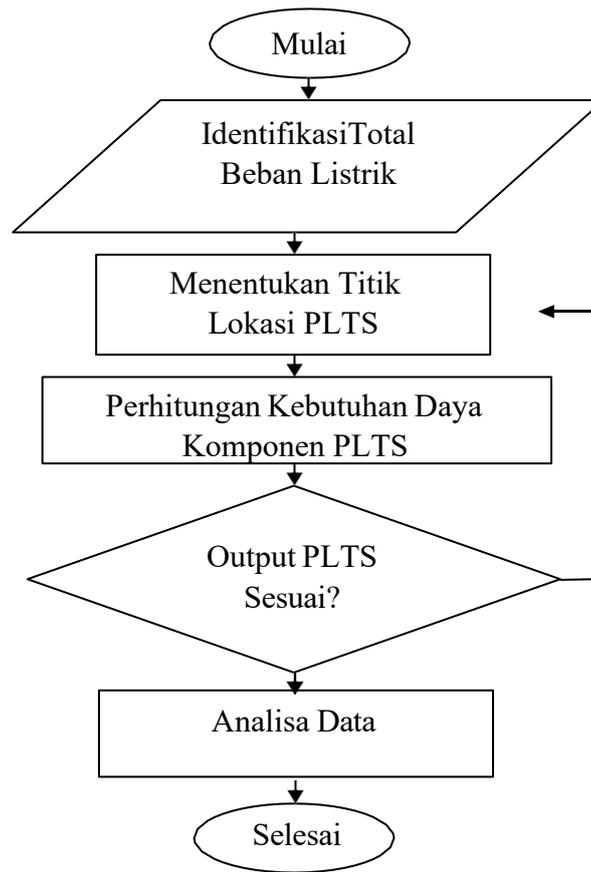


Gambar 6. Lokasi Kolam Budidaya Ikan

3.2 Metode Penelitian

1. Diagram Alur Penelitian

Pada Metode penelitian ini dibuat diagram alur penelitian yang bertujuan untuk memudahkan dalam proses penelitian. Adapun diagram alur penelitian ini disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 7. Diagram Alur

2. Menghitung Kapasitas Kebutuhan PLTS

Ada beberapa hal yang perlu di perhatikan sebelum merancang solar panel, yaitu:

a. Menghitung total energi listrik yang dibutuhkan

$$\text{Beban listrik} = \text{Daya} \times \text{Lama Pemakaian}$$

b. Menghitung kebutuhan jumlah panel surya

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{\text{Total Daya yang digunakan}}{\text{Efisiensi sinar matahari yang diterima panel surya}}$$

c. Menghitung kebutuhan jumlah Solar Charge Controller (SCC)

$$\text{Daya SCC} = \text{Jumlah panel surya} \times \text{Isc}$$

d. Menghitung kebutuhan jumlah baterai

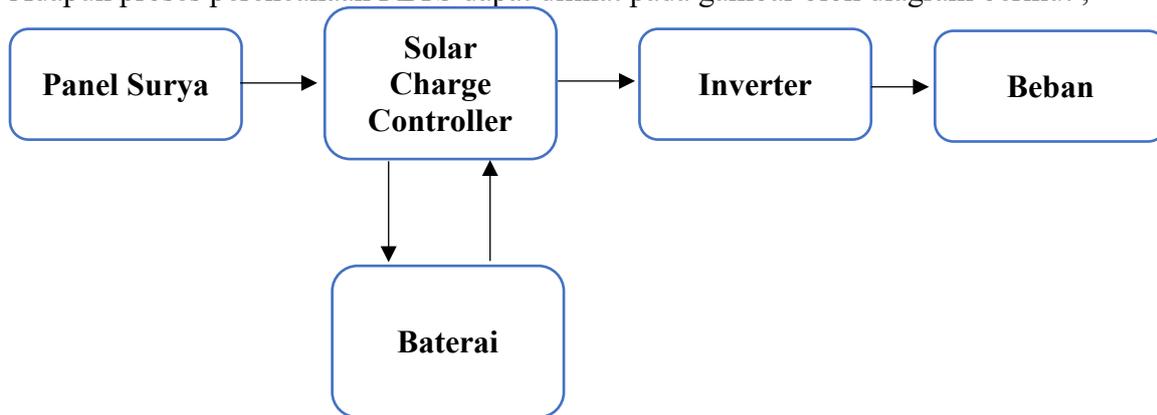
$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{Total kebutuhan daya perhari}}{\text{Daya pada baterai}}$$

e. Menghitung kebutuhan inverter

$$\text{Kapasitas inverter} = \frac{\text{Total Daya}}{\text{Efisiensi Inverter}}$$



Adapun proses perencanaan PLTS dapat dilihat pada gambar blok diagram berikut ;



Gambar 8. Blok Diagram

4. Hasil

4.1 Proses Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pada awal penelitian ini membahas bagaimana cara proses pemanfaatan sinar matahari agar dapat menghasilkan energi listrik, adapun prosesnya sebagai berikut :

1. Radiasi yang dihasilkan sinar matahari ditangkap oleh modul panel surya (fotovoltaic).
2. Selanjutnya modul panel surya akan mengasilkan arus DC dan di kontrol oleh charge controller untuk disimpan ke baterai.
3. Kemudian arus DC yang masuk ke baterai bisa digunakan untuk beban yang menggunakan arus DC.
4. Untuk menghasilkan arus AC (Alternating Current) dapat menggunakan sebuah inverter DC ke AC.
5. Selanjutnya, arus AC yang dihasilkan sudah bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik.

4.2 Kapasitas Kebutuhan PLTS

1. Daya Total Energi Listrik Yang Dibutuhkan

Tabel 1. Kebutuhan Pemakaian Energi Listrik

| No. | Beban Listrik | Unit | Spesifikasi (Watt) | Total Pemakaian / hari (jam) | Jumlah (Wh) |
|------------|---------------|--------|--------------------|------------------------------|----------------------|
| 1 | Pompa Air | 1 unit | 290 Watt | 12 Jam | 3.480 Wh |
| 2 | Aerator | 2 unit | 95 Watt | 12 Jam | 1.140 x 2 = 2.280 Wh |
| Total Daya | | | | | 5.760 Wh |

Pada panel surya akan ada daya yang hilang tergantung dari jenis dan kualitas panel surya tersebut, untuk menstabilkan kebutuhan pasokan listrik dan memastikan tidak kurang dari kebutuhan aman, total daya per hari sebaiknya dikalikan dengan faktor keamanan. Faktor keamanan ini bervariasi tergantung pada jenis sistem dan kebutuhan spesifik, tetapi umumnya faktor keamanan ini adalah total daya perhari dikalikan 1,3. Nilai ini yang harus dihasilkan oleh panel surya. Maka,

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Nilai aman yang dihasilkan panel surya} &= \text{Total daya perhari} \times 1,3 \\
 &= 5.760 \times 1,3 \\
 &= 7.488 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$



2. Jumlah Kebutuhan Panel Surya

$$\begin{aligned} \text{➤ Kebutuhan panel surya} &= \frac{7.488 \text{ Watt}}{5 \text{ Jam}} \\ &= 1.497,6 \text{ Wattpeak (Wp)} \end{aligned}$$

Dari data diatas , diasumsikan memakai Panel Surya dengan ukuran :
1 panel surya = 100 WP

$$\begin{aligned} \text{➤ Jumlah Unit yang diperlukan} &= \frac{1.497,6 \text{ Wp}}{100 \text{ Wp}} \\ &= 14,976 \text{ dibulatkan menjadi } 15 \end{aligned}$$

Maka, Jumlah panel surya yang dibutuhkan sebanyak 15 unit dengan ukuran 100 Wp. Spesifikasi Panel Surya yang dipakai sesuai data diatas ialah :



Gambar 9. Panel Surya Polycrystalline
(Sumber. Sinardayaenergy.com)

Tabel 2. Spesifikasi Panel Surya Polycrystalline 100 Wp

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| Rated Maximum Power (Pmax) | 100 W |
| Voltage at Pmax (Vmp) | 17,8 V |
| Current at Pmax (Imp) | 5,62 A |
| Open-Circuit Voltage (Voc) | 22,4 V |
| Short-Circuit Current (Isc) | 5,95 A |
| Dimensions (Cm) | 100 x 67 x 3 Cm |
| Weight (Kg) | 8,0 Kg |

3. Jumlah Kebutuhan Solar Charge Controller

Untuk mengetahui kapasitas yang diperlukan charge controller harus mengetahui karakteristik dan spesifikasi dari panel surya yang digunakan.

Berdasarkan spesifikasi dari panel surya yang telah diketahui sebelumnya, Maka, daya charge controller yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} \text{➤ Daya SCC} &= \text{Jumlah panel surya} \times \text{Isc} \\ &= 15 \text{ unit} \times 5,95 \text{ A} \\ &= 89,25 \text{ A} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut SCC yang dibutuhkan sebesar 89,25 Ampere. Namun, alat pengisian controller baterai harus dipakai adalah dengan rating tidak boleh dibawah



89,25A. Oleh karenanya diasumsikan akan menggunakan Solar Charge Controller SAMOTO MPPT 100A.



Gambar 10. Solar Charge Controller (SCC)
(Sumber.Samoto.co.id)

4. Jumlah Kebutuhan Baterai

Energi listrik pada baterai tidak 100% dapat digunakan. Karena pada saat di inverter potensi kehilangan energinya bisa sebesar 5%, sehingga perlu adanya cadangan 5% yang harus ditambah. Sehingga rumus yang digunakan adalah :

$$\text{➤ Cadangan Daya} = \frac{5.760}{(100\% - 5\%)} = \frac{5.760}{(95\%)} = 6.063,16 \text{ Wh}$$

Diasumsikan Kapasitas baterai yang digunakan 12 Volt 150 Ah

Maka :

$$\text{➤ Daya pada baterai} = V \times Ah = 12 \text{ V} \times 150 \text{ Ah} = 1.800 \text{ Wh}$$

Jadi, jumlah baterai yang dibutuhkan jumlah baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan daya sistem dihitung dengan rumus:

$$\text{➤ Jumlah baterai} = \frac{6.063,16}{1.800} = 3,37$$

Dari perhitungan tersebut maka, Total baterai yang dibutuhkan penyimpanan energi yang dihasilkan adalah 3,37 dibulatkan menjadi 4 unit



Gambar 11. Baterai 12V 150Ah
(Sumber. Sinardayaenergy.com)

5. Menentukan Kapasitas Inverter



Untuk menentukan kapasitas inverter pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat dilihat dari total pemakaian Watt dari seluruh beban yang digunakan. Kapasitas inverter tidak boleh dibawah total Watt beban yang digunakan, dan memperhitungkan efisiensi inverter. Maka :

$$\text{➤ Kapasitas inverter} = \frac{5.760}{90\%} = 6.400 \text{ Wh}$$

Dari perhitungan tersebut maka, kapasitas inverter yang dibutuhkan adalah 6.400. Sehingga diasumsikan inverter yang digunakan 7.000 Watt



Gambar 12. Inverter 7000 Wat
(Sumber. Alibaba.com)

6. Menghitung Biaya Investasi

Tabel 3. Kebutuhan komponen untuk perancangan panel surya

| Komponen | Jumlah | Harga Persatuan | Harga |
|---|--------|-----------------|----------------|
| Panel Surya SOLANA 100 WP Polycrystalline | 15 | Rp. 849.000 | Rp. 12.735.000 |
| SAMOTO Solar Charge Controller MPPT 100A | 1 | Rp. 3.055.000 | Rp. 3.055.000 |
| Baterai VRLA Solarcell Panasonic 12V150Ah | 4 | Rp. 7.125.000 | Rp. 28.500.000 |
| Inverter Gelombang Sinus Murni, 7000 Watt | 1 | Rp 7.662.967 | Rp. 7.622.967 |
| Total | | | Rp. 51.912.967 |

Berdasarkan tabel di atas, maka biaya perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk budidaya ikan di desa sukaraya kec.pancur batu adalah sebesar = Rp. 51.912.967

5. Kesimpulan

Dari perhitungan diatas maka diperoleh kesimpulan dalam merancang PLTS tersebut membutuhkan komponen – komponen sebagai berikut :

1. Untuk merancang PLTS dengan beban 5.760 Wh dibutuhkan ;
 - a. Panel Surya 100Wp sebanyak 15 pcs
 - b. SCC 100A sebanyak 1 pcs
 - c. Baterai 12V 150Ah sebanyak 4 pcs



- d. Inverter 7000W sebanyak 1 pcs
2. Hasil perhitungan keseluruhan biaya total yang dibutuhkan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga surya untuk budidaya ikan adalah Rp. 51.912.967

REFERENSI

- [1] Z. Tharo, H. Hamdani, M. Andriana, and P. Andhika, "Wastafel Pintar Berbasis Energi Terbaru," *Intecom: Journal Of Information Technology And Computer Science*, vol. 6, no. 1, pp. 363–370, 2023.
- [2] R. Rahmaniar, A. Junaidi, and R. F. Wijaya, "Renewable Energy Education through Virtual Reality Tours," vol. 14, no. 2, pp. 1642–1649, 2025, doi: 10.18421/TEM142.
- [3] Z. Tharo, E. Syahputra, and R. Mulyadi, "Analysis of Saving Electrical Load Costs With a Hybrid Source of PLN-PLTS 500 Wp," *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, vol. 4, no. 1, pp. 235–243, 2022.
- [4] Z. Tharo, H. Hamdani, and M. Andriana, "Pembangkit listrik hybrid tenaga surya dan angin sebagai sumber alternatif menghadapi krisis energi fosil di sumatera," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, 2019, pp. 141–144.
- [5] P. Wibowo, S. A. Lubis, and Z. T. Hamdani, "Smart home security system design sensor based on pir and microcontroller," *International Journal of Global Sustainability*, vol. 1, no. 1, pp. 67–73, 2017.
- [6] P. Wibowo, S. A. Lubis, and Z. T. Hamdani, "Smart home security system design sensor based on pir and microcontroller," *International Journal of Global Sustainability*, vol. 1, no. 1, pp. 67–73, 2017.
- [7] Z. Tharo, H. Hamdani, M. Andriana, and P. Andhika, "Wastafel Pintar Berbasis Energi Terbaru," *Intecom: Journal Of Information Technology And Computer Science*, vol. 6, no. 1, pp. 363–370, 2023.
- [8] Z. Tharo and H. Hamdani, "Analisis biaya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap skala rumah tangga," *Journal of Electrical and System Control Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 65–71, 2020.
- [9] Z. Tharo, H. Hamdani, and M. Andriana, "Pembangkit listrik hybrid tenaga surya dan angin sebagai sumber alternatif menghadapi krisis energi fosil di sumatera," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, 2019, pp. 141–144.
- [10] H. Hamdani, Z. Tharo, and S. Anisah, "Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, 2019, pp. 190–195.
- [11] A. D. Tarigan, P. Wibowo, and A. S. Tarigan, "Perancangan Otoped Listrik Menggunakan Panel Surya Sebagai Media Transportasi," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 62–65, 2022.
- [12] M. and others Syukri, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 9, no. 2, pp. 77–80, 2024, doi: 10.31289/jesce.v6i2.12618.
- [13] S. Romlah, "PENELITIAN KUALITATIF DAN KUANTITATIF (Pendekatan Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif)," *Jurnal Studi Islam*, vol. 16, no. 1, 2021.
- [14] S. Anisah, R. Bachtiar, and Z. Tharo, "Kajian Dampak Limbah-Limbah Listrik (Lampu Penerangan) Terhadap Lingkungan," *Teknik Program Studi Elektro*, pp. 74–81, 2018.
- [15] Z. Taro, "JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering) Analisis Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Skala Rumah Tangga Analysis of Household Scale Solar Power Plant Roof Costs," *Jesce*, vol. 3, no. 2, p. 2020, 2020.
- [16] E. Rajagukguk, A. S. P. Tarigan, and R. Rahmaniar, "Enhance Adjustment Mass Position Based On A Solar Panel Tracking System," *Jurnal Scientia*, vol. 12, no. 04, pp. 156–160, 2023.



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

- [17] R. Rahmaniar, A. Junaidi, A. S. P. Tarigan, and A. H. B. Butar, "Digital Simulation of Short Circuit Current Calculation Using Graphical User Interface for Learning Media Electric Power System Analysis," *International Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 6, no. 1.1, 2024.
- [18] M. Siregar, Zamriyetti, S. Wahyuni, and Rahmaniar, "Pelatihan Sistem Tanam Hidroponik Kepada Para Ibu Jalasenastri FASHARKAN Belawan," *Jurnal Abdimas Hawari, Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 1, pp. 9–17, 2021.
- [19] S. Anisah, Z. Tharo, and F. Prayogi, "Sistem Monitoring Daya dan Arus Listrik Pada Pembangkit Power and Electric Current Monitoring System in Wind Power Plants Based on Thingspeak," vol. 8, no. 1, pp. 189–194, 2024, doi: 10.31289/jesce.v6i2.12617.
- [20] Bahar, A., Yasirroni, M., Isnaeni Bambang Setyonegoro, M., & Author, C. (2023). *Penetrasi Fotovoltaik dengan Metode MILP dan Pertimbangan Pembebanan Minimal Teknis*. 12, 22–28.
- [21] Barus, S., Aryza, S., Wibowo, P., Anisah, S., & Hamdani. (2020). *Rancang Bangun Pemanfaatan Aliran Tandon Air Gedung Bertingkat Sebagai Pembangkit Listrik Mikro Hidro. Scenario*, 545–557.
- [22] Bayu, H., & Windarta, J. (2021). *Tinjauan Kebijakan dan Regulasi Pengembangan PLTS di Indonesia. Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 123–132. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.10043>
- [23] Erivianto, D., Dani, A., & Gunawan, H. (2021). *Sistem Konversi Energi Listrik Sebagai Energi Alternatif Untuk Kebutuhan Rumah Tangga. Scenario (Seminar of Social Sciences Engineering and Humaniora)*, May, 323–334. <https://www.researchgate.net/publication/371125737>
- [24] Galuh Prawestri Citra Handani, Binar Surya Gumilang, & Afidah Zuroida. (2023). *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Suplai Daya Sistem Pemberian Pakan Ikan Otomatis. Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 9(3), 183–187. <https://doi.org/10.33795/elposys.v9i3.655>
- [25] Hasibuan, F., Siagian, P., & Gunawan, H. (2024). *Rancang Bangun Charging Battery Solar Cell Menggunakan Sistem Maximum Power Point Tracker*. 8(9), 147–156.
- [26] Maula, N., Zamzami., Yasir. (2024) *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Off-Grid Menggunakan Baterai Lithium-Ion Untuk Perkebunan Di Desa Blang Pie*
- [27] Mayasari, F., Krishna, M., Saud, M., Suandi, A. Y., Ridha, A., Elektro, D. T., Teknik, F., & Hasanuddin, U. (2024). *Harmonila : Revitalisasi Budidaya Ikan Nila Berbasis RAS-IOT dan PLTS Guna Meningkatkan Produktivitas dan Perekonomian Desa Borong Pa ' la ' la , Kabupaten Gowa*. 7, 31–44.
- [28] Mulyani, S., & Idris, A. R. (2023). *Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Aerator dan Alat Pemberi Pakan Ikan. Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika*, 9(1), 59–66.
- [29] Pijoh, F., Brahmana Duta P. K., & Purba Parulian Lasman. (2024). *Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Energi Ramah Lingkungan yang Berkelanjutan. Industrial & System Engineering Journals*, 2(2), 201–207.
- [30] Repka Cipta Pramudita, Hamdani Hamdani, & Rahmaniar Rahmaniar. (2025). *Analisis Pengaruh Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik Terhadap Penurunan Susut Non Teknis pada PT PLN (Persero) ULP Tapaktuan. Jural Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 4(1), 333–338. <https://doi.org/10.55606/jurritek.v4i1.4910>
- [31] Ridwan, Ramadhan, W., Kurniawan, A., Lestari, W., & Setiawan, D. (2021). *Pemanfaatan Sinar Matahari Sebagai Energi Alternatif Untuk Kebutuhan Energi Listrik. Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin*, 1(1), 168–176.



- [32] Solikah, A. A., & Bramastia, B. (2024). *Systematic Literature Review : Kajian Potensi dan Pemanfaatan Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan Di Indonesia*. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(1), 27–43. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.21742>
- [33] Muslim, S., Khotimah, K., Noor Azhiimah, A., (2020). *Analisis Kritis Terhadap Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Tipe Photovoltaic (Pv) Sebagai Energi Alternatif Masa Depan*
- [34] Suweni Muntini, M., Putri Rahayu, L., Fatimah, I., Yuwana, L., & Indrawati, S. (2024). *Implementasi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Peningkatan Produktivitas Budidaya Ikan dan Pertanian di Kalurahan Summersari*. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 02(02), 188–199.
- [35] Tulong, J., Kolibu, H. S., Pasau, G., & Suoth, V. A. (2021). *Kajian Potensi Energi Angin di Gunung Tumpa Kelurahan Tongkaina Kecamatan Bunaken Kota Manado*. *Jurnal MIPA*, 10(2), 51. <https://doi.org/10.35799/jmuo.10.2.2021.33989>
- [36] Zuraidah Tharo., Hamdani., Andriana, M., Kusuma, B, S.& Bit, S. P.-. (2021). *Perencanaan plts sebagai catu daya pada pompa air shimizu ps-128 bit*. 48–52



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.