

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Sanggar Seni

Rivangga Cahya Saputra^a*, Widodo Pudji Muljanto^b, Kartiko Ardi Widodo^c

Teknik Elektro ITN Malang, Malang, Indonesia

^a nggareva@gmail.com

^b widodo_pm@lecturer.itn.ac.id

^c tiko_ta@lecturer.itn.ac.id

Kata Kunci :

PLTS,
Pikohidro
Pembangkit Hybrid

ABSTRAK

Energi Baru Terbarukan merupakan sumber energi dari alam, salah satunya yaitu PLTPH dan PLTS. Dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia, pembangunan pembangkit listrik tenaga hybrid yang menggabungkan Pikohidro dan PLTS akan dilaksanakan. Dimana PLTS disini sebagai pembangkit yang akan menutupi kekurangan energi dari Pikohidro untuk beban di Sanggar Seni. Dengan total Energi Beban sebesar 17.120 Watt perhari, dan Energi Pikohidro yang dihasilkan sebesar 15.804 Wh maka total Energi yang harus di penuhi PLTS adalah 1.361 Wh dengan waktu efisien 5 jam. Dalam hal ini digunakan kapasitas Panel Surya dengan daya 263,2 W sebesar 329 Wp, Solar Charge Controller 30A, dan Baterai 12V dengan kapasitas 1426,66 ah dengan estimasi waktu 24 jam. Setelah dilakukan pengujian panel Surya selama 3 hari dalam waktu 5 jam per hari, didapat daya tertinggi yaitu 118,6 Watt dengan Arus 6,34 A, dan Tegangan 28,72 V dengan kondisi cuaca berawan.

PLTS
Pikohidro
Hybrid Generators

Renewable Energy is a natural energy source, one of which includes micro-hydropower plants (PLTPH) and solar power plants (PLTS). By utilizing available natural resources, the development of a hybrid power generation system that combines micro-hydropower and solar power will be implemented. The solar power system here will cover the energy shortfall from micro-hydropower for the load at the Arts Studio. With a total energy load of 17,120 Watts per day, and the micro-hydropower energy produced at 15,804 Wh, the total energy that needs to be met by the solar power system is 1,361 Wh with an efficient operating time of 5 hours. In this case, solar panels with a capacity of 263.2 W totaling 329 Wp, a 30A solar charge controller, and a 12V battery with a capacity of 1,426.66 Ah, estimated for 24 hours, will be used. After testing the solar panels for 3 days, at 5 hours per day, the highest output recorded was 118.6 Watts with a current of 6.34 A and a voltage of 28.72 V under cloudy weather conditions.

1. PENDAHULUAN

Energi Baru dan Terbarukan (EBT) adalah jenis sumber energi yang diperoleh dari alam, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTA adalah pembangkit listrik yang mengubah energi potensial air menjadi energi listrik, sementara Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik.[1], [2]. Kapasitas PLTA dengan daya di bawah 5kW dikategorikan sebagai Pikohidro. Turbin dan generator sangat mempengaruhi efisiensi konversi energi sumber daya air menjadi sumber daya listrik dengan menggunakan pikohidro pembangkit listrik dengan model pikohidro yang saat ini mulai dikembangkan merupakan pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan aliran skala kecil[3]. Pembangkit listrik ini memanfaatkan tenaga air untuk beroperasi, menggunakan sumber-sumber seperti saluran irigasi sawah, sungai di sekitar rumah, atau air terjun alami dengan memanfaatkan ketinggian air terjun (head) dan volume aliran air.[4]. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) adalah sistem yang mengonversi energi sinar matahari menjadi energi listrik menggunakan teknologi *photovoltaic*. Proses *photovoltaic* terjadi pada permukaan sel surya ketika sel tersebut menerima sinar matahari. [5]. Untuk memenuhi energi yang dibutuhkan pada sebuah rumah sederhana tersebut maka dari itu digunakan sistem *hybrid* yang merupakan Energi Baru Terbarukan (EBT) yang berkonsep menggabungkan dua atau lebih sumber energi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada dengan tujuan agar kedua pembangkit tersebut yaitu PLTPH dan PLTS dapat menghasilkan energi listrik maksimal selama 24 jam baik dalam musim kemarau maupun musim penghujan di sanggar latar seni winarto etram Desa pendem Kec. Junrejo Kota Batu.

Penggunaan optimal dari pembangkit hybrid dapat dicapai dengan menerapkan sistem kontrol yang mengatur kapan pembangkit harus terhubung atau terputus untuk menghidupkan beban. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pembangkit hybrid yang mengintegrasikan energi matahari dan pikohidro. Karena kedua sumber energi ini menggunakan prinsip konversi energi yang berbeda, hal ini menjadikannya menarik untuk diteliti bagaimana cara penggabungan dan pengaturannya dalam sistem kontrol atau pengendalian.[6].

2. METODE

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya adalah teknologi yang mengubah energi foton dari sinar matahari menjadi energi listrik. Kapasitas daya sebuah sel surya atau modul surya diukur dalam watt peak (Wp) dan ditentukan berdasarkan standar uji internasional yang dikenal sebagai Standard Test Condition (STC). STC merujuk pada radiasi matahari dengan intensitas 1000 W/m² yang jatuh tegak lurus pada sel surya pada suhu 25°C. Modul photovoltaic menggambarkan hubungan antara arus dan tegangan dalam kurva I-V. Ketika tahanan variabel berada pada nilai tak terhingga (sirkuit terbuka), arus akan menjadi minimum (nol), sementara tegangan pada sel mencapai nilai maksimum yang dikenal sebagai tegangan sirkuit terbuka (Voc).[7].

Ada juga beberapa faktor yang mempengaruhi PV yaitu :

a) faktor musim

Energi matahari cenderung berkurang selama musim dingin karena sinar matahari harus melewati lapisan atmosfer bumi yang lebih tebal. Selain itu, sudut datangnya sinar matahari mempengaruhi intensitasnya; sinar matahari yang bersinar lebih lama akan menghasilkan energi yang lebih banyak. Oleh karena itu, selama musim kemarau, energi yang dihasilkan cenderung lebih besar dibandingkan dengan musim penghujan atau musim dingin.

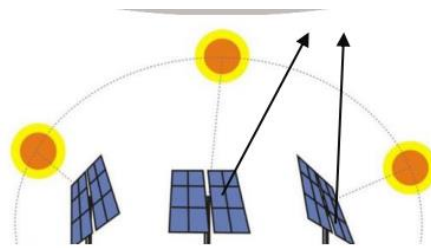
b) faktor sudut kemiringan

Sudut kemiringan saat memasang panel surya adalah faktor kunci dalam mengoptimalkan penyerapan cahaya matahari. Dengan memilih sudut kemiringan yang tepat, efisiensi penyerapan sinar matahari dapat meningkat secara signifikan dibandingkan dengan pemasangan panel yang sembarangan. Sudut kemiringan juga mempengaruhi seberapa efisien energi cahaya matahari dikonversi menjadi energi listrik.

c) faktor energi matahari

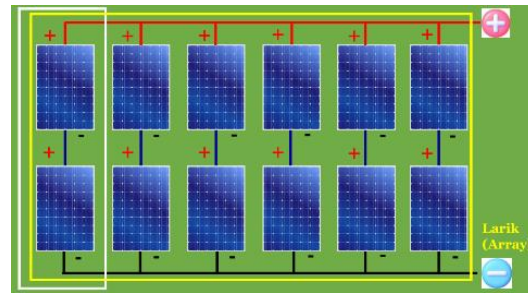
Kekuatan energi matahari dipengaruhi oleh jarak antara matahari dan bumi. Selama revolusi bumi mengelilingi matahari, jarak ini bervariasi pada berbagai waktu, yang memengaruhi seberapa efektif panel surya menyerap cahaya matahari.

Efektivitas cahaya matahari sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang mengenai permukaan bumi. Penelitian ini menggunakan alat yang disebut Lux Meter untuk mengukur intensitas cahaya matahari. Berdasarkan pengujian, Intensitas cahaya matahari mencapai puncaknya pada siang hari, khususnya antara pukul 11.00 dan 13.00, di mana nilai intensitas mencapai level maksimum. Memberikan nilai intensitas antara 99.900 lux hingga 115.800 lux, intensitas tersebut memungkinkan sel surya untuk menghasilkan daya sebesar 15,53 watt. [8].



Gambar 1. Faktor Energi Untuk Matahari

Indonesia masih sangat bergantung pada sumber energi fosil untuk memasok listriknya, karena bauran energinya belum banyak mengandung energi terbarukan. Ini menunjukkan bahwa Indonesia masih ketinggalan dalam pemanfaatan energi ramah lingkungan dibandingkan dengan negara-negara tetangga dan negara-negara maju lainnya. Sedangkan energi fosil akan semakin langka dalam jangka waktu kedepan, Karena alam membutuhkan waktu yang sangat panjang untuk menghasilkan energi ini, energi fosil menjadi sumber energi yang terbatas dan terus berkurang jumlahnya. Karena itu, energi fosil akan semakin jarang di masa depan. Dalam mengatasi permasalahan tersebut Pemerintah Indonesia ingin beralih dari energi fosil menuju EBT (Energi Baru Terbarukan) dengan mengeluarkan Perpres No. 112 Tahun 2022 tentang Energi Terbarukan untuk Listrik. Hal ini untuk mencapai target pengurangan emisi tahun 2030. Indonesia juga meningkatkan komitmen NDC (Nationally Determined Contribution) tahun 2030 dengan target pengurangan emisi per 23 September 2022 sebesar 31,89% (unconditionally) dan 43,20% (conditionally). Dengan program dan investasi ini, Indonesia berharap bisa mencapai net zero emissions tahun 2060 atau lebih cepat sesuai dengan Perjanjian Paris. Didesa Ngijo, Kec. Karangploso, Kab. Malang tepatnya di Sanggar Seni Bowo Roso Pametri Budoyo mendukung program pemerintah menuju era green energy dengan melakukan pembangunan pembangkit listrik berbasis EBT yang memanfaatkan sumber daya alam disekitar kawasan Pendopo untuk memenuhi kebutuhan energi selama 24 jam.



Gambar 2. Aliran listrik pada Solar PV

Modul Photovoltaik (PV), yang juga dikenal sebagai modul surya, dapat dirangkai dalam konfigurasi seri atau paralel untuk membentuk array yang menghasilkan daya tertentu. Modul PV umumnya memiliki daya maksimum atau watt-peak (Wp) yang bervariasi, seperti 80 Wp, 100 Wp, 125 Wp, atau 285 Wp, dengan tegangan dan arus maksimum yang sesuai dengan kebutuhan daya. Dalam proses perangkaian panel surya, konfigurasi yang digunakan bisa berupa String atau Larik. Ketentuan dalam penyusunan Larik dan String, disesuaikan dengan tegangan dan arus yang dari Panel PV sehingga dapat memenuhi daya yang dibutuhkan

2.2 Pembangkit Listrik Pikohidro

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) secara khusus merujuk pada pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dengan kapasitas besar. Klasifikasi pembangkit tenaga listrik hidro di Indonesia didasarkan pada kapasitasnya.[9]. Pembangkit listrik pikohidro adalah jenis pembangkit listrik tenaga air berskala kecil yang dapat diterapkan di lokasi-lokasi dengan aliran sungai yang memiliki debit air yang konsisten dan tinggi jatuh air yang relatif rendah. Hal ini memungkinkan pergerakan turbin dan menghasilkan daya listrik.[10].

Tabel 1 - Tipe Pembangkit Listrik Tenaga Air

Tipe	Kapasitas
Pico-hydro	< 5 KW
Micro-hydro	5 KW–100 kW
Mini-hydro	100 kW < daya < 1 MW
Small-hydro	1-15 MW
Medium-hydro	15-100 MW
Large-hydro	> 100 MW

Tabel 2 - Jenis Head Untuk PLTA

Tipe	Ketinggian
Head rendah	2 - 30 m
Head menengah	30 - 100 m
Head tinggi	> 100 m

Kapasitas energi PLTA umumnya diklasifikasikan dalam dua kategori: skala kecil (small hydro) dan skala besar (large hydro). Klasifikasi ini menggambarkan berbagai jenis pembangkit listrik tenaga air yang dapat dilihat pada gambar di atas. Berdasarkan cara turbin mengubah energi potensial aliran air menjadi energi mekanik yang menggerakkan sudu-sudu

turbin, terdapat dua jenis turbin: Turbin Reaksi dan Turbin Impuls. Contoh turbin impuls meliputi turbin Pelton, turbin air, turbin Osberger (turbin aliran silang), dan turbin Targo, yang umumnya paling efektif pada head sedang hingga tinggi (lebih dari 10 m). Di sisi lain, turbin reaksi termasuk turbin Francis, turbin Kaplan, dan turbin baling-baling, yang digunakan pada head rendah (kurang dari 5 m).[11]. Turbin Impuls adalah jenis turbin di mana penurunan tekanan air hanya terjadi pada sudu pengarah, dan proses pengisian air hanya terjadi di sebagian area dari keliling roda turbin. Karena itu, turbin ini sering disebut sebagai turbin dengan pengisian sebagian (partial admission turbine) atau turbin aksi (action turbine).[12]. Dalam pembangunan PLTA, turbin merupakan komponen krusial dalam sistem. Energi kinetik dihasilkan dengan memanfaatkan aliran air dari sungai yang ditampung oleh bendungan dan kemudian dialirkan melalui serangkaian pipa. Pada akhirnya, energi kinetik ini diubah menjadi energi mekanis untuk menggerakkan atau memutar turbin[13].

2.3 Panel Surya

Panel surya merupakan rangkaian dari beberapa sel surya yang disusun secara strategis untuk mengoptimalkan penyerapan sinar matahari. Sel surya itu sendiri berfungsi Untuk menangkap cahaya matahari dan mengonversinya menjadi listrik melalui berbagai komponen photovoltaic yang ada di dalamnya.. Panel Surya dibedakan menjadi 3 jenis yaitu *Monocrystalline Silicon PV Module*, *Polycrystalline Silicon PV Module*, *Amorphous Silicon PV Module*, dan *Hybrid Silicon PV Module*.

Langkah-langkah dalam merancang sistem PLTS adalah sebagai berikut:

1. Mencari total beban pemakaian per hari. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban Pemakaian (Wh)} = \text{Daya} \times \text{Lama Pemakaian} \quad (1)$$

2. Menentukan ukuran kapasitas panel surya berdasarkan beban pemakaian.

$$\text{Kebutuhan Panel Surya} = \frac{\text{Total beban pemakaian harian}}{\text{Insolasi Surya Harian}} \quad (2)$$

3. Menentukan kapasitas Solar Charge Control (SCC)

$$I_{sc} = \frac{p_{psh} (5 \text{ jam})}{V_{sc}} \quad (3)$$

4. Menentukan kapasitas baterai/aki. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Kapasitas Baterai (Ah)} = \frac{\text{Total Daya Beban (Wh)}}{V_{\text{Baterai}}} \quad (4)$$

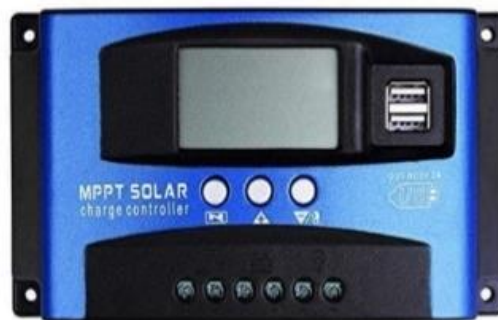


Gambar 3 - Panel Surya

Tabel 3 - Jenis – jenis Panel Surya

Material	Mono-Crystalline	Poly-Crystalline
Ilustrasi Modul Surya		
Effisiensi	15-20%	13-16%
Biaya	Lebih mahal	Lebih murah
Kelebihan	Efisiensi berkisar 15–20%, hemat ruang, dan daya tahan paling lama.	Prosesnya lebih sederhana dan membutuhkan biaya yang lebih rendah.
Kekurangan	Mahal dan performa berkurang semakin tinggi temperatur	Efisiensi panel surya berkisar 13–16%. Efisiensi ruang rendah dibandingkan dengan monocrystalline

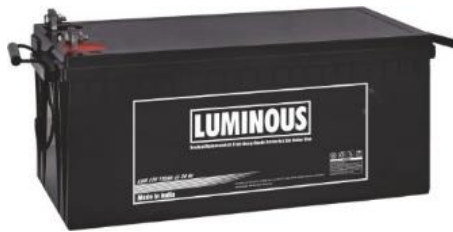
2.4 Solar Charge Control

**Gambar 4 – Solar Charge Control**

SCC adalah alat yang digunakan untuk melacak daya maksimum yang dapat dihasilkan panel surya dan mengontrol pengisian baterai. Ini adalah sistem elektronik yang melacak lokasi titik daya maksimum yang dihasilkan panel surya [14].

2.5 Baterai

Baterai atau akumulator merupakan salah satu komponen utama dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya (PV). Pada siang hari, energi yang dihasilkan dari sinar matahari oleh panel surya akan disimpan di baterai untuk digunakan nanti.



Gambar 5 – Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan panel surya pada siang hari dan menyediakan energi tersebut pada malam hari saat panel surya tidak beroperasi. Prinsip kerja baterai meliputi proses pengisian dan pengosongan energi listrik yang bergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterima modul surya. Beberapa jenis baterai yang dapat digunakan dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya antara lain baterai asam timbal, baterai litium-ion, baterai berbahan dasar nikel, dan baterai aliran, yang masing-masing memiliki karakteristik uniknya sendiri.

1. baterai asam timbal

Baterai asam timbal (lead acid) adalah teknologi penyimpanan energi yang telah digunakan secara luas sejak tahun 1800-an. Keunggulan utama dari baterai ini adalah biaya penyimpanan energi yang rendah dan ekonomis, serta kemudahan dalam daur ulang dan keandalannya. Namun, baterai ini juga memiliki beberapa kekurangan, seperti memerlukan ventilasi dan perawatan rutin untuk menjaga kinerjanya, yang dapat meningkatkan risiko kebocoran dan membatasi opsi pemasangannya. Selain itu, baterai ini memiliki depth of discharge (DoD) yang rendah dan umur pakai yang relatif singkat.

Kapasitas baterai mengacu pada berapa lama baterai dapat menyuplai listrik ke suatu beban, yang diukur dalam Wh (Watt hour). Metode penghitungan total kapasitas baterai pada penelitian ini diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$Cb = \frac{ET}{DOD} \quad (5)$$

Dimana:

Cb = Kapasitas Baterai (Wh)

ET = Energi Total (Wh)

DOD = *Deep of Discharge*

$$\text{Jumlah baterai yang digunakan} = \frac{\text{total kapasitas baterai}}{\text{baterai yang digunakan}} \quad (6)$$

Dimana :

Total Kapasitas Baterai (Wh)

Baterai yang digunakan (Wh)

2.6 Inveter



Gambar 6 – Inveter

Inverter adalah suatu alat elektronik yang berfungsi mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Dalam hal ini inverter dapat digunakan dari sumber DC searah, sumber baterai atau aki, ataupun baterai panel surya yang mana inverter dapat merubah sumber arus tersebut menjadi arus bolak-balik AC[15].

2.7 Alat dan Bahan

Tabel 4 – Alat dan Bahan

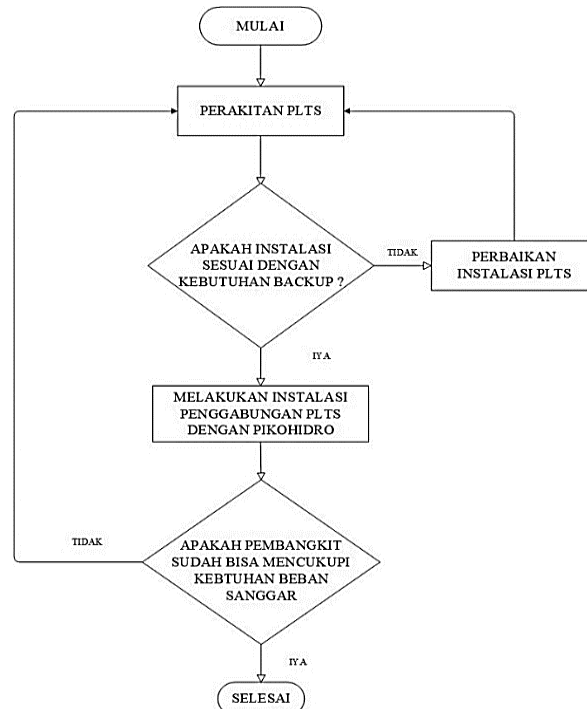
Nama Perangkat	Jenis	Jumlah
Panel Surya 100 Wp	Poly-Crystalline	4
<i>Solar Charge Controller</i>	Max 30 Ampere	1
Inverter	PWM	1
Baterai	lithium	4
Kabel	DC	2
HVD	XMH609	2
MC4 Soket Konektor	-	6
Stud Diode	Dioda 40HFR120	2
Rell	-	8
MCB	2 pole	2
LVD	HCW M635	2

2.8 Data Beban

Tabel 5 – Data Beban

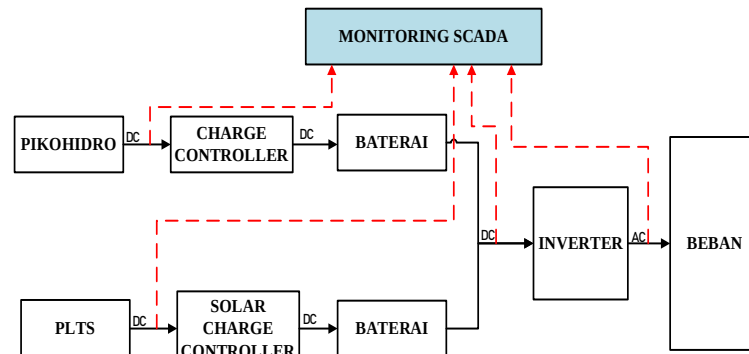
No	Perangkat	Daya Satuan (W)	Jumlah	Total Daya (W)	Durasi (Jam)	Total (Wh)
1	Lampu	20	9	180	12	2160
2	Lampu	10	4	40	12	480
3	Lampu Jalan	15	2	30	12	360
4	Lampu Taman	15	4	60	10	600
5	Kulkas	130	1	130	24	3120
6	Show Case	250	1	250	12	3000
7	Rice Cooker	180	1	180	5	900
8	Televisi	100	1	100	5	500
9	Sound System	300	2	600	10	6000
Total Penggunaan Daya (Wh)						17120

2.9 Flowchart PLTS



Gambar 7 - Flowchart PLTS

2.10 Blok Diagram Sistem



Gambar 8 – Blok Diagram Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisa Perhitungan

Energi Pikohidro perlu diketahui terlebih dahulu sebelum menentukan energi yang harus dipenuhi oleh PLTS, dalam menentukan Energi yang dihasilkan oleh Pikohidro berdasarkan data yang sudah ada dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

Berikut data-data yang sudah diketahui dilapangan.

$$\rho = 1000$$

$$g = 9,8$$

$$\eta = 65 \%$$

$$Q = 0,0103 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (10,3 L)}$$

$$H = 10,6$$

Lalu dengan data diatas dapat ditentukan energi pikohidro menggunakan perhitungan berikut :

$$P = \rho \cdot g \cdot \eta \cdot Q \cdot H$$

$$P = 1000 \times 9,8 \times 65\% \times 0,0103 \times 10,6$$

$$P = 878 \text{ W} / 0,878 \text{ kW}$$

Energi yang dihasilkan Pikohidro selama 1 hari dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Energi sehari} = 878 \text{ W} \times 24 \text{ jam} \times 0,75$$

$$= 15.804 \text{ Wh} / 15,804 \text{ kWh}$$



Gambar 9 - Pemasangan Instalasi Alat

3.2 Energi Yang Harus Dipenuhi PLTS

Dari data yang diambil di sanggar latar seni winarto etram pada pembangkit pikohidro sebesar 11.020 Wh. sedangkan beban yang harus dipenuhi oleh kedua pembangkit Pikohidro dan PLTS sebesar 9.072 Wh jadi energi yang harus dipenuhi oleh PLTS yaitu sebagai berikut

$$\begin{aligned}\text{Energi PLTS} &= \text{Energi Beban} - \text{Energi Pikohidro} \\ &= 17.120 \text{ Wh} - 15.804 \text{ Wh} \\ &= 1.316 \text{ Wh}\end{aligned}$$

Presentase perbandingan energi yang di hasilkan antar pembangkit Pikohidro dan PLTS :

$$\text{Presentase} = \frac{\text{jumlah pembangkit}}{\text{total pembangkit}} \times 100\% =$$

$$\text{Energi PLTS} = \frac{1316}{17120} \times 100\% = 7.68 \%$$

$$\text{Energi Pikohidro} = \frac{15804}{17120} \times 100\% = 92.32 \%$$

$$\text{Daya Pikohidro} = \frac{1000}{1400} \times 100\% = 71.42 \%$$

$$\text{Daya PLTS} = \frac{400}{1400} \times 100\% = 28.57 \%$$

Jadi presentase Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan energi beban 1.316 Wh atau 7.68 % dan untuk pembangkit Pikohidro dengan energi beban 15.804 Wh atau 92.32 %

Presentase perbandingan kapasitas daya antar pembangkit Pikohidro dan PLTS :

Jadi bisa dianalisa presentase perbandingan kapasitas daya yang di hasilkan oleh Pikohidro sebesar 878 Watt dibulatkan menjadi 1000 watt dikarenakan yang tersedia dipasaran yaitu 1000 watt atau 71.42 % dan dari PLTS dengan daya 400 atau 28.57 %

Tabel 6 - Perbandingan energi dan daya yang dihasilkan 2 pembangkit

NO	PEMBANGKIT	ENERGI (Wh)	PRESENTASE ENERGI	DAYA (Watt)	PRESENTASE DAYA
1	Pikohidro	15.804	92.32%	1000	71.42 %
2	PLTS	1.316	7.68 %	400	28.57 %

Dikarenakan waktu efektif PLTS dalam sehari hanya 5 jam maka :

$$\begin{aligned}\text{Daya PLTS} &= \frac{\text{Total Energi PLTS dalam sehari}}{\text{Waktu efektifitas PLTS dalam sehari}} \\ &= \frac{1.316 \text{ Wh}}{5\text{h}} \\ &= 263,2 \text{ W}\end{aligned}$$

Lalu untuk menentukan kapasitas panel dapat menggunakan perhitungan berikut :

$$\begin{aligned}\text{Kap. Panel} &= \frac{\text{Daya PLTS Perjam}}{\text{Efisiensi Inverter}} \\ &= \frac{263,2 \text{ W}}{0,8} \\ &= 329 \text{ Wp}\end{aligned}$$

Kemudian untuk menentukan banyak panel yang digunakan dalam pembangunan ini dapat menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Panel} &= \frac{\text{Kapasitas Panel}}{\text{Jumlah Watt peak}} \\
 &= \frac{329}{100} \\
 &= 3,29 \text{ buah} \\
 &= 4 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Jadi energi yang dihasilkan oleh PLTS selama satu hari yaitu 1.361 Wh atau 1,361 kWh dan jumlah panel yang digunai yaitu 4 dengan besr 100Wp.

3.3 Perhitungan Penentuan Kapasitas Solar Charge Control

Kapasitas dari SCC dihitung, berdasarkan data-data yang telah diketahui:

TEB = 1361 Wh

PPSH (5 jam) = 1361 Wh / 5 h = 272,2 WDC

Selanjutnya ditentukan untuk catu daya sistem SCC:

Jika ditetapkan untuk catu daya sistem VSCC adalah 12 Volt, maka kapasitas arus SCC (ISCC) dapat dihitung, sbb:

$ISCC = PPSH (5 \text{ jam}) VSCC = 272,2 \text{ WDC} : 12 \text{ VDC} = 22,6 \text{ Ampere}$ = maka yang digunakan yaitu **30 A**

Sehingga mencari di standar pasar untuk SCC yang memiliki kapasitas Arus > ISCC. Misal SCC dengan kapasitas 30 A.

3.4 Perhitungan Penentuan Baterai

Untuk menentukan kapasitas baterai yang digunakan pada pembangkit plts dapat ditentukan

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{W}{V \text{ Baterai}}$$

Dengan keterangan sebagai berikut :

W = Kebutuhan Energi Listrik Per Hari (Wh)

V Baterai = Beda Potensial Baterai (Volt)

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Baterai} &= \frac{W}{V \text{ Baterai}} = \frac{17120}{24} \\
 &= 713,33 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

Jadi, kapasitas total baterai yang dibutuhkan adalah 1426,66 Ah

Jika memakai baterai litium 200 A 24 V membutuhkan baterai sejumlah sebagai berikut :

$$= \frac{713,33}{200} = 3,5 \text{ buah}$$

Jika dibulatkan menjadi 4 buah baterai.

3.5 Menentukan Perhitungan Kabel

Merencanakan kapasitas kabel DC untuk saluran dari Panel PV ke MPPT SCC. Berdasarkan perhitungan diketahui arus yang keluar dari Panel PV sebesar 30 A. Maka selanjutnya mencari tipe kabel yang mampu dialiri arus $\geq 30 \text{ A}$, dengan melihat di katalog atau data sheet kabel. Jarak antara Panel PV ke MPPT SCC diperkirakan 5 Meter.

3.6 Menentukan Kapasitas MCB

Perencanaan Kapasitas Pengaman (DC MCB), berdasarkan paramater yang telah didapatkan dari perhitungan kapasitas arus dan kabel yang menghubungkan antara Panel PV ke modul MPPT SCC [16]. Diketahui :

1. Arus total panel surya = IMP Total = 30 A
2. Lihat katalog atau data sheet dari DC MCB yang memiliki kapasitas 30 A.
3. Yang dibutuhkan adalah DC MCB 2 pole (2P) untuk kabel positif dan negatif.

Maka yang digunakan yaitu MCB DC 2 pole 32 A

3.7 Hasil Pengukuran Tegangan, Arus Dan Daya Pada PLTS

Tabel 7 - Pengambilan Data PLTS Hari 1

NO	WAKTU	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (WATT)	KONDISI
1	10.00	13,88	2,13	29,5	Berawan
2	11.00	15,93	5,81	92,5	Cerah
3	12.00	18,72	6,34	118,6	Cerah
4	13.00	14,86	1,09	16,1	Berawan
5	14.00	14,08	3,13	4,4	Hujan

Tabel 8 - Pengambilan Data PLTS Hari 2

NO	WAKTU	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (WATT)	KONDISI
1	10.00	13,11	1,05	13,7	Cerah
2	11.00	14,49	1,23	17,8	Cerah
3	12.00	15,93	6,24	99,4	Cerah
4	13.00	15,76	6,83	107,6	Cerah
5	14.00	15,11	3,33	50,3	Berawan

Tabel 9 - Pengambilan Data PLTS Hari 3

NO	WAKTU	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (WATT)	KONDISI
1	10.00	13,43	2,1	28,2	Berawan
2	11.00	15,17	2,66	40,3	Cerah
3	12.00	15,22	4,17	63,4	Cerah
4	13.00	14,31	1,92	27,4	Cerah
5	14.00	13,81	6,7	9,2	Berawan

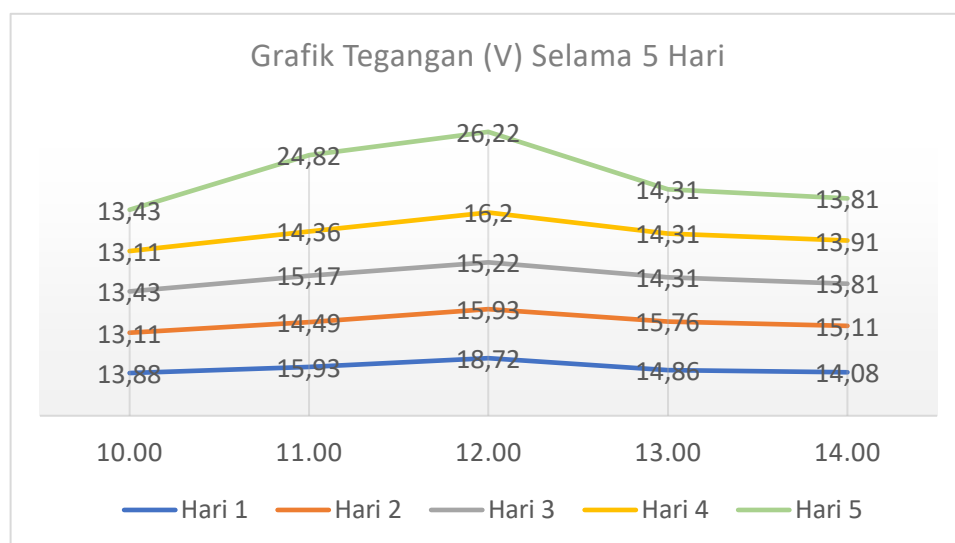
Tabel 10 - Pengambilan Data PLTS Hari 4

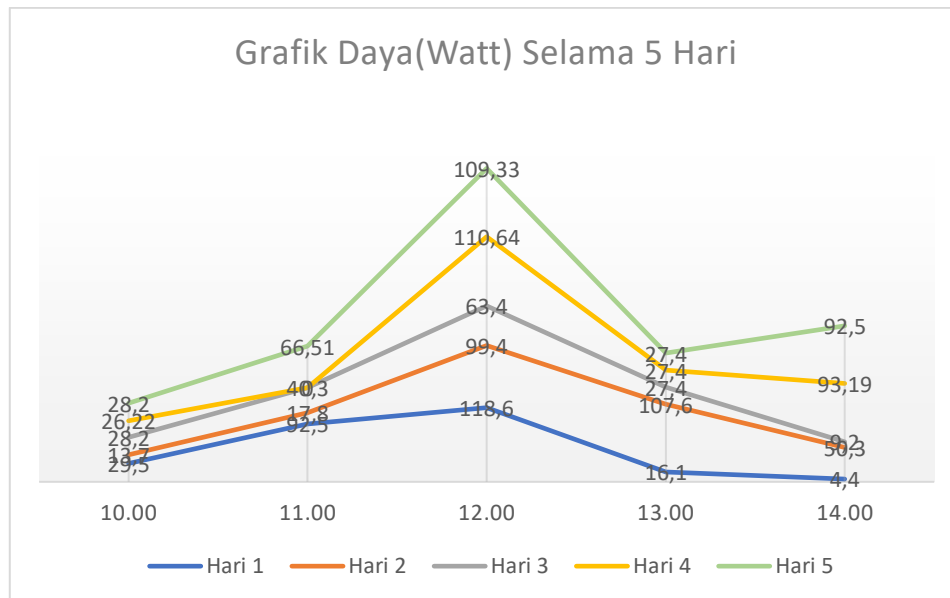
NO	WAKTU	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (WATT)	KONDISI
1	10.00	13,11	2	26,22	Cerah
2	11.00	14,36	3	43,08	Cerah
3	12.00	16,20	6,83	110,64	Cerah
4	13.00	14,31	1,92	27,4	Cerah
5	14.00	13,91	6,7	93,19	Cerah

Tabel 11 - Pengambilan Data PLTS Hari 5

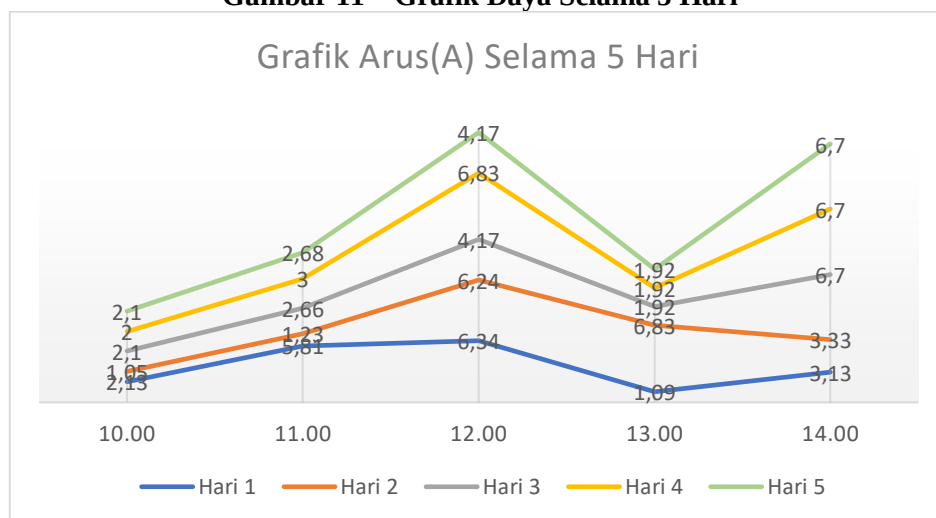
NO	WAKTU	TEGANGAN (V)	ARUS (A)	DAYA (WATT)	KONDISI
1	10.00	13,43	2,1	28,2	Berawan
2	11.00	24,82	2,68	66,51	Cerah
3	12.00	26,22	4,17	109,33	Cerah
4	13.00	14,31	1,92	27,4	Cerah
5	14.00	13,81	6,7	92,5	Cerah

Data dari pengukuran sistem panel surya menunjukkan bahwa sistem terdiri dari 4 panel surya yang dipasang secara paralel. Hal ini menghasilkan nilai daya output yang bervariasi, tergantung pada intensitas sinar matahari yang mengenai permukaan panel. Jika panel surya tidak tertutup oleh bayangan atau awan maka intensitas sinar matahari akan mempengaruhi nilai tegangan dan arus yang dihasilkan. Semakin tinggi intensitas sinar matahari maka semakin besar tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya. Karakteristik panel surya ini menunjukkan bahwa daya keluaran yang dihasilkan bergantung pada intensitas cahaya yang mengenai permukaan panel.

**Gambar 10 – Grafik Tegangan Selama 5 Hari**



Gambar 11 – Grafik Daya Selama 5 Hari



Gambar 12 – Grafik Arus Selama 5 Hari

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan terdapat beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Total energi yang harus dipenuhi oleh plts 1316 Wh berdasarkan dari perhitungan dari selisih total energi beban sebesar 17.120 Wh dikurangi dengan energi yang dihasilkan dari pikohidro sebesar 15.804 yaitu sebesar 1.316 Wh.
2. Mampu membuat desain maupun prototipe dengan kapasitas PLTS sebesar 400 Wp, dengan Baterai berkapasitas 1426,66 Ah, kapasitas SCC sebesar 30 A, MCB DC 2 pole 32 A, dengan relay pembatas LVD dan HVD serta dengan menggunakan inverter dengan kapasitas 1000 W.
3. Daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh PLTS dengan pengujian selama 5 hari di 118,6 W dengan kondisi cuaca saat itu cerah sedangkan pada saat kondisi hujan daya yang dapat dihasilkan dari PLTS sebesar 4,4 W.

Daftar Pustaka

- E. Eswanto, H. Hasan, and Z. M. Razlan, "An Analysis on Performance of Pico-hydro with Archimedes Screw Model Viewed from Turbine Shaft Angle," *Int. J. Eng. Trans. A Basics*, vol. 36, no. 1, pp. 10–18, 2023, doi: 10.5829/ije.2023.36.01a.02.
- T. dan K. E. D. E. B. Jenderal, "Pembangkit Listrik Tenaga Hidro." Accessed: Oct. 15, 2023. [Online]. Available: <https://ebtke.esdm.go.id/lintas/id/investasi-ebtke/sektor-aneka-et>
- [Adlan, S. K. Saptomo, and Prastowo, "Pico hydro turbine building design utilizing irrigation water power: CFD Simulation," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 871, no. 1, pp. 1–14, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/871/1/012038.
- S. Bandri, A. Premadi, and R. Andari, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro (PLTPh) Rumah Tangga," *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 21, no. 1, p. 16, 2021, doi: 10.36275/stsp.v21i1.345.
- H. B. Nurjaman and T. Purnama, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga," *J. Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 136–142, 2022, doi: 10.21831/jee.v6i2.51617.
- A. Suprajitno, "Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Energi Angin dan Surya Melalui Sistem Battery Charging Switching," *Cyclotron*, vol. 5, no. 1, pp. 14–20, 2022, doi: 10.30651/cl.v5i1.11281.
- G. Widayana, "Pemanfaatan Energi Surya," *Jur. Pendidik. Tek. Mesin, FTK, UNDIKSHA Abstr.*, vol. 9 No. 1, pp. 37–46, 2012, doi: 10.23887/jptkundiksha.v9i1.2876.
- H. Asy'ari, Jatmiko, and Angga, "Intensitas Cahaya Matahari," *Simp. Nas. RAPI XI FT UMS*, pp. 52–57, 2012, [Online]. Available: <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/xmlui/handle/11617/3930>
- Y. I. Nakhoda, I. B. Sulistiawati, A. Soetedjo, and J. T. Elektro, "Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro," *Apl. Dan Inov. Ipteks Solidar.*, vol. 1 No. 2, pp. 99–109, 2018.
- H. Firdaus, D. Suryadi, and M. Nurhayati, "Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Untuk Modul Praktikum Di Laboratorium Konversi Energi," *Semin. Teknol. Majalengka*, vol. 6, pp. 79–83, 2022, doi: 10.31949/stima.v6i0.744.
- H. P. Dewanto, D. A. Himawanto, and S. I. Cahyono, "Pembuatan dan pengujian turbin propeller dalam pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga air piko hidro (PLTA-PH) dengan variasi debit aliran," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 12, no. 2, pp. 54–62, 2018, doi: 10.36289/jtmi.v12i2.72.
- M. Ibrahim, I. Dirja, and V. Naubnome, "Rancang Bangun Prototipe PLTPh Sebagai Listrik Penerangan Kapasitas 9 Watt," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 13, no. 2, p. 63, 2020, doi: 10.24843/jem.2020.v13.i02.p04.
- A. D. Suprayogo, "Pembuatan Turbin Air Tipe Undershot Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPh) Dengan Memanfaatkan Aliran Air Curug Gondoriyo Ngaliyan Semarang

Barat,” *Repository.Usm.Ac.Id*, 2020.

Pasang Panel Surya, “Inilah Beberapa Perbedaan SCC MPPT dan PWM,” *pasangpanelsurya.com*. Accessed: Dec. 27, 2023. [Online]. Available: <https://pasangpanelsurya.com/perbedaan-mppt-pwm/>

M. A. Syururi, B. S. Kaloko, and W. Cahyadi, “Rancang Bangun Inverter 600 Watt dengan Metode Sinusoidal Pulse Width Modulation,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 11, no. 3, pp. 147–154, 2022, doi: <https://doi.org/10.35793/jtek.v11i3.42618>.

W. P. Muljanto, S. Priyanto, M. F. Salam, and ..., “DESIGN OF DATA ACQUISITION FOR THE PRODUCTION AND UTILIZATION OF 500kWp SOLAR POWER PLANT AT CAMPUS-II ITN MALANG USING SCADA ...,” *J. Sustain. ...*, vol. 4, no. 1, pp. 17–24, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/JSTAS/article/view/5894%0Ahttps://ejournal.itn.ac.id/index.php/JSTAS/article/download/5894/4395>