

Pembuatan Panel Listrik Hybrid untuk Pondok Pesantren Yatim Dhuafa (PPYD) Al Ikhlas Kecamatan Singosari Kabupaten Malang

Irwan Heryanto Eryk^{1,*}, M. Noor Hidayat², Asfari Haris Santoso³

^{1,2}Politeknik Negeri Malang; Jl. Soekarno-Hatta No 9 Telp. 0341 4404423

³Sistem Kelistrikan, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

e-mail: ¹*eryk@polinema.ac.id, ²mnoorh@polinema.ac.id, ³asfari.haris@polinema.ac.id

Abstract

The Al-Ikhlas Putri Orphanage Islamic Boarding School (PPYD) is in Pagetan, Candirenggo, Singosari District, Malang Regency, East Java. The Islamic boarding school is already within reach of the State Electricity Company (PLN) electricity grid. However, the area's renewable energy potential is significant for power generation. The research aimed to solve the problem of energy consumption in PPYD Al Ikhlas due to energy potential of the Al-Ikhlas Putri PPYD area lies in its consistently high annual sunshine intensity. This potential can be harnessed in a solar power plant (PLTS) to generate electricity. The electricity generated by the PLTS is then distributed to loads such as lights and electrical outlets. Care must be taken to ensure the current distribution is effective to prevent interference or short circuits. Data collection was carried out through testing, measuring the inverter input voltage, inverter input current, inverter output voltage, and inverter output current. After collecting this data, analysis was performed. The performance test results showed that the hybrid inverter performed well, with an average efficiency of 91.35% during nighttime measurements. Meanwhile, daytime measurements yielded an average efficiency of 90.02%. The hybrid inverter's output waveform was sinusoidal and give many aadvantages for PPYD Al Ikhlas.

Keywords—elcetrical panel, photovoltaic, hybrid system, inverter

1. PENDAHULUAN

Keperluan energi listrik ialah hal yang sangat terutama bagi kebutuhan sehari-hari untuk manusia, untuk pada saat ini sudah sangat banyak para peneliti yang sedang mencari solusi agar tidak lagi menggunakan bahan bakar dari fosil. Dikarenakan sebagian besar manusia masih menggunakan bahan bakar fosil untuk kebutuhan listrik pada rumah tangga. [1] Pemanfaatan energi terbarukan dapat memanfaatkan tenaga listrik dari radiasi matahari dengan menggunakan Sebuah sel surya yang mempunyai fungsi untuk mengubah radiasi matahari (iradiance) menjadi energi listrik arus searah secara langsung yang sering kita tahu dengan pembangkit listrik tenaga surya. Dan Untuk pembangkit listrik tenaga surya juga sangat mudah dalam perawatannya. [2][3]

Pondok pesantren Yatim Dhuafa Al-Ikhlas terletak di Dusun Pagetan, Desa Candirenggo, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Pada masalah ini didapatkan biaya tagihan listrik pada pondok pesantren yatim dhuaya Al-Ikhlas terlalu tinggi, menyebabkan pihak ponpes merasa keberatan untuk memenuhi pembayaran listrik dari PLN. Potensi radiasi matahari yang ada di pondok pesantren yatim dhuafa Al-Ikhlas sangatlah

mendukung untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Maka tujuan pengabdian masyarakat ini ialah untuk membuat panel Listrik terdiri dari inverter dan peralatan Proteksinya untuk bekerja secara parallel dengan sumber dari PLN.

Inverter adalah sebuah alat elektronika yang dapat mengubah sumber tegangan DC (searah) menjadi sumber tegangan AC (bolak-balik) dengan besaran magnitudo dan frekuensi yang diperlukan.[5] Untuk gelombang keluaran Inverter pada umumnya dapat dibagi menjadi 3 jenis gelombang yaitu segi empat (*square wave*), sinyal sinus termodifikasi (*modified sine wave*), dan sinyal sinus murni (*pure sine wave*) [6].

2. METODE

Metode dan tahapan pengabdian ini meliputi :

1. Analisis kebutuhan tenaga listrik yang diperlukan untuk kegiatan operasional di PPYD Al Ikhlalas.
2. Estimasi potensi daya yang dapat dibangkitkan dari aliran air di sekitar lokasi PPYD Al Ikhlalas untuk menghitung perkiraan kapasitas panel surya dan generator.
3. Membangun konstruksi sipil yang dibutuhkan untuk pembangunan panel surya air dan mounting panel surya.

4. Jika didapatkan potensi daya panel surya yang lebih kecil dari kebutuhan beban, maka disusun skala prioritas beban yang harus disuplai.
5. Langkah selanjutnya mendesain panel surya yang cocok dengan kondisi yang ada di aliran sungai kawasan PPYD Al Ikhlâs. Material panel surya harus terbuat dari bahan yang tahan korosi. Pekerjaan dimulai dengan mengukur potensi energi dari aliran air dengan mengacu pada persamaan yang telah ada di literatur.
6. Desain Panel dan instalasi listrik untuk kebutuhan suplai energi di satu lantai. PPYD Al Ikhlâs termasuk kebutuhan baterai, charger controller dan sistem proteksinya.

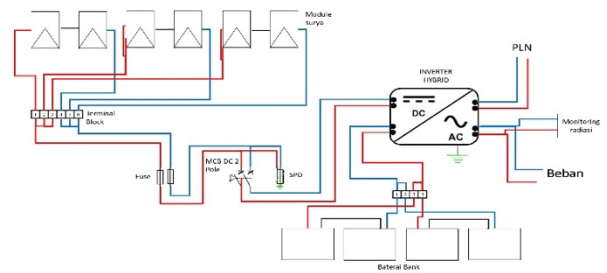
2.1 Sistem Hybrid PLTS dan PLN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan sistem hybrid adalah suatu sumber listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan dapat digabungkan dengan sumber listrik lain seperti PLN. Maka sistem dapat bergantian untuk menyuplai beban dan akan saling menyokong ketika terjadi kekurangan daya listrik dari panel surya.[10]

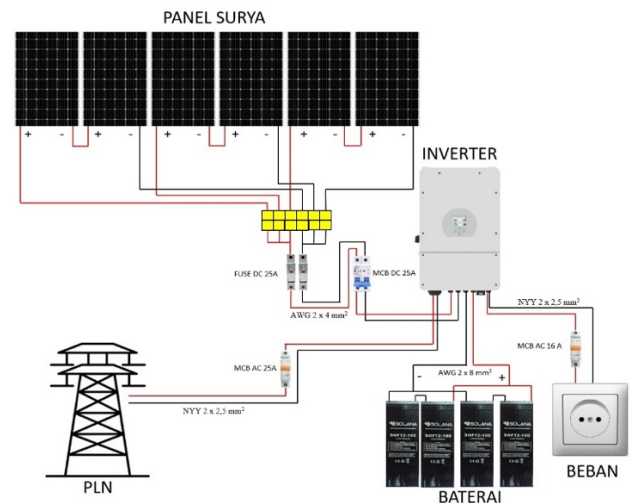
Pada sistem pembangkit Listrik Tenaga Surya ini, sumber utamanya ialah dari panel surya yang akan dikonversikan dan di simpan di baterai. pada saat photovoltaic menghasilkan lebih sedikit dari pada daya yang dibutuhkan, semisal kan pada saat malam hari sumber listrik akan diambil dari baterai. Jika daya baterai sudah tidak dapat mencukupi maka listrik akan diambilkan dari jaringan sumber utama yaitu dari PLN.[11]

2.1.1 Perencanaan PLTS

Sistem dari PLTS sebagai berikut jumlah sel surya yang dipakai sebanyak 6 buah Monocrystalline yang dipasang 3 seri dan 2 paralel lalu sel surya langsung dipasang ke Inverter hybrid dari Inverter hybrid langsung diubah dari arus DC ke arus AC dan disalurkan ke beban secara langsung. Jika energi dari sel surya terlalu besar maka dari Inverter hybrid akan menyalurkan energi tersebut ke baterai untuk menyimpan kelebihan daya yang dihasilkan oleh panel surya. [12] dan sebaliknya jika energi dari sel surya kurang maka Inverter hybrid akan mengambil daya dari baterai. Dan jika baterai dan sel surya tidak mencukupi untuk menyuplai beban maka Inverter hybrid akan menggunakan sumber dari PLN.



Gambar 1. Wiring PLTS



Gambar 2. Panel PLTS

2.1.2 Perencanaan Hybrid System

Pure Sine Wave (PSW) Inverter adalah Inverter gelombang sinus murni dapat menyimulasikan dengan tepat daya AC yang disalurkan oleh PLN. Biasanya Inverter gelombang sinus lebih mahal daripada generator gelombang sinus yang dimodifikasi karena sirkuit tambahan. kemampuannya untuk menyediakan daya ke semua perangkat elektronik AC [8]. Konversi DC / AC gelombang sinus murni akan memasukkan harmonik paling sedikit ke dalam listrik perangkat, tetapi juga metode yang paling mahal. Karena gelombang sinus AC harus berasal dari sumber DC, peralihan harus tetap dilakukan. Namun, peralihan berlangsung dengan logika sehingga energi disalurkan ke beban mendekati gelombang sinus murni [9]. Inverter tipe Pure Sine Wave dapat menghidupkan peralatan elektronik dari beban Resistif hingga beban induktif contohnya komputer, lampu, sampai motor listrik. Dengan (*Total Harmonic Distortion*) THD nya menjadi kurang dari 3% sehingga sangat cocok untuk peralatan elektronik.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan sistem hybrid adalah suatu sumber listrik yang

dihasilkan oleh panel surya dan dapat digabungkan dengan sumber listrik lain seperti PLN. Maka sistem dapat bergantian untuk menyuplai beban dan akan saling menyokong ketika terjadi kekurangan daya listrik dari panel surya [10].

Pada sistem pembangkit Listrik Tenaga Surya ini, sumber utamanya ialah dari panel surya yang akan dikonversikan dan di simpan di baterai. pada saat photovoltaic menghasilkan lebih sedikit dari pada daya yang dibutuhkan, semisal kan pada saat malam hari sumber listrik akan diambil dari baterai. Jika daya baterai sudah tidak dapat mencukupi maka listrik akan diambilkan dari jaringan sumber utama yaitu dari PLN [11].

Berdasarkan data yang diperoleh, diketahui bahwa beban yang terpasang pada PPYD Al-Ikhlas, Singosari, Kabupaten Malang sebesar 10.230 Wh. Berdasarkan data beban yang akan disuplai PLTS dengan mempertimbangkan kemampuan biaya, maka keseluruhan beban belum dapat ditanggung oleh baterai. Oleh karena itu diperlukan adanya pemilihan beban prioritas yang akan disuplai oleh baterai apabila dari ketiga pembangkit terbaru dan PLN mengalami gangguan. Beban prioritas adalah beban yang tidak atau seminimal mungkin mengalami pemadaman. Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan dengan pihak PPYD Al-ikhlas, maka beban prioritas yang dipilih adalah ruangan ustadzah dengan total energi 4164 Wh.

Data yang dibutuhkan dalam tahap ini diperoleh dari perencanaan panel surya yang telah dilakukan. Diperlukan data spesifikasi panel surya yang meliputi tegangan open circuit dan arus short circuit. Hal ini disebabkan karena tegangan dan arus pada kondisi tersebut adalah tegangan dan arus yang paling besar jika terdapat gangguan pada sistem PLTS.

Panel surya yang digunakan adalah tipe monocrystalline dengan tegangan open circuit (VOC) adalah 23 volt untuk setiap PV. Dalam sistem ini PV akan disusun 3 seri dan 2 paralel sehingga VOC total adalah 46 volt. Sedangkan arus short circuit (ISC) setiap PV adalah 6,3 A sehingga besar ISC total adalah 18,9 A.

Setelah melakukan pengumpulan data, selanjutnya dilakukan perencanaan kapasitas charge controller yang akan dipakai. Dalam menghitung kapasitas charge controller diperlukan perhitungan arus menggunakan rumus $ISCC = I_{sc} \text{ Panel} \times 125\%$, dimana I_{sc} adalah arus SCC (Ampere), I_{sc} panel adalah arus short circuit yang terdapat pada panel surya, dan 125% adalah nilai kompensasi [16]. Berikut merupakan perhitungan kapasitas sebagai pertimbangan pemilihan SCC

$$ISCC = I_{sc} \text{ Panel} \times 125\%$$

$$ISCC \text{ TOTAL} = 18,9 \text{ A} \times 125\% = 23,625 \text{ A}$$

$$VOC \text{ total} = 23 \text{ V} \times 2 = 46 \text{ V}$$

$$I_{sc} \geq I_{sc} \text{ panel} = 50 \text{ A} \geq 23,625 \text{ A}$$

$$V_{sc} \geq V_{sc} \text{ panel} = 80 \text{ V} \geq 46 \text{ V}$$

Jadi SCC yang dipilih adalah SCC dengan spesifikasi charging current max 50A dengan tegangan open circuit maksimum adalah 80Vdc sesuai dengan ketersediaan di pasaran dan input daya yang terdapat pada spesifikasi SCC.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil observasi di PPYD AL-IKHLAS, Singosari, kabupaten Malang didapatkan hasil pengukuran beban yang akan disuplai oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya yaitu pada kantor dan kamar di lantai satu dan untuk data beban yaitu sebagai berikut:

Tabel 1 Data Pembebanan

Lantai	No	Ruang	Beban	Spesifikasi Beban		Total Beban (W)
				Daya (W)	Jumlah Beban	
Lantai 1 Belakang	1	Lab komputer	Lampu	12	4	48
			Kotak Kontak (Charger HP/ Laptop)	50	2	100
	2	Kamar Ustadzah	Lampu	12	6	72
			Kotak Kontak (KIPAS ANGIN)	64	1	64
			Kotak Kontak (Charger HP/ Laptop)	50	3	150
	3	Kamar Santri	Lampu	12	5	60
Lantai 2 Belakang	4		Kotak Kontak (Charger HP/ Laptop)	50	5	250
			Lampu	12	4	48
			Kotak Kontak	50	1	50
	5	Teras Lantai 1B	Lampu	12	2	24
			Kotak Kontak	50	1	50
			Total Beban Pada Lantai 1 Belakang			842
Lantai 3 Belakang	6	Kelas 1	Lampu	12	2	24
			Kotak Kontak	50	1	50
	7	Kelas 2	Lampu	12	4	48
			Kotak Kontak	50	1	50
	8	kelas 3	Lampu	12	4	48
			Kotak Kontak	50	1	50
Lantai 3 Belakang	9	Teras dan Tangga Lantai 2	Lampu	12	9	108
			Total Beban Lantai 2 Belakang			378
	10	Kelas 4	Lampu	12	4	48
			Kotak Kontak	50	1	50
	11	Kelas 5	Lampu	12	4	48
			Kotak Kontak	50	1	50
Lantai 3 Belakang	12	Kelas 6	Lampu	12	4	48
			Kotak Kontak	50	1	50
	13		Kotak Kontak (Charger HP/ Laptop)	50	1	50
	14	Teras	Lampu	12	9	108
			Total beban Lantai 3 Belakang			452
			Total			1672

Untuk menentukan Daya dari sebuah Inverter, maka kita harus mengetahui berapa tingkat efisiensi dari Inverter hybrid, Untuk tipe Inverter hybrid memiliki Range sekitar 70% sampai 85%. Setelah melakukan pengukuran pada beban, maka total beban yang akan disuplai oleh Inverter sebesar 1Watt. Maka besar daya Inverter yang akan dibutuhkan yaitu sebagai berikut:

$$P_{\text{inverter}} = P_{\text{total}} + 40 \% \quad \dots /$$

$$P_{\text{inverter}} = 1672 \text{ Watt} + 40\%$$

$$P_{\text{inverter}} = 2340 \text{ Watt}$$

Jadi, untuk spesifikasi yang digunakan yaitu memiliki besar daya sebesar 2400 Watt.

Tabel 2. Spesifikasi Inverter

Inverter model	HPS 3K-24V
Rated output power	2400W
Output voltage wavefrom	Pure Sine Wave
Output voltage regulation	230Vac±5%
Output frequency	50 Hz
Peak efficiency	95%
Overload protection	5s@≥150% load; 10s@110%~150% load
Surge capacity	2* rated power fo 5 nds
Nominal DC input voltage	24 Vdc
Cold start voltase	23.0 Vdc
Low DC warning Voltage	
@ load < 20%	22.0 Vdc
@ 20% ≤ load < 50%	21.4 Vdc
@ load ≥ 50%	20.2 Vdc
Low DC warning return voltage	
@ load < 20%	23.0 Vdc
@ 20% ≤ load < 50%	22.4 Vdc
@ load ≥ 50%	21.2 Vdc
Low DC cut-off voltage	
@ load < 20%	21.0 Vdc
@ 20% ≤ load < 50%	20.4 Vdc
@ load ≥ 50%	19.2 Vdc
High DC cut-off voltage	31 Vdc
Saving mode power cosumption	<10W

Efisiensi Inverter merupakan besaran persentase jumlah daya yang keluar dengan jumlah yang masuk. Maka untuk mencari efisiensi maka diperlukan data tegangan input, arus input, tegangan output dan arus output. [13] Pada pengukuran nilai efisiensi ini menggunakan peralatan Power suplai atau baterai 200 Ah degan output tegangan sebesar 24 volt DC, Inverter 2400 Watt, beban, dan menggunakan alat ukur multimeter. Efisiensi dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$Efisiensi = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad ..(2)$$

$$Efisiensi = \frac{V_{out} \times I_{out}}{v_{in} \times I_{out}} \times 100\% \quad ..(3)$$

Dimana :

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

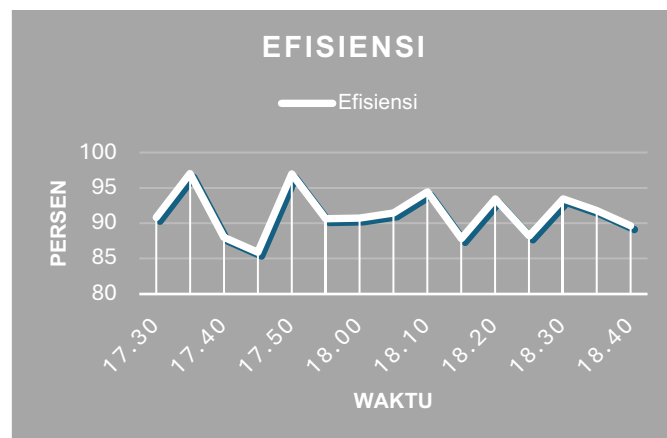
η = Efisiensi daya (%)

P (Pin) daya = Hasil daya dari perkalian V × I (Watt)

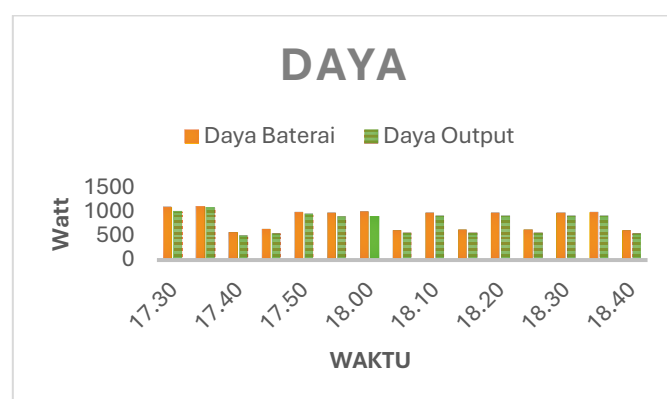
P (Pout) daya= Hasil daya dari perkalian V × I (Watt)

Tabel 3. Hasil Pengukuran Malam hari

Waktu	Pv	Baterai			Output Inverter AC			Efisiensi (η%)	Frekuensi (50 Hz)	Load (%)
		V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)			
17:30	-	21.8	51	1111.8	229	4.41	1009.8	90.82	50	42
17:35	-	21.6	52	1123.2	228	4.78	1089.8	97.02	50	43
17:40	-	23.3	25	582.5	228	2.25	513	88.06	50	21
17:45	-	23.3	28	652.4	228	2.46	560.8	85.9	50	23
17:50	-	22.1	45	994.5	228	4.23	964.4	96.97	50	38
17:55	-	23.1	43	993.3	229	3.93	899.97	90.6	50	37
18:00	-	22	46	1012	229	4.01	918.2	90.73	50	38
18:05	-	23	27	621	229	2.48	567.9	91.44	50	23
18:10	-	21.9	45	985.5	228	4.04	921.1	94.46	50	38
18:15	-	23	28	644	229	2.47	565.6	87.82	50	23
18:20	-	21.9	45	985.5	228	4.04	921.1	93.46	50	38
18:25	-	22.9	28	641.2	229	2.47	565.6	88.2	50	23
18:30	-	21.9	45	985.5	229	4.02	920.5	93.4	50	38
18:35	-	21.8	46	1002.8	228	4.04	921.1	91.85	50	38
18:40	-	22.9	27	618.3	228	2.43	554	89.6	50	23
Rata-rata		22.43	38.73	863.56	228.46	3.47	783.74	91.35	50	32.4



Gambar 3. Efisiensi Sistem PLTS



Gambar 4. Daya Pengukuran Malam

Dari data yang diperoleh dapat dilihat hasil pengukuran pada malam hari pada tanggal 27 Juli 2023 titik puncak dari beban berada pada jam 17:35 dikarenakan pada saat pengukuran pompa air menyala maka ada lonjakan beban yang terjadi. Jika pompa air tidak menyala maka didapatkan rata-rata beban

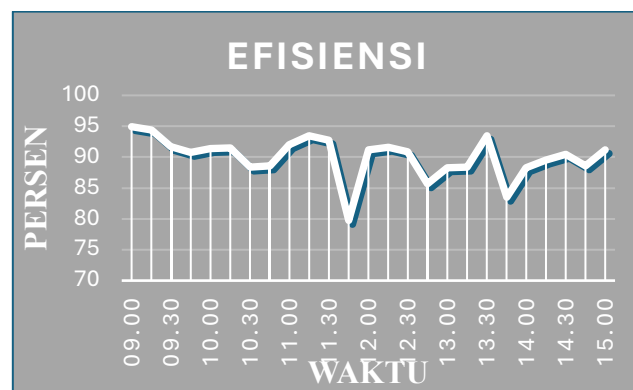
puncak pada gedung lantai 1, lantai 2, dan lantai 3 sebesar 783.74watt

Efisiensi kinerja Inverter hybrid minimum pada 85.9% pada jam 17:40 dan untuk kinerja efisiensi maksimum di 97.02% pada jam 17:35, maka untuk rata-rata efisiensi yang dihasilkan oleh Inverter hybrid sebesar 91.35%.

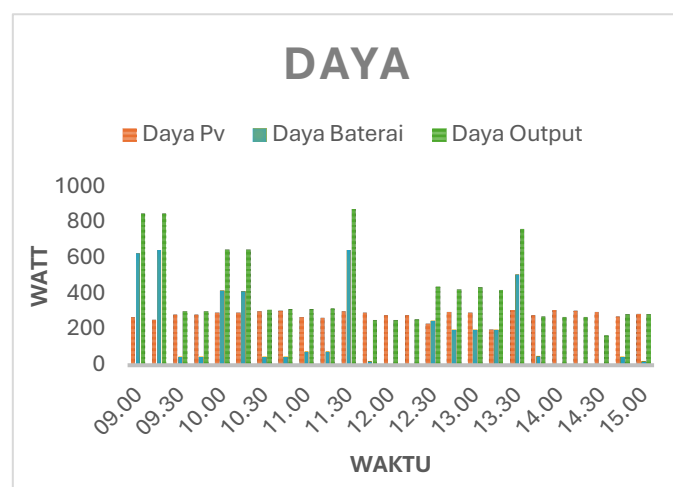
Jadi untuk analisisnya Untuk voltase yang dihasilkan dari Inverter hybrid pada saat percobaan nilainya stabil di angka 228 volt sampai 229 volt, Untuk voltase masih aman untuk peralatan elektronik. Untuk daya yang disuplai oleh Inverter hybrid rata-rata di 783.74 watt dengan rata-rata bebannya 39% dari kapasitas inverter hybrid. Untuk nilai efisiennya tidak terlalu jauh dari name plat dari Inverter hybrid yaitu di angka 95%. Untuk frekuensi yang dihasilkan oleh Inverter hybrid stabil di angka 50 Hz.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Sistem PLTS

Waktu	Pv			Baterai			Output Inverter AC			Efisiensi (η%)	Frekuensi (50 Hz)	Load (%)
	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)			
9:00	24	11.17	268	24.2	26	629.2	229	3.72	851.8	94.93	50	35
9:15	23	11.12	255.7	23.9	27	645.3	228	3.73	850.4	94.38	50	35
9:30	25	11.4	282.2	25.5	2	51	228	1.34	305.5	91.68	50	12
9:45	25	11.32	283	25.5	2	51	228	1.33	303.2	90.77	50	12
10:00	24	12.2	292.8	24.6	17	418.2	228	2.85	649.8	91.39	50	27
10:15	24	12.23	293.5	24.5	17	416.5	228	2.85	649.8	91.52	50	27
10:30	27	11.21	302.6	25.5	2	51	228	1.37	312.3	88.33	50	12
10:45	27	11.26	304	25.5	2	51	228	1.38	314.6	88.61	50	15
11:00	28	9.57	267.9	25.5	3	76.5	228	1.39	316.9	92.01	50	16
11:15	29	9.47	265.1	25.5	3	76.5	228	1.4	319.2	93.44	50	15
11:30	33	9.12	300.9	23.9	27	645.3	228	3.85	877.8	92.77	50	36
11:45	33	8.15	294.5	25.6	1	25.6	228	1.12	255.3	79.75	50	11
12:00	34	8.24	280.1	25.8	0	0	228	1.12	255.3	91.14	50	10
12:15	34	8.27	281.1	25.8	0	0	228	1.13	257.8	91.63	50	10
12:30	24	6.89	234.2	25.2	10	252	229	1.93	441.9	90.9	50	18
12:45	34	8.7	295.8	25.2	8	201.6	228	1.87	426.3	85.71	50	17
13:00	34	8.66	294.4	25.2	8	201.6	228	1.92	437.7	88.25	50	18
13:15	34	8.1	201.6	25.2	8	201.6	228	1.85	421.8	88.42	50	17
13:30	34	9.1	309.4	24.2	21	508.2	228	3.35	763.8	93.41	50	31
13:45	34	8.25	280.5	25.6	2	51.2	229	1.21	277	83.53	50	11
14:00	30	10.24	307.2	25.7	0	0	228	1.19	271.3	88.32	50	11
14:15	30	10.19	305.7	25.8	0	0	228	1.2	273.6	89.49	50	11
14:30	30	9.95	298	25.8	0	0	228	1.18	269.4	90.4	50	11
14:45	30	9.1	273	25.5	2	51	228	1.26	287	88.58	50	11
15:00	30	9.56	286.8	25.7	1	25.7	228	1.25	285	91.2	50	11
Rata-rata	29.36	9.73	282.3	25.2	7.5	185.2	228.1	1.89	434.02	90.02	50	17.6



Gambar 5. Efisiensi Pengukuran Siang



Gambar 6. Daya Pengukuran Siang

Dari data yang diperoleh dapat dilihat hasil pengukuran pada siang hari pada tanggal 29 Juli 2023 titik puncak dari beban berada pada jam 09:00. Untuk daya yang di suplai Inverter hybrid pada pengukuran siang hari didapatkan rata-rata beban puncak pada gedung lantai 1, lantai 2, dan lantai 3 sebesar 429.86 watt.

Efisiensi kinerja Inverter hybrid minimum pada 79,75% pada jam 11:45 dan untuk kinerja efisiensi maksimum di 94.93 % pada jam 09:00, maka untuk rata-rata efisiensi yang dihasilkan oleh Inverter hybrid sebesar 90.02%.

Jadi untuk analisisnya voltase yang dihasilkan dari Inverter hybrid pada saat percobaan nilainya stabil di angka 228 volt sampai 229 volt, Untuk voltase masih aman untuk peralatan elektronik. Untuk daya yang disuplai oleh Inverter hybrid rata-rata di 434.02 watt dengan rata-rata bebannya 17.6% dari kapasitas Inverter hybrid. Untuk nilai efisiennya tidak terlalu jauh dari name plat dari Inverter hybrid yaitu di angka 95%. Untuk frekuensi yang dihasilkan oleh Inverter hybrid stabil di angka 50 Hz.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian sistem hybrid didapatkan hasil output tegangan 228 volt sampai 229 volt secara konstan dan untuk frekuensi 50 Hz. Panel hybrid dapat menyuplai beban dengan menggunakan baterai dan PV tidak lebih dari 1000 watt jika Inverter hybrid dibebani lebih dari 1000 watt maka inverter akan otomatis akan menggunakan sumber dari PLN.

Efisiensi Inverter pada pengukuran malam hari didapatkan efisiensi terendah pada jam 17:40 di 85.9% dan efisiensi tertinggi terjadi pada jam 17:35 di 97.02%, untuk rata-rata efisiensi pada pengukuran malam hari didapatkan nilai 91.35%. pada pengukuran siang hari didapatkan efisiensi terendah pada jam 11:45 di 79,75% dan efisiensi tertinggi terjadi pada jam 09:00 di 94.93 %, untuk rata-rata efisiensi pada pengukuran siang hari didapatkan nilai 90.02%.

Berdasarkan hasil pengujian dan pengamatan di PPYD Al Ikhlas, alat ini memberikan dampak positif bagi pembelajaran pada pondok pesantren terutama pada saat pemadaman listrik oleh PLN, pesantren masih dapat melakukan pembelajaran karena suplai daya listrik tetap tersedia dari panel *hybrid*. Selain itu pengurangan tagihan listrik cukup signifikan antara 25-30 % penurunan tagihan listrik PLN.

5. SARAN

Untuk mendapatkan analisis ekonomi, diperlukan penelitian lebih lanjut terkait metode analisis *finansial* dengan metode *benefit cost ratio* (BCR)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pengasuh dan ustadz serta ustadzah di PPYD Aal Ikhlas serta pihak-pihak yang telah memberi dukungan moral dan dana terhadap program pengabdian masyarakat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Winardi, B., Nugroho, A. and Dolphina, E., 2019, Perencanaan Dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Untuk Desa Mandiri. *J. Tekno*, vol. 16, no. 2, pp. 1–11, doi: 10.33557/jtekn.v16i1.603.
- [2] ABB QT, 2010, Technical Application Papers No.10. Photovoltaic plants, *Tech. Appl. Pap.*, vol. 10, no. 8, p. 107. Available: [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/d54672ac6e97a439c12577ce003d8d84/\\$file/vol.10.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/d54672ac6e97a439c12577ce003d8d84/$file/vol.10.pdf). v Diakses: 30 Agustus 2021
- [3] Syukri, M., 2010, Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh, *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 9, no. 2, pp. 77–80. Available: <https://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE/article/view/167/160>
- [4] Prasetya, A. M., 2021, Implementasi Inverter Pure Sine Wave Untuk Pemanfaatan Energi Surya, *Theta Omega J. Electr. Eng. Comput. Inf. Technol. e-ISSN 2745-6412, p-ISSN 2797-1740*. Available: <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/thetaomega/article/view/3953>
- [5] Nuryanto, L. E., 2021, Perancangan Sistem Kontrol Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Pln Dan Plts) Kapasitas 800 Wp. *Orbith*, vol. 17, no. 3, pp. 196–205.
- [6] Azmi, K., 2017, Desain Dan Analisis Inverter Satu Fasa Dengan Menggunakan Metode Spwm Berbasis Arduino, *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 2, no. 4, pp. 36–44.
- [7] Kementerian Sumber Daya Mineral, 2020, Panduan Pengelolaan Lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), pp. 57–64.
- [8] Doucet, J., Eggleston, D. and Shaw, J., 2007, DC – AC Pure Sine Wave Inverter for satellite based telephone systems, *PWM Pure Sine Wave Power Invert.*, vol. 1, no. April, pp. 1–58. Available: <https://digitalcommons.wpi.edu/mqp-all%0ARepository>
- [9] Bitar, A. S. J. and Crowley, I. F., 2011, PWM Techniques: A Pure Sine Wave Inverter, *Major Qualifying Project, Worcester*.
- [10] Saputra, A., *ANALISA KARAKTERISTIK OPERASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA HYBRID (PV DAN GRID)*.
- [11] Fakhri, A., 2022, PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID TENAGA SURYA DAN PLN.
- [12] S. Abud, *PENGEMBANGAN SCADA PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) HYBRID BERBASIS MIKROKONTROLER*.
- [13] Yulianto, F., Dwiono, W. and Winarso, W., 2019, Analisis Perbandingan Efisiensi Daya Modified Sine Inverter Dengan Pure Sine Inverter, *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 17–24. Doi: 10.30595/jrre.v1i1.4924.