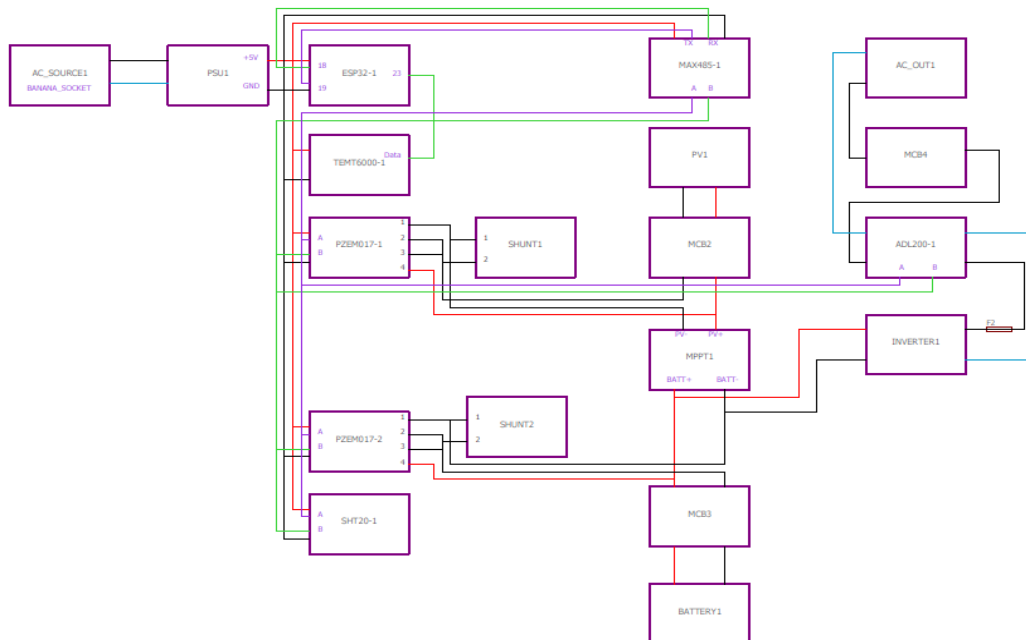


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melakukan analisa kinerja *photovoltaic*, serta membandingkan tegangan dan arus keluaran *photovoltaic* yang terbaca oleh sensor (PZEM017) dengan tegangan dan arus keluaran dari inverter yang terbaca oleh sensor (ACREL ADL200), seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Schematic Diagram PLTS

Dari data tegangan dan arus tersebut dilakukan perhitungan untuk menentukan efisiensi energi surya yang dihasilkan oleh PLTS jika diterapkan di Laboratorium Bahasa Universitas Panca Marga. Selain pengambilan data tegangan dan arus photovoltaic, dilakukan juga pengukuran intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor (TEMPT6000). Proses pengujian modul *photovoltaic* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengambilan data *photovoltaic*

4.1 Data Pengujian PLTS

Dalam penelitian ini, pengumpulan data pengukuran dilakukan secara langsung. Pengukuran ini dilaksanakan setiap interval 15 menit selama 7 jam setiap harinya, dan berlangsung selama 3 hari pada rentang tanggal 3 hingga 5 Agustus 2023.

4.1.1 Data Pengukuran Intensitas Cahaya

Pengukuran intensitas cahaya ini di ambil di Universitas Panca Marga, Probolinggo.

Tabel 4.1 Intensitas Cahaya Matahari

Waktu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)		
	Tanggal 3	Tanggal 4	Tanggal 5
08.00	1620	1618	1537
08.15	1528	1568	1604
08.30	1553	1586	1593
08.45	1540	1618	1576
09.00	1554	1537	1604
09.15	1592	1583	1589

Tabel 4.1 (Lanjutan)

Waktu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)		
	Tanggal 3	Tanggal 4	Tanggal 5
09.30	1570	1623	1603
09.45	1529	1572	1567
10.00	1545	1598	1556
10.15	1551	1559	1564
10.30	1600	1596	1592
10.45	1539	1550	1601
11.00	1589	1602	1534
11.15	1533	1548	1552
11.30	1591	1609	1574
11.45	1611	1525	1623
12.00	1580	1600	1572
12.15	1623	1582	1584
12.30	1552	1618	1611
12.45	1616	1551	1604
13.00	1600	1529	1546
13.15	1617	1566	1526
13.30	1554	1574	1567
13.45	1593	1586	1531
14.00	1548	1584	1576
14.15	1540	1528	1580
14.30	1579	1574	1567
14.45	1528	1558	1580
15.00	1618	1571	1589
Rata-rata	1574,804598		

Dari hasil penarikan data sensor intensitas cahaya (TEMPT6000) selama 3 hari berturut-turut diperoleh nilai rata-rata intensitas cahaya di lokasi pengujian adalah 1574,8 Lux. Adapun intensitas cahaya tertinggi berada di kisaran waktu antara jam 11.45-12.15 WIB.

4.1.2 Data Pengukuran Tegangan, Arus dan Daya Keluaran Panel Surya (DC)

Data pengukuran dari panel surya diambil pada tanggal 5 Agustus 2023. Pengambilan data dilakukan setiap 15 menit dalam rentang waktu 7 jam, dimulai dari pukul 08.00 hingga 15.02 WIB.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran *Output* Panel Surya

Waktu	05-Agu-23					
	Monocrystalline			Polycrystalline		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
8:00:11	14,11	3,07197	43,3455	14,12	3,35797	47,4146
8:16:11	14,07	3,06326	43,1001	15,07	3,5839	54,0094
8:31:13	21,44	4,66782	100,078	15,91	3,78366	60,1981
8:46:11	21,62	4,70701	101,766	18,47	4,39248	81,129
9:01:12	22,13	4,81805	106,623	18,04	4,29021	77,3955
9:16:13	21,72	4,72878	102,709	18,26	4,34253	79,2947
9:28:12	20,4	4,4414	90,6045	18,83	4,47809	84,3224
9:47:19	21,6	4,70266	101,577	17,58	4,18082	73,4988
10:00:43	21,99	4,78757	105,279	21,35	5,07739	108,402
10:14:43	20,67	4,50018	93,0188	18,00	4,2807	77,0526
10:29:43	22	4,78974	105,374	18,18	4,32351	78,6014
10:44:43	21,52	4,68524	100,826	21,34	5,07501	108,301
10:59:43	20,33	4,42616	89,9838	18,58	4,41864	82,0982
11:14:43	20,74	4,51542	93,6499	18,89	4,49236	84,8607
11:29:43	22,02	4,7941	105,566	20,32	4,83244	98,1951
11:44:43	20,5	4,46317	91,495	20,10	4,78012	96,0804
11:59:43	20,95	4,56114	95,5559	21,52	5,11782	110,135
12:14:43	21,23	4,6221	98,1272	21,70	5,16062	111,986
12:29:43	21,31	4,63952	98,8682	18,60	4,42339	82,2751
12:44:44	21,23	4,6221	98,1272	19,51	4,63981	90,5226
12:59:43	21,76	4,73749	103,088	20,22	4,80865	97,231
13:14:42	14,11	3,07197	43,3455	19,27	4,58273	88,3092
13:29:43	15,91	3,46386	55,1099	20,17	4,79676	96,7507
13:44:42	21	4,57203	96,0126	21,67	5,15349	111,676
13:59:43	21,53	4,68742	100,92	20,76	4,93708	102,494
14:14:43	20,4	4,4414	90,6045	19,43	4,62078	89,7818
14:29:43	14,15	3,08068	43,5916	18,76	4,46144	83,6967
14:44:42	20,32	4,42398	89,8953	18,91	4,49712	85,0404
15:02:43	21,05	4,58291	96,4703	18,26	4,34253	79,2947
Rata-rata			89,128			86,8982

Dari Tabel 4.2 diperoleh Daya yang total dihasilkan oleh panel surya 200 -

Wp yaitu :

$$\begin{aligned}
 P \text{ total (DC)} &= P \text{ rata-rata (mono)} + P \text{ rata-rata (poly)} \\
 &= 89,128 + 86,8982 \\
 &= 176,03 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Energi yang dibangkitkan oleh panel surya 200 WP, dihitung menggunakan perkalian daya total yang dikeluarkan dengan waktu penyinaran.

$$\begin{aligned}
 E &= P \text{ total} \times \text{lama penyinaran (hour)} \\
 &= 176,03 \times 7 \\
 &= 1232,18 \text{ Wh} \\
 &= 1,232 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

4.2 Perhitungan Biaya Pembuatan Alat

Biaya dalam pembuatan alat meliputi :

Tabel 4.3 Biaya pembuatan PLTS

No	Nama Komponen	Jumlah	Harga
1	Panel Surya 100WP (Polycrystalline)	1	527000
2	Panel Surya 100WP (Monocrystalline)	1	595000
3	MPPT 20A	1	500000
4	Inverter 500 Watt	1	243000
5	Baterai VLRA 12 V 7.2 Ah	2	400000
6	MCB AC 440V 10A	2	240000
7	MCB DC 440V 10A	2	240000
8	Fuse	2	300000
9	Akrilik set + kerangka holow	1	520000
10	Kabel	1	200000
11	Terminal set	1	104000
12	Banana conector	12	85000
13	Rel	1	23000
Total Biaya			Rp 3.977.000

4.3 Perhitungan Kebutuhan PLTS di Laboratorium Bahasa Universitas Panca Marga

4.3.1 Menentukan Total Kebutuhan Daya Laboratorium Bahasa

Tabel 4.4 Kebutuhan Daya Laboratorium Bahasa per Hari

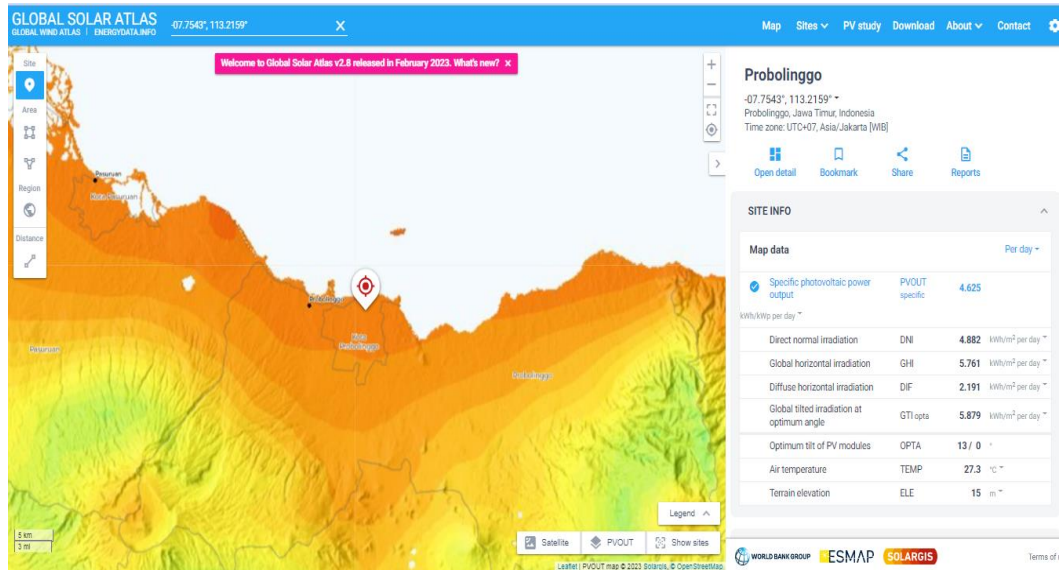
Komponen	Jumlah	Spesifikasi Daya (Watt)	Lama Menyala (Jam)	Daya total (Watt)
Komputer	41	450	5	92250
AC Panasonic	3	850	5	12750
Speaker	1	250	1	250
Lampu	4	50	5	1000
Printer Epson	1	36	5	180
Proyektor	1	36	5	180
Total Kebutuhan Daya				106610

Diketahui kebutuhan daya di Laboratorium Bahasa 106,61 kWh/day. Hasil perhitungan ini selanjutnya digunakan sebagai simulasi perancangn sistem PLTS atap.

1. Menentukan kapasitas optimal PLTS

Sesudah kebutuhan energi harian diketahui, yakni sebesar 106,61 kWh/day, selanjutnya yaitu mencari data *PV Out* harian daerah setempat, dalam hal ini wilayah Probolinggo. Data iradiasi rata-rata harian setempat dapat diperoleh melalui <http://globalsolaratlas.info/map> . Jika menggunakan data dari Solargis (yang umumnya cukup sederhana), data yang diperlukan dari *platform* tersebut adalah *PV Out*. Ini merujuk pada hasil perhitungan daya keluaran PV per kWp yang dihitung dengan mempertimbangkan tingkat iradiasi matahari. Nilai ini telah mempertimbangkan pengaruh suhu rata-rata sepanjang tahun di setiap wilayah.

Sehingga, nilai *PV Out* akan berbeda-beda untuk setiap wilayah (Kencana dkk., 2018).



**Gambar 4.3 Citra Satelit Daerah Probolinggo
(Sumber: <https://globalsolaratlas.info/>)**

Dari Gambar 4.3 diketahui untuk daerah Probolinggo, *PV Out* sebesar 4,625 kWh/kWp. Maka kapasitas optimal PLTS dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas (kWp)} &= \text{Rata-rata Energi Harian} : \text{PV Out Harian} \\
 &= 106,61 : 4,625 \\
 &= 23,051 \text{ kWp atau } 23051 \text{ Wp}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung daya puncak sistem

Penambahan sekitar 15% hingga 25% dari perhitungan kebutuhan energi merujuk pada penambahan untuk mengkompensasi rugi-rugi dalam sistem. Rugi-rugi ini dipengaruhi oleh faktor seperti penurunan performa akibat suhu pada panel surya (PV temperature loss), penurunan performa akibat bayangan pada panel surya (PV shading loss), toleransi peralatan panel surya (PV tolerance), rugi pada inverter, dan rugi pada kabel. Daya puncak sistem dapat dihitung dengan rumus :

Daya Puncak (kWp) =

Kapasitas Optimal(Wp) + (Kapasitas Optimal(Wp) * rugi-rugi sistem (%))

Maka Daya puncak PLTS = $23051 + (23051 * 25\%) = 28813,75$ Wp atau 28,814 kWp.

4.3.2 Menghitung Jumlah Kebutuhan Modul Surya

Untuk menentukan jumlah modul surya yang perlukan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Jumlah Modul} = \text{Daya Puncak (Wp)} : \text{Kapasitas Modul (Wp)}$$

Jika digunakan modul surya dengan kapasitas 100 Wp, maka jumlah modul yang butuhkan adalah $28813,75 : 100 = 288,13 \approx 288$ unit, sedangkan jika digunakan modul surya dengan kapasitas maksimal yang ada dipasaran saat ini, yakni 700 Wp, maka jumlah modul yaang dibutuhkan adalah $28813,75 : 700 = 41,16 \approx 41$ unit.

Dari analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa menggunakan spesifikasi modul surya yang sama antara desain yang diterapkan untuk keperluan pembelajaran dan desain sebagai cadangan untuk memenuhi kebutuhan beban laboratorium bahasa Universitas Panca Marga ternyata tidak efisien. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa dalam merancang sebuah sistem PLTS, yang harus diperhitungkan pertma kali yaitu bebannya. Dengan memahami beban ini dengan cermat, kebutuhan komponen lainnya dapat ditentukan secara akurat dan efisien. Oleh karena itu, untuk menentukan komponen-komponen PLTS selanjutnya, akan digunakan spesifikasi yang mendekati kebutuhan beban ini. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat menciptakan desain sistem PLTS yang optimal sesuai dengan persyaratan yang ada.

4.3.3 Menghitung Luas Area Efektif yang Diperlukan

Penting untuk menjelaskan bahwa "luas area efektif" yaitu area yang digunakan hanya untuk meletakkan modul surya, tidak termasuk akses instalasi dan pemeliharaan.

Informasi yang dibutuhkan dalam situasi ini adalah angka efisiensi dari modul surya. Angka ini akan ditentukan berdasarkan spesifikasi yang diinginkan untuk modul surya tersebut. Nilai efisiensi ini akan mempengaruhi seberapa efisien modul surya tersebut mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik.

Jika diketahui luas atap laboratorium bahasa $\pm 196 \text{ m}^2$, seperti pada gambar 4.4, dan panel surya yang akan digunakan memiliki kapasitas 700 Wp dengan nilai efisiensi sebesar 22,74%, maka luas area efektif dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Area (m}^2\text{)} &= \text{Daya Puncak (kWp)} : \text{Efisiensi Modul Surya} \\ &= 28,814 : 0,2274 \\ &= 126,7 \text{ m}^2 \approx 127 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka dapat disimpulkan jika luasan atap gedung laboratorium bahasa memenuhi luasan yang dibutuhkan untuk perancangan PLTS.



Gambar 4.4 Gedung Bahasa Universitas Panca Marga
(Sumber : *Google earth satelit*)

4.3.4 Menghitung Baterai yang Dibutuhkan

Hasil dari perhitungan ini mencakup seberapa banyak energi yang akan diambil dari baterai. Informasi yang dibutuhkan yaitu banyaknya hari di mana sistem harus beroperasi sendiri, yang akan bergantung pada seberapa sering langit tertutup awan di wilayah tersebut. Apabila daerah tersebut seringkali mengalami kondisi awan (umumnya di wilayah pegunungan), disarankan untuk memakai periode 3 hari otonomi dalam penghitungan. Namun, apabila daerah tersebut cenderung memiliki kondisi cuaca cerah sepanjang tahun, maka 2 hari otonomi sudah cukup.

Formula yang digunakan untuk menghitung kebutuhan energi yang harus diambil dari baterai adalah: Kebutuhan Energi dari Baterai = Total Kebutuhan Energi Harian (dalam Watt-hour) dikali dengan Jumlah Hari Otonomi. Jika ketetapan hari otonomi adalah 2, maka :

$$\text{Kebutuhan Energi Baterai} = 106610 \text{ Wh} \times 2 = 213220 \text{ Wh.}$$

Jika dalam perancangan PLTS ini digunakan baterai dengan nilai 12 V 600 Ah, maka jumlah baterai adalah :

$$\text{Jumlah Baterai} = 213220 \text{ Wh/day} : \text{kapasitas baterai}$$

$$\text{Jumlah Baterai} = 213220 \text{ Wh/day} : (12\text{V} \times 600 \text{ Ah})$$

$$\text{Jumlah Baterai} = 213220 \text{ Wh/day} : 7200 \text{ Watt}$$

$$\text{Jumlah Baterai} = 29,6 \text{ unit} \approx 30 \text{ unit}$$

Maka baterai yang harus disiapkan adalah 30 unit dengan spesifikasi 12V 600 Ah.

4.3.5 Memilih Inverter Sesuai Daya

Ukuran watt yang digunakan pada inverter ditentukan berdasarkan seberapa besar daya (watt) yang ingin kita simpan sebagai cadangan. Pada simulasi ini, daya

total laboratorium bahasa saat semua peralatan menyala bersamaan adalah 1672 Watt maka kita harus memilih tipe inverter dengan daya diatas 1672 Watt. Inverter dapat memiliki nilai daya yang lebih tinggi dari total beban per jam, namun tidak boleh memiliki nilai daya yang lebih rendah dari total beban per jam. Proses seleksi inverter agar sesuai dengan kebutuhan daya dilakukan melalui penggunaan rumus berikut :

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Inverter} &= W_{\text{maks}} + (25\% \times W_{\text{maks}}) \\ &= 1672 + 418 \\ &= 2090 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Dari nilai tersebut kita bisa menggunakan inverter dengan kapasitas 2200 Watt.