

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem 48 V

Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem 48 V (PLTS sistem 48 V) adalah suatu pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik menggunakan panel surya dengan tegangan keluaran dari panel surya sebesar 48 V. Tujuan dibuatnya tegangan keluaran sebesar 48 V adalah agar baterai tetap mengisi pada tegangan rendah. Total daya maksimal yang dihasilkan PLTS sistem 48 V adalah 10.560 W. Daya yang dihasilkan pada PLTS sistem 48 V digunakan untuk mensuplai 60 warung kuliner di sekitar area pantai baru dengan daya masing-masing warung sebesar 220 W. PLTS sistem 48 V mempunyai beberapa komponen penunjang antara lain, 48 panel surya 220 W/ 24 V, 72 baterai 2 V/ 1000 ah, 3 Mppt (*charge controller*), 3 inverter 3,5 KW / 48 V.

4.1.1. Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Pada PLTS sistem 48 V terdapat 48 panel surya yang dibagi menjadi 3 grup dan masing-masing group terdapat 16 panel surya. Spesifikasi panel surya yang terdapat di PLTS sistem 48 V :

Skytech S Iar Photovoltaic Module

Model No : SIP-220

Standard Test Condition : AM = 1.5 E = 1,000W/M² Temp = 25oC

<i>Rated Power</i>	(Pmax)	:	220 W
<i>Open Circuit Voltage</i>	(Voc)	:	36.24 V
<i>Short Circuit Current</i>	(Isc)	:	7.93 A

<i>Maximum Power Voltage (V_{pm})</i>	:	29.82 V
<i>Maximum Power Current (I_{pm})</i>	:	7.39 A
<i>System Voltage</i>	:	12 V
<i>Maximum System Voltage</i>	:	1000 V
<i>Weight</i>	:	19 Kg
<i>Dimension</i>	:	987 x 1637 x 45 (cm)



Gambar 4.1. Panel Surya Pada PLTS Sistem 48V

Dilihat dari spesifikasi di atas panel surya pada PLTS sistem 48 V mempunyai keluaran tegangan dan arus maksimal sebesar 29.82 V dan 7,39 A. Jadi untuk mendapatkan keluaran tegangan mendekati 48 V maka 2 buah panel surya di seri kemudian diparalelkan dengan yang lainnya.

Penyelesaian secara rumus :

Tegangan total panel surya :

$$V_{\text{seri}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

$$V_{\text{seri}} = 29.82 \text{ V} + 29.82 \text{ V}$$

$$V_{\text{seri}} = 59,64 \text{ V}$$

Jadi, untuk mendapatkan tegangan mendekati 48 V maka dibutuhkan 2 buah panel surya yang dirangkai seri.

Arus total panel surya pada masing-masing grup :

$$I_{\text{paralel}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

$$I_{\text{paralel}} = 7,92 \text{ A} \times (16 \text{ panel surya} \div 2)$$

$$I_{\text{paralel}} = 63,36 \text{ A}$$

Jadi, tegangan dan arus total maksimal yang dihasilkan oleh panel surya pada masing-masing grup adalah 59,64 V dan 63,36 A

4.1.2. Baterai

Baterai merupakan alat penyimpan energi listrik yang merubah energi listrik menjadi energi kimia dan sebaliknya. Baterai memiliki kelebihan yang dapat diisi ulang atau melalui proses *charging*. Pada PLTS sistem 48 V terdapat 72 baterai yang dibagi menjadi 3 grup dan masing-masing group terdapat 24 baterai. Baterai pada PLTS sistem 48 V mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Pabrikan : Sacred Sun

Type : GFMU-C series/GFMU-1000C 2V1000Ah

Rated Voltage : 2 V

Rated capacity at 25o (77oF)

10 hours rate (100.0A, 1.80V) 1000Ah

20 hours rate (50.3A, 1.85V) 1006Ah

120 hours rate (10.0A, 1.85V) 1200Ah

Internal resistance : 0.17 mΩ for fully charged battery at 77oF (25oC)

Self discharge rate : <= 1% per month at (25oC)

Maximum discharge current : 5000A (5s) at 77°F (25°C)

Temperature range

Discharge : -20~+50 °C

Charge : -15~+50 °C

Storage : -15~+50 °C

Charging method : constant voltage at 77°F (25°C)

Maximum charging current : 150A

Temperature compensation : -3.5mV/ °C/cell

Cyclic use : 2.34~2.38V/cell

Floating use : 2.24~2.28V/cell

Dimensi berat

Panjang : 430,00 mm (16,93 inci)

Lebar : 173,0 mm (6,81 inci)

Tinggi : 338,0 mm (13,31 inci)

TH : 347,0 mm (13,66 inci)

Berat : 59,5 kg (131,18 lbs)



Gambar 4.2. Baterai Yang Digunakan Pada PLTS Sistem 48 V

Dilihat dari spesifikasi di atas baterai pada PLTS sistem 48 V mempunyai tegangan dan arus sebesar 2 V dan 1000 Ah. Jadi untuk mendapatkan tegangan sebesar 48 V maka 24 buah baterai di seri kemudian diparalelkan dengan yang lainnya.

Penyelesaian secara rumus :

Tegangan total baterai :

$$V_{\text{seri}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

$$V_{\text{seri}} = 2 \text{ V} \times 24$$

$$V_{\text{seri}} = 48 \text{ V}$$

Jadi, untuk mendapatkan tegangan 48 V maka dibutuhkan 24 buah baterai yang dirangkai seri.

Kapasitas total baterai pada masing-masing grup :

$$I_{\text{paralel}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

$$I_{\text{paralel}} = 1.000 \text{ Ah} \times (24 \text{ baterai} \div 24)$$

$$I_{\text{paralel}} = 1.000 \text{ Ah}$$

Jadi, tegangan dan kapasitas total pada baterai masing-masing grup adalah 48 V dan 1.000 Ah

4.1.3. Mppt (*Maximal Power Point Traking*)

Mppt atau *Maximal Power Point Traking* adalah suatu alat yang dapat membatasi jika ada arus lebih yang masuk sebelum disalurkan ke baterai. Pada PLTS sistem 48 V terdapat 3 mppt dan masing-masing group terdapat 1 mppt. Mppt pada PLTS sistem 48 V mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Merk : Schneider

Maximum Power Point Traking Solar Charge Controller

<i>FGA Number</i>	: 865-1030-1
<i>Model Number</i>	: XW MPPT 60 150
<i>Max PV voltage (operating)</i>	: 140 V
<i>Max PV open circuit voltage</i>	: 150V
<i>Max PV short circuit current</i>	: 60A
<i>Max battery charge current</i>	: 60A
<i>Max battery charge voltage</i>	: 72V
<i>Nominal battery voltage</i>	: 12,24,36,48,60V
<i>Range operating PV voltage</i>	: 12 – 140 V
<i>Max output fault current</i>	: 60A
<i>Auxiliary output terminal</i>	: 5 – 13VDC, 0.2A
<i>Minimum interrupt rating</i>	4000 amps DC
<i>For overcurrent protective device.</i>	
<i>Certified for use with 90C copper</i>	



Gambar 4.3. Mppt Yang Terdapat Pada PLTS Sistem 48 V

4.1.4. Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversi atau mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC). Pada PLTS sistem 48 V terdapat 3 buah inverter dan masing-masing group terdapat 1 inverter. Inverter pada PLTS sistem 48 V mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

<i>Name</i>	<i>: Luminous Sine Wave 3.5 KVA Inverter UPS</i>
<i>Battery Voltage (V)</i>	<i>: 48 V DC</i>
<i>Inverter Type</i>	<i>: Pure Sine Wave UPS</i>
<i>Topology</i>	<i>: Offline/Standby</i>
<i>Capacity</i>	<i>: 3500 VA</i>
<i>Warranty</i>	<i>: 24 Months</i>
<i>Battery</i>	<i>: External</i>

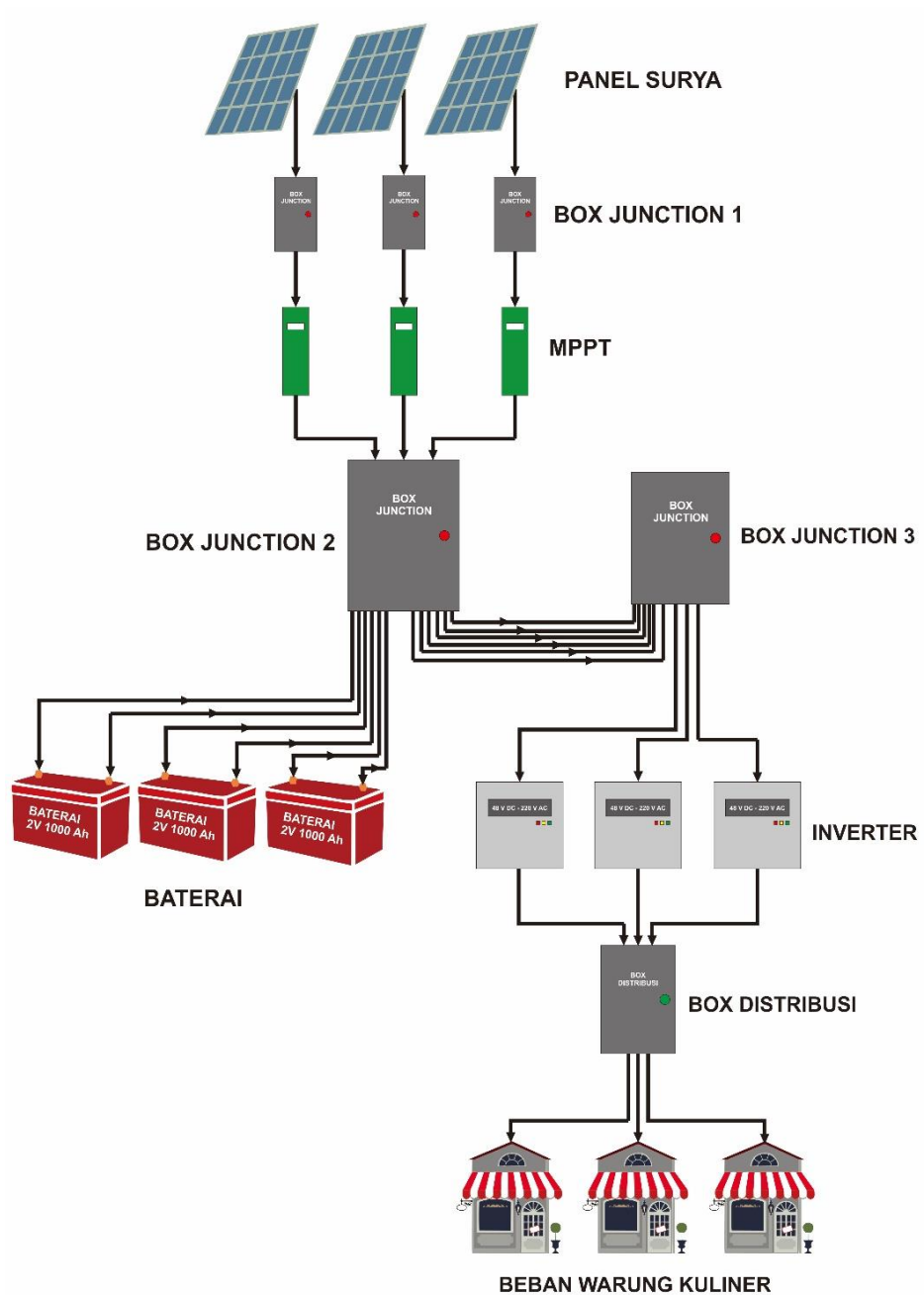
<i>Battery Capacity</i>	<i>: 4 Nos.(120 AH to 240 AH)</i>
<i>Battery type</i>	<i>: Four battery / 48 V Volt system for running Office</i>
<i>Technical Spec's</i>	
<i>Power Output</i>	<i>: 2800 Watt</i>
<i>Input voltage</i>	<i>: 110 V to 290 V</i>
<i>Output Voltage (Ups Mode)</i>	<i>: 180 V to 230 V</i>
<i>Full Battery Recharge Time</i>	<i>: 10 to 12 hrs</i>
<i>Charging Current</i>	<i>: 21 Amps</i>
<i>Charger type</i>	<i>: Fuzzy Logic Control</i>
<i>DIMENSIONS</i>	
<i>Weight</i>	<i>: 25.0 Kg</i>
<i>Dimensions</i>	<i>: 40*38*47 cm (L*W*H)</i>



Gambar 4.4. Inverter Yang Di Gunakan Pada PLTS Sistem 48 V

4.2. Prinsip Kerja PLTS Sistem 48 V

4.2.1. Skema PLTS Sistem 48 V



Gambar 4.5. Skema PLTS Sistem 48 V

1. Panel surya

Pada skema diatas panel surya bertugas untuk merubah energi matahari menjadi energi listrik

2. Box junction 1

Box junction 1 berisi MCB yang digunakan untuk memparalelkan panel surya dan juga digunakan sebagai penghubung antara panel surya dengan MPPT

3. MPPT

MPPT pada skema diatas bertujuan untk mengontrol arus yang masuk pada panel surya selain itu MPPT juga berfungsi untuk memaksimalkan daya yang dihasilkan oleh panel surya.

4. Box junction 2

Box junction 2 berisi MCB yang digunakan untuk menghubungkan antara MPPT dengan baterai.

5. Baterai

Baterai bertugas untuk menyimpan daya yang dihasilkan oleh panel surya.

6. Box junction 3

Box junction 3 berisi MCB yang digunakan untuk menghubungkan antara baterai dengan inverter.

7. Inverter

Pada skema diatas inverter bertugas untuk merubah arus AC menjadi DC dan juga merubah tegangan dari 48 V DC menjadi 220 V AC.

8. Box distribusi

Box distribusi berisi MCB yang digunakan untuk menghubungkan antara inverter dengan beban (warung kuliner).

9. Beban warung kuliner

Beban yang di suplai oleh PLTS sistem 48 V. Pada PLTS sistem 48 V terdapat 60 warung kuliner dengan masing-masing mendapat daya 220 W.

4.2.2. Cara Kerja PLTS sistem 48 V

Panel surya menangkap cahaya matahari lalu mengubahnya menjadi energi listrik, sebelum disimpan ke dalam baterai daya yang di peroleh dari panel surya harus terlebih dahulu melewati MPPT. MPPT ini bertujuan untuk mengatur arus listrik yang masuk ke dalam baterai agar baterai tidak cepat rusak. Setelah melewati MPPT, daya yang di hasilkan oleh panel surya di simpan ke dalam baterai. Daya yang disimpan ke dalam baterai mempunyai arus listrik DC dan mempunyai tegangan 48 V DC maka listrik tersebut belum bisa didistribusikan untuk kebutuhan warung kuliner, hal ini disebabkan karna listrik yang disimpan ke dalam baterai berbeda dengan listrik umum yang digunakan PLN yaitu arus AC dengan tegangan 220 V AC. Oleh sebab itu dibutuhkan inverter yang digunakan untuk mengubah arus DC dengan tegangan 48 V DC menjadi arus AC dengan tegangan 220 V AC. Setelah diubah melalui inverter baru listrik dapat digunakan untuk kebutuhan warung kuliner.

4.3. Efisiensi Dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem 48 V

Menurut SP.Hasibuan, (1984:233-4) Efisiensi adalah perbandingan yang terbaik antara input (masukan) dan output (hasil antara keuntungan dengan sumber-sumber

yang dipergunakan), seperti halnya juga hasil optimal yang dicapai dengan penggunaan sumber yang terbatas. Dengan kata lain hubungan antara apa yang telah diselesaikan.

4.3.1. Data Monitoring Harian PLTS Sistem 48 V Bulan Agustus 2016

1. Data Daya (W) Yang Dihasilkan Panel Surya Bulan Agustus 2016

Tabel 4.1. Daya yang dihasilkan panel surya pada tanggal 1-5 Agustus.

Jam/Tanggal	1	2	3	4	5
8			2580	1291,2	
9	1518,72				3888
10	3062,4			4521,6	3672
11	3345,6			3921,6	
12	4315,2	3806,4		3979,2	3924,96
13	3748,8			3885,12	
14	3932,16			3501,6	3432
15	3849,12	3110,4		2081,28	
16	3082,08	1684,8			

Tabel 4.2. Daya yang dihasilkan panel surya pada tanggal 6-10 Agustus.

Jam/Tanggal	6	7	8	9	10
8		1382,4			
9		2385,6	2936,64	3274,56	
10		3657,6	3844,8	3711,36	3648
11	2566,56		3835,2	4430,4	3979,2
12	3376,32	3806,4			
13	2121,6	4684,8			3830,4
14	1687,2	3494,4	3142,08		3768
15		1704			3057,6
16		1598,4			1219,2

Tabel 4.3. Daya yang dihasilkan panel surya pada tanggal 11-15 Agustus.

Jam/Tanggal	11	12	13	14	15
8	2419,2		1688,64		
9		2684,64	1209,6		
10	3734,4	3135,84	3864		
11	3763,2	3048,96	4368		
12	3936	2145,12	4243,2		
13	3878,4	3413,28	3010,56		
14	3792	2946,72	4315,2		
15	3273,6	1544,16	3083,52		
16	1519,68	559,2			

Tabel 4.4. Daya yang dihasilkan panel surya pada tanggal 16-20 Agustus.

Jam/Tanggal	16	17	18	19	20
8				998,4	
9	2882,4		3014,4	3302,4	3441,6
10	3371,04		3772,8	1444,8	3782,4
11	3275,52		3456	1862,4	
12	3524,16	3196,8		1377,6	
13	3169,44	3643,2	3339,36	1012,8	
14	3237,6	3484,8	1896	1665,6	
15	2760,96	2760	1036,8		
16	1511,52				

Tabel 4.5. Daya yang dihasilkan panel surya pada tanggal 21-25 Agustus.

Jam/Tanggal	21	22	23	24	25
8			1118,4	1795,2	864
9			1382,4	3388,8	3028,8
10		1651,2	1713,6	3412,8	3277,92
11		2011,2	1704	3292,8	
12		2241,6	3576	3436,8	
13		2088	3052,8	1838,4	2044,8
14			2980,8	1723,2	3777,6
15			2544	1564,8	1394,88
16			1315,2	787,2	1430,4

Tabel 4.6. Daya yang dihasilkan panel surya pada tanggal 26-30 Agustus.

Jam/Tanggal	26	27	28	29	30
8	2395,2	2635,2	2707,2		2166,72
9	3129,6	3489,6	2616	3168	1432,8
10	3484,8			3025,92	
11	2617,44	3201,6	3652,8	2744,16	3170,4
12		3441,6	3633,6	3065,28	3162,72
13	3369,6		2582,4	3132,48	
14	2140,8	3312	3336	2761,92	1556,16
15	854,4	2548,8	2371,2	1560	2664,96
16	1142,4	617,28	393,6	295,2	465,6

Dari data diatas terdapat kolom yang masih kosong hal ini di karenakan para pekerja di PLTH Pandansimo tidak melakukan monitoring. Monitoring di PLTH Pandansimo masih menggunakan cara manual jadi jika ada perbaikan di PLTH Pandansimo maka para pekerja tidak melaukan monitoring. Pekerja di PLTH Pandansimo juga terbatas, jadi tidak ada pekerja khusus yang melakukan monitoring. Data yang kosong pada tabel juga terjadi karna perbaikan pada PLTS Sistem 48 V.

2. Data Penggunaan Daya (W) Warung Kuliner Bulan Agustus 2016

Tabel 4.7. Data penggunaan daya warung kuliner 1-5 Agustus.

Jam/Tanggal	1	2	3	4	5
8	583		2013	792	
9	1870			741,4	1565,3
10	1496			765,6	2508
11	2065,8			1812,8	
12	1867,8	1892		1784,2	2052,6
13	1863,4			1929,4	0
14	1834,8			1962,4	1700,6
15	2046	1903		1775,4	
16	1964,6	1331			

Tabel 4.8. Data penggunaan daya warung kuliner 6-10 Agustus.

Jam/Tanggal	6	7	8	9	10
8		1078			
9		1188	1845,8	1826	
10		1034	1691,8	1784,2	1665,4
11	2197,8		1709,4	1892	1958
12	1487,2	1606			
13	607,2	2332			1936
14	605	1760	1722,6		2068
15		1144			1870
16		1188			1848

Tabel 4.9. Data penggunaan daya warung kuliner 11-15 Agustus.

Jam/Tanggal	11	12	13	14	15
8	1782		631,4		
9			611,6		
10	2156		1533,4		
11	1980	2019,6	2010,8		
12	1966,8	1755,6	1916,2		
13	1966,8	1735,8	1694		
14	1969	1768,8	1997,6		
15	1907,4	1731,4	1812,8		
16	1749	1762,2			

Tabel 4.10. Data penggunaan daya warung kuliner 16-20 Agustus.

Jam/Tanggal	16	17	18	19	20
8				673,2	
9	1152,8		1124,2	765,6	1953,6
10	1172,6		1405,8	829,4	1564,2
11	1117,6		1452		1342
12	1157,2	748			
13	1221	1188	1355,2		
14	1218,8	902	646,8		
15	1203,4	968			
16	1214,4				

Tabel 4.11. Data penggunaan daya warung kuliner 21-25 Agustus.

Jam/Tanggal	21	22	23	24	25
8			726	726	638
9			1320	1584	704
10		864,6	1430	1430	998,8
11		860,2	1540	1430	
12		785,4	1452	11176	682
13		1126,4	704	1518	660
14			704	792	638
15			616	792	704
16			572	748	

Tabel 4.12. Data penggunaan daya warung kuliner 25-30 Agustus.

Jam/Tanggal	26	27	28	29	30
8	748		1210		657,8
9	2068	1628	1188	820,6	704
10	1914			523,6	
11	2024	1298	1870	820,6	655,6
12		1892	2310	246,4	719,4
13	2200		1386	818,4	
14	792	1650	1012	840,4	732,6
15	770	1936	1034	851,4	745,8
16	726	2244	1166	752,4	613,8

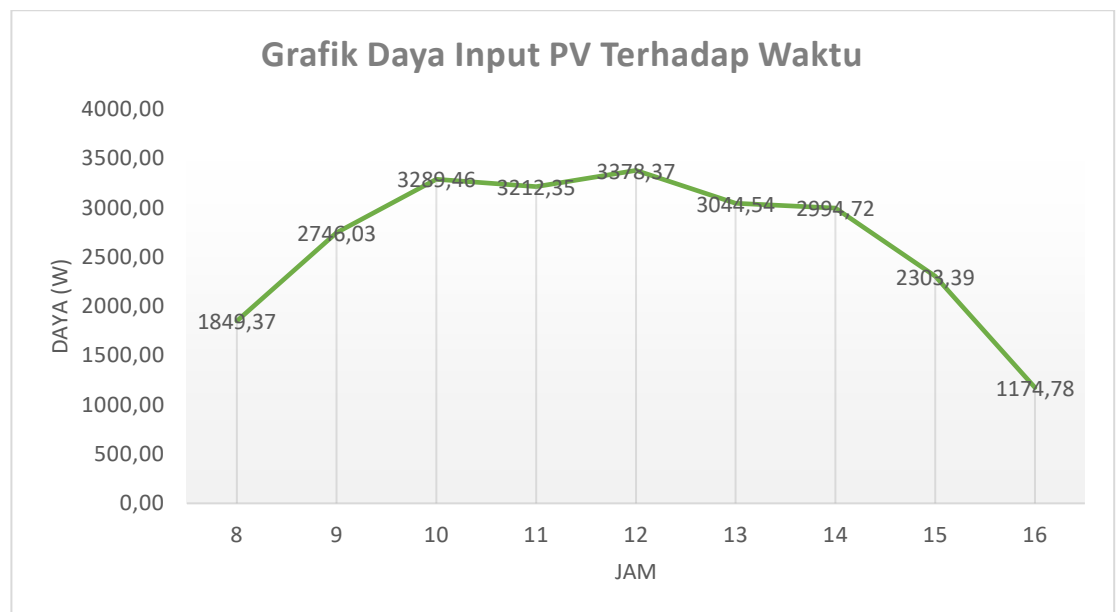
4.3.2. Titik Tertinggi Dan Terendah Daya Yang Dihasilkan Panel Surya

Titik tertinggi dan terendah ditujukan untuk mengetahui pada jam berapa panel surya dapat beroperasi secara maksimal dan minimal. Dari data tabel 4.1.-4.6. diambil rata-rata daya yang dihasilkan oleh panel surya seperti pada table 4.13.

Tabel 4.13. Rata-rata daya yang di hasilkan oleh panel surya

Jam	Daya (W)
8	1849,37
9	2746,03
10	3289,46
11	3212,35
12	3378,37
13	3044,54
14	2994,72
15	2303,39
16	1174,78

Dari tabel 4.13. dibuatlah grafik untuk mengetahui pada jam berapa daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya. Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Grafik Rata-Rata Daya Input PV Terhadap Waktu Pada Bulan Agustus 2016

Dari gambar 4.6. dapat disimpulkan bahwa titik puncak daya yang dihasilkan oleh panel surya pada PLTS Sistem 48 V berada pada jam 12:00 WIB hal ini dikarenakan pada jam 12:00 merupakan titik puncak cahaya matahari pada kondisi maksimal untuk daerah yang berada disekitar khalutistiwa. Dan untuk titik terendah daya yang dihasilkan oleh panel surya yaitu pada jam 16:00 WIB hal ini dikarenakan hari sudah semakin sore sehingga matahari sudah mulai berpindah ke posisi lainnya sehingga panel surya tidak mendapati cahaya matahari secara maksimal.

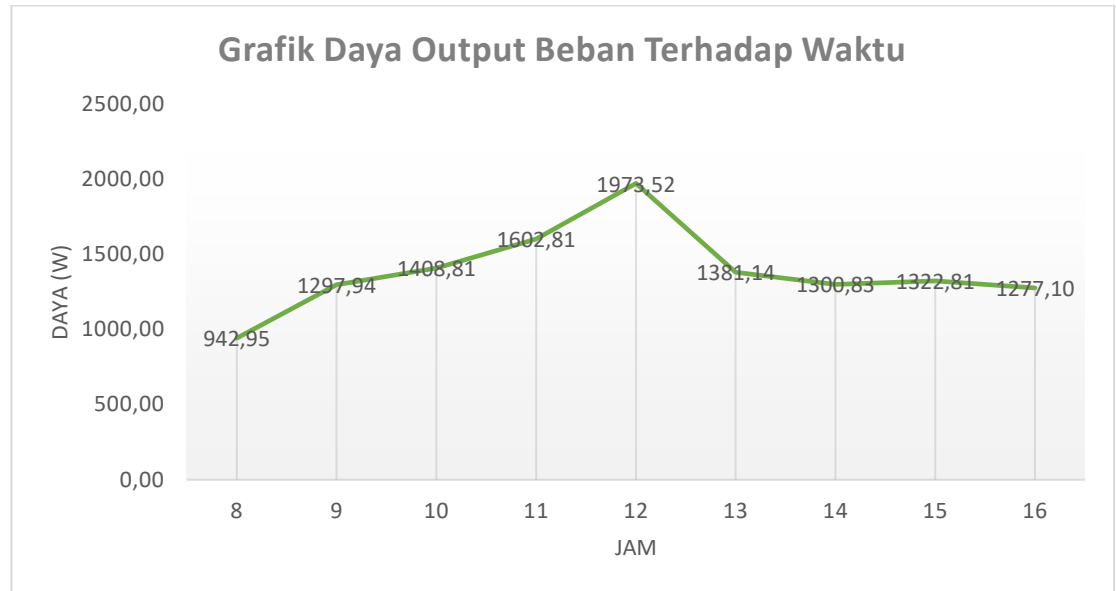
4.3.3. Titik Tertinggi Dan Terendah Daya Penggunaan Warung Kuliner

Dari data tabel 4.6.-4.12. diambil rata-rata daya penggunaan warung kuliner seperti pada table 4.14.

Tabel 4.14. Rata-rata daya penggunaan warung kuliner

Jam	Daya (W)
8	942,95
9	1297,94
10	1408,81
11	1602,81
12	1973,52
13	1381,14
14	1300,83
15	1322,81
16	1277,10

Dari tabel 4.14. dibuatlah grafik untuk mengetahui pada jam berapa daya tertinggi yang digunakan oleh warungkuliner. Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik Rata-Rata Daya Penggunaan Warung Kuliner Pada Bulan Agustus 2016.

Dari gambar 4.7. dapat disimpulkan bahwa titik puncak daya yang digunakan oleh warung kuliner pada PLTS Sistem 48 V berada pada jam 12.00 WIB hal ini dikarenakan pada jam 12:00 merupakan jam makan siang sehingga banyak pengunjung pantai baru yang menikmati makanan di warung kuliner yang di suplai oleh PLTS Sistem 48 V. Banyaknya pengunjung di warung kuliner membuat kebutuhan beban listrik yang digunakan semakin banyak, sehingga semakin banyak beban listrik yang digunakan maka kebutuhan daya untuk warung kuliner akan meningkat. Dan untuk titik terendah daya yang digunakan oleh warung kuliner yaitu pada jam 8:00 WIB hal ini dikarenakan pada jam ini banyak warung kuliner yang belum membuka tokonya, sehingga belum banyak beban listrik yang digunakan.

4.3.4. Efisiensi Daya Yang Dihasilkan Oleh Panel Surya

Untuk mengetahui efisiensi daya yang dihasilkan oleh panel surya dibutuhkan rumus :

$$\frac{\text{Daya nyata yang dihasilkan panel surya}}{\text{Daya yang dihasilkan panel surya menurut spesifikasinya}} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan :

Dik :

- Daya nyata yang dihasilkan panel surya pada jam 08:00 : 1849,37 W
- Daya yang dihasilkan panel surya menurut spesifikasinya : 10.560 W.

Dit :

- Efisiensi Daya yang dihasilkan oleh panel surya ?

Jawab :

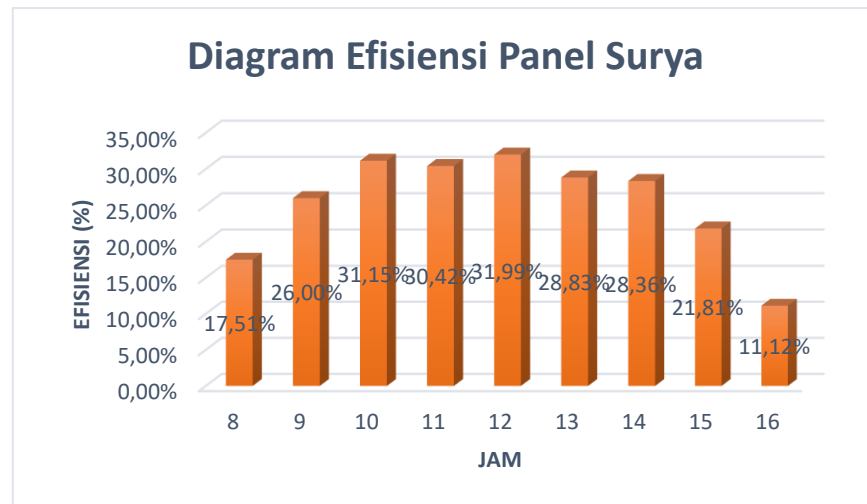
$$\begin{aligned} & \frac{1849,37 \text{ W}}{10.560 \text{ W}} \times 100\% \\ & = 17,51\% \end{aligned}$$

Jadi, efisiensi daya yang dihasilkan hanya 17,51 %, hal ini disebabkan karna ketika pada jam 08:00 matahari belum pada kondisi maksimal.

Tabel 4.15. Efisiensi daya yang dihasilkan oleh panel surya pada bulan Agustus

Jam	Daya (W)	Efisiensi
8	1849,37	17,51%
9	2746,03	26,00%
10	3289,46	31,15%
11	3212,35	30,42%
12	3378,37	31,99%
13	3044,54	28,83%
14	2994,72	28,36%
15	2303,39	21,81%
16	1174,78	11,12%

Untuk mempermudah pembacaan maka dibuatlah diagram, seperti pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Diagram Efisiensi Daya Yang Dihasilkan Panel Surya Pada Bulan Agustus 2016

Dilihat dari gambar 4.8. efisiensi yang dihasilkan panel surya pada bulan Agustus 2016 berkisar antara 17,51 % - 31,99 %. Pada persentasi seperti ini daya yang dihasilkan oleh panel surya pada PLTS Sistem 48 bisa dikatakan buruk. Hal

seperti ini bisa disebabkan karna pengaruh cuaca yang kurang baik atau dari segi panel suryanya memang tidak bisa bekerja secara maksimal.

4.3.5. Efisiensi Daya Yang Digunakan Oleh Warung Kuliner

Untuk mengetahui efisiensi daya yang digunakan oleh warung kuliner dibutuhkan rumus :

$$\frac{\text{Daya yang digunakan oleh warung kuliner}}{\text{Daya rata – rata yang dihasilkan panel surya}} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan :

Dik :

- Daya yang digunakan oleh warung kuliner pada jam 08:00 : 942,95 W
- Daya rata-rata yang dihasilkan panel surya : 2665,89 W.

Dit :

- Efisiensi Daya yang digunakan oleh warung kuliner ?

Jawab :

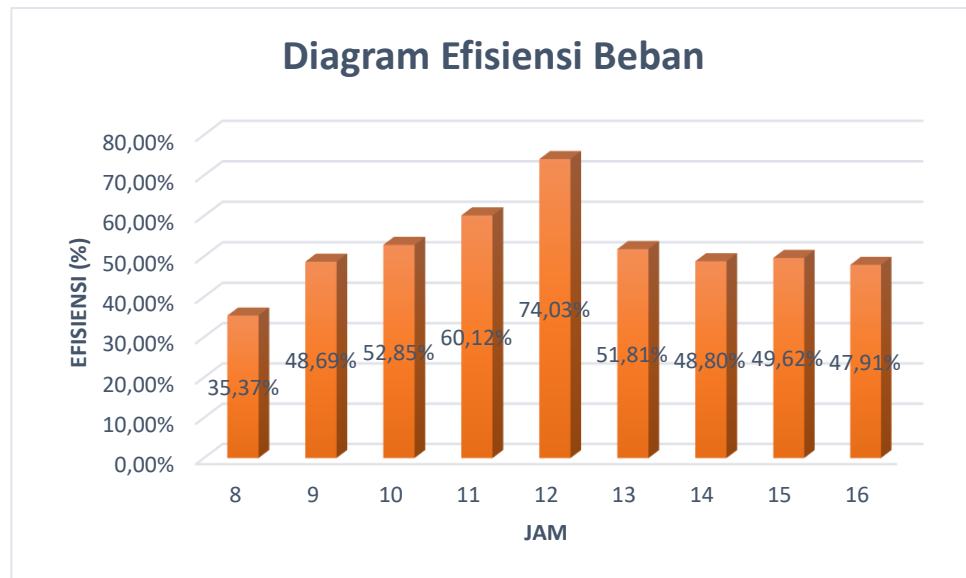
$$\begin{aligned} & \frac{942,95 \text{ W}}{2665,89 \text{ W}} \times 100\% \\ & = 35,37 \% \end{aligned}$$

Jadi, efisiensi daya yang dihasilkan hanya 35,37 %. Pada efisiensi daya yang digunakan warung kuliner bisa dikatakan baik jika mempunyai presentasi rendah.

Tabel 4.16. Efisiensi daya yang digunakan warung kuliner pada bulan Agustus.

Jam	Daya (W)	Efisiensi
8	942,95	35,37%
9	1297,94	48,69%
10	1408,81	52,85%
11	1602,81	60,12%
12	1973,52	74,03%
13	1381,14	51,81%
14	1300,83	48,80%
15	1322,81	49,62%
16	1277,10	47,91%

Untuk mempermudah pembacaan maka dibuatlah diagram, seperti pada gambar 4.9.



Gambar 4.9. Diagram Efisiensi Daya Yang Digunakan Warung Kuliner Pada Bulan Agustus 2016

Dilihat dari gambar 4.9 efisiensi daya yang di gunakan pada beban warung kuliner pada bulan Agustus 2016 berkisar antar 35,37 % - 74,03 %. Pada persentasi

seperti ini daya yang dihasilkan oleh panel surya pada PLTS Sistem 48 bisa dikatakan cukup baik karena daya yang di hasilkan panel surya pad sistem 48 V sudah bisa mencukupi beban warung kuliner dan sisa daya yang dihasilkan oleh panel surya masih bisa disimpan kedalam baterai.

4.4. Lama waktu pengisian batrai hingga terisi penuh

Untuk menghitung waktu pengisian baterai hingga penuh dibutuhkan rumus :

$$\frac{\text{Kapasitas Baterai (Wh)}}{\text{Daya nyata yang dikeluarkan panel surya (W)}}$$

Dik :

- Kapasitas Baterai = 144.000 Wh
- Daya nyata pada panel surya = 2665,89 W

Dit :

- Lama waktu pengisian baterai ?

Jawab :

$$\frac{144.000 \text{ Wh}}{2665,89 \text{ W}} \\ = 54,01 \text{ h}$$

Jadi, lama waktu panel surya mengisi baterai agar batrai dapat terisi penuh dibutuhkan waktu 54 jam 6 menit dilihat dari daya rata-rata yang dihasilkan panel surya pada bulan Agustus 2016. Lama matahari di kawasan pantai baru berkisar antara jam 08.00-16.00. Dalam jangka waktu tersebut panel surya hanya dapat mengisi baterai

dalam waktu 8 jam sehari. Jadi dibutuhkan waktu 6 hari 6 jam agar baterai dapat terisi penuh.

Jika dilihat dari spesifikasi kapasitas maksimal daya yang dihasilkan oleh panel surya maka digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{144.000 \text{ Wh}}{10.560 \text{ W}} \\ = 13,63 \text{ h}$$

Jadi, lama waktu panel surya mengisi baterai agar baterai dapat terisi penuh dibutuhkan waktu 13 jam 37,8 menit atau 1 hari 5 jam 36 menit.

4.5. Lama waktu penggunaan baterai hingga baterai habis

Untuk menghitung waktu pengisian baterai hingga penuh dibutuhkan rumus :

$$\frac{\text{Kapasitas Baterai (Wh)}}{\text{Daya yang digunakan oleh warung kuliner (W)}}$$

Dik :

- Kapasitas Baterai = 144.000 Wh
- Daya rata-rata yang digunakan warung kuliner = 1.389,77 W

Dit :

- Lama waktu penggunaan baterai hingga baterai habis ?

Jawab :

$$\frac{144.000 \text{ Wh}}{1.389,77 \text{ W}} \\ = 103,61 \text{ h}$$

Jadi, lama waktu penggunaan baterai hingga baterai habis dibutuhkan waktu 103 jam 36,6 menit dilihat dari daya rata-rata yang digunakan oleh warung kuliner pada bulan Agustus 2016. Lama penggunaan beban warung kuliner di kawasan pantai baru berkisar antara jam 08.00-20.00. Dalam jangka waktu tersebut beban hanya digunakan dalam waktu 12 jam sehari. Jadi dibutuhkan waktu 8 hari 7 jam 34 menit agar baterai habis digunakan.

Jika dilihat dari spesifikasi PLTS Sistem 48 V dengan penggunaan 60 warung kuliner dengan masing-masing warung mendapatkan daya 220 W, maka digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{144.000 Wh}{60 \times 220 W} = 10,9 h$$

Jadi, lama waktu penggunaan baterai hingga baterai habis dibutuhkan waktu 10 jam 54 menit.

4.6. Potensi Dari Pembangkit Litrik Tenaga Surya Sistem 48 V

Potensi adalah suatu kemampuan, kesanggupan, kekuatan ataupun daya yang mempunyai kemungkinan untuk bisa dikembangkan lagi menjadi bentuk yang lebih besar (Majdi, 2007). Untuk mengetahui potensi dari PLTS Sistem 48V maka di butuhkan aplikasi homer yang digunakan sebagai media untuk menganalisis potensi PLTS Sistem 48 V terhadap beban warung kuliner disekitar area PLTH Pandansimo. Ada dua jenis tipe analisis potensi terhadap PLTS Sistem 48 V yaitu :

- Potensi PLTS Sistem 48 V terhadap beban keluaran data monitoring,
- Potensi PLTS Sistem 48 V terhadap beban yang digunakan di warung kuliner

Perbedaan dari dua jenis tipe analisis tersebut dilihat dari data beban yang digunakan, yang pertama dilihat dari data monitoring harian. Beban monitoring harian

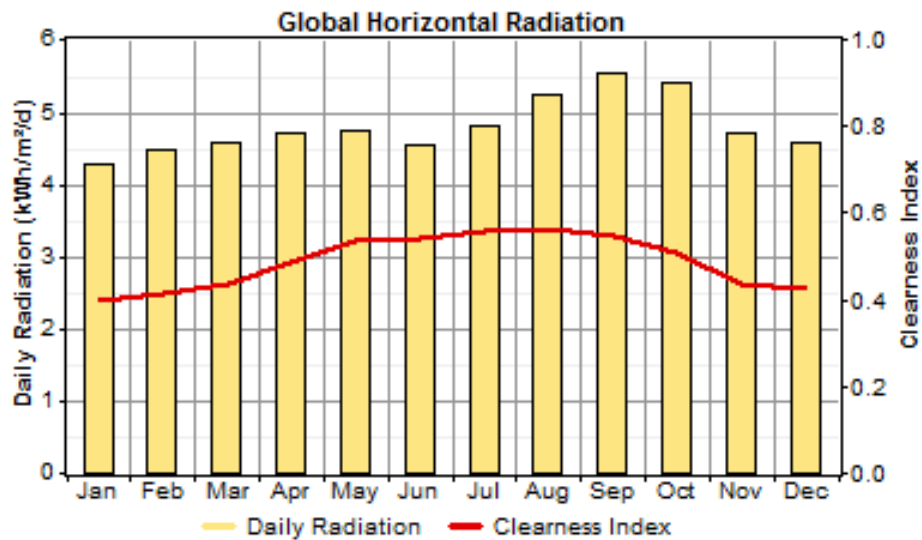
merupakan data keluaran dari PLTS sistem 48 V untuk memenuhi kebutuhan beban warung kuliner. Pada beban monitoring tidak semua warung kuliner disekitar area PLTH Pandansimo menggunakan beban secara maksimal dan juga masih banyak warung kuliner yang tidak digunakan karna sepi pengunjung. Yang kedua dilihat dari jumlah beban yang digunakan pada 60 warung kuliner atau sesuai dengan spesifikasi beban PLTS Sistem 48 V.

4.6.1. Data Radiasi Matahari menurut HOMER

Tabel 4.17. Data radiasi matahari menurut HOMER

<i>Month</i>	<i>Clearness Index</i>	<i>Daily Radiation</i> (kWh/m ² /d)
<i>January</i>	0.396	4.280
<i>February</i>	0.413	4.470
<i>March</i>	0.437	4.590
<i>April</i>	0.485	4.720
<i>May</i>	0.534	4.730
<i>June</i>	0.544	4.550
<i>July</i>	0.561	4.800
<i>August</i>	0.564	5.250
<i>September</i>	0.546	5.540
<i>October</i>	0.506	5.390
<i>November</i>	0.437	4.710
<i>December</i>	0.425	4.570
<i>Average</i>		4.800

Dilihat dari tabel 4.17 rata-rata radiasi matahari dalam satu tahun di PLTH Pandansimo sebesar 4,8 kWh/m²/d. Dengan radiasi sebesar ini maka di PLTH Pandansimo sudah layak dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya.



Gambar 4.10. Radiasi Matahari Pertahun di PLTH Pandansimo

(sumber : HOMER)

Dari gambar 4.10 radiasi matahari terbesar ada pada bulan Agustus-Oktober hal ini dikarenakan pada bulan tersebut masuk dalam fase musim kemarau dimana pada musim kemarau matahari berada pada kondisi maksimal untuk daerah PLTH Panansimo

4.6.2. Data Harga Peralatan dan Biaya Perawatan

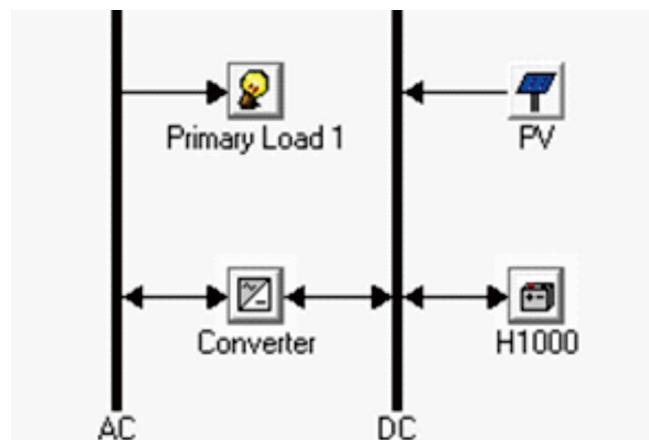
Data harga peralatan dan biaya perawatan merupakan data uang digunakan sebagai input pada homer karna HOMER juga menganalisis nilai-nilai ekonomi yang terdapat pada suatu pembangkit. Data harga peralatan dan biaya perawatan dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18. Data harga peralatan dan biaya perawatan

Jenis	Jumlah	Harga (\$)	Total (\$)
Panel Surya	48	361	17328
Mppt	3	893	2679
Baterai	72	148	10656
Inverter	3	425	1275
Bangunan Dll			20000
Perawatan			3000

4.6.3. Skema PLTS Sistem 48 V pada HOMER

Skema PLTS Sistem 48 V pada HOMER berisi komponen-komponen PLTS yang saling berhubungan sehingga membentuk sebuah sistem. Komponen-komponen tersebut yaitu, Panel surya (*PV*), Baterai, Inverter (*Converter*), dan Beban (*Primary Load*).

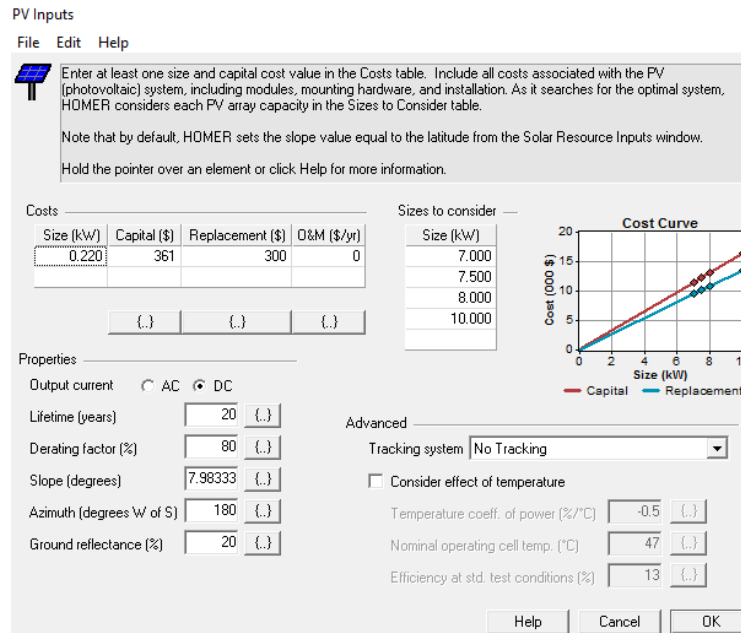


Gambar 4.11. Skema PLTS Sistem 48 V

(sumber : HOMER)

4.6.4. Potensi PLTS Terhadap Beban Keluaran Data Monitoring

1. Panel Surya (*Photovoltaic*)

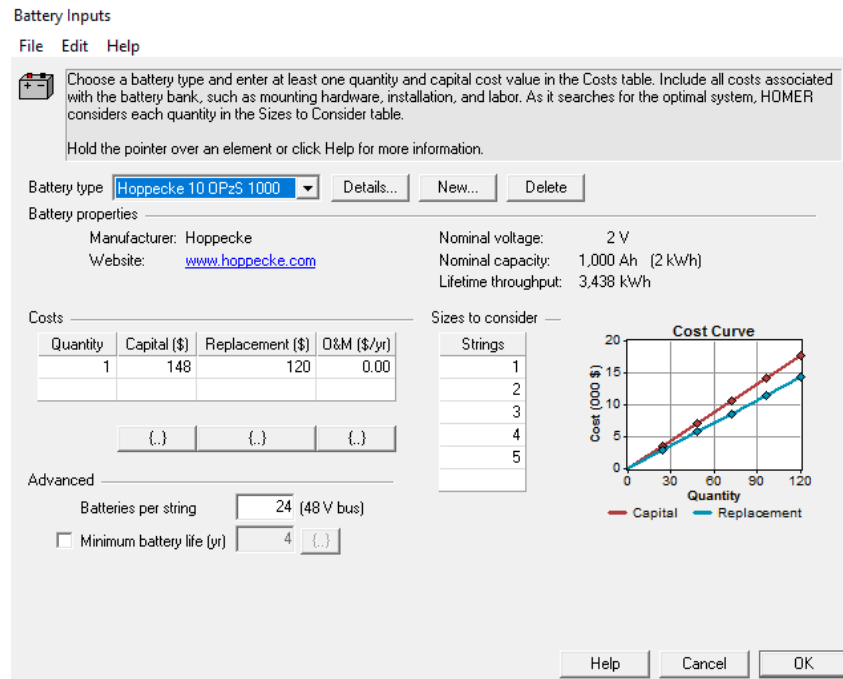


Gambar 4.12. PV input pada HOMER

(sumber : HOMER)

Dari gambar 4.12 saya membatasi perhitungan daya (kW) yang dihasilkan oleh panel surya dari 7,7.5,8,10 kW. Tujuan dari pembatasan ini adalah agar homer mudah memperhitungkan daya dari panel surya yang dibutuhkan oleh PLTS Sistem 48 V. Pada gambar 4.3. juga memperlihatkan *size* (kW), *Capital* (\$), *Replacement* (\$), dan O&M (\$/y). *Size* (kW) adalah daya yang dihasilkan oleh panel surya sesuai dengan spesifikasinya. *Capital* (\$) adalah harga dari panel surya. *Replacement* (\$) adalah biaya pengganti dari panel surya, disini saya membuat anggaran \$ 300. O&M (\$/y) adalah biaya perawatan pada panel surya.

2. Baterai

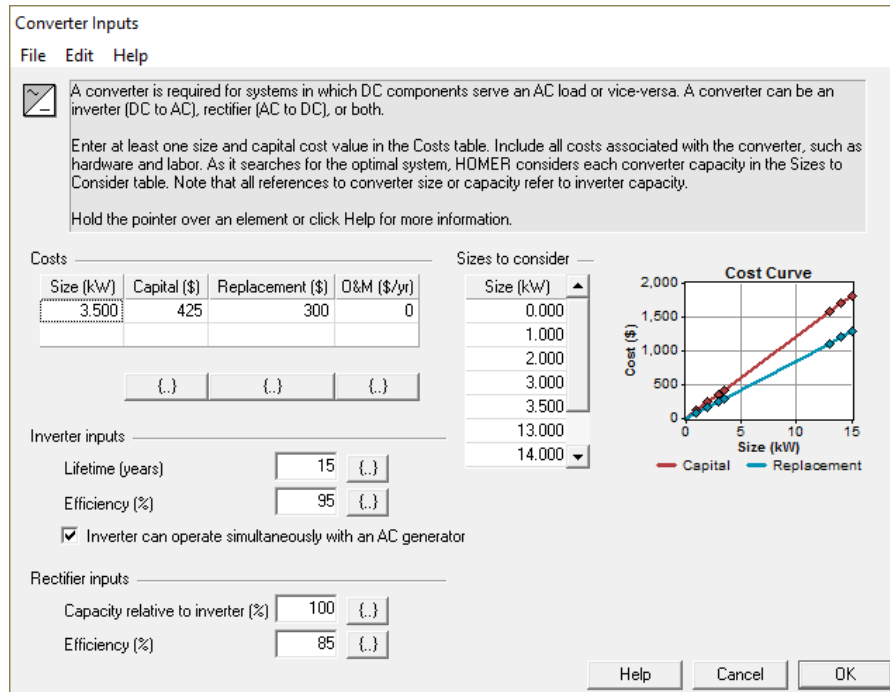


Gambar 4.13. Baterai *input* pada HOMER

(sumber : HOMER)

Dari gambar 4.13 saya membatasi perhitungan jumlah *string* baterai yang dibutuhkan PLTS Sistem 48 V dari 1,2,3,4,5. Tujuan dari pembatasan ini adalah agar homer mudah memperhitungkan jumlah unit baterai yang dibutuhkan oleh PLTS Sistem 48 V. Pada gambar 4.4. juga memperlihatkan *Quantity*, *Capital* (\$), *Replacement* (\$), dan *O&M* (\$/y). *Quantity* adalah jumlah dari baterai. *Capital* (\$) adalah harga dari baterai. *Replacement* (\$) adalah biaya pengganti dari baterai, disini saya membuat anggaran \$ 120. *O&M* (\$/y) adalah biaya perawatan pada baterai. Baterai yang saya gunakan adalah baterai Hoppecke 2V 1000 Ah.

3. Inverter (*Converter*)



Gambar 4.14. *Converter input* pada HOMER

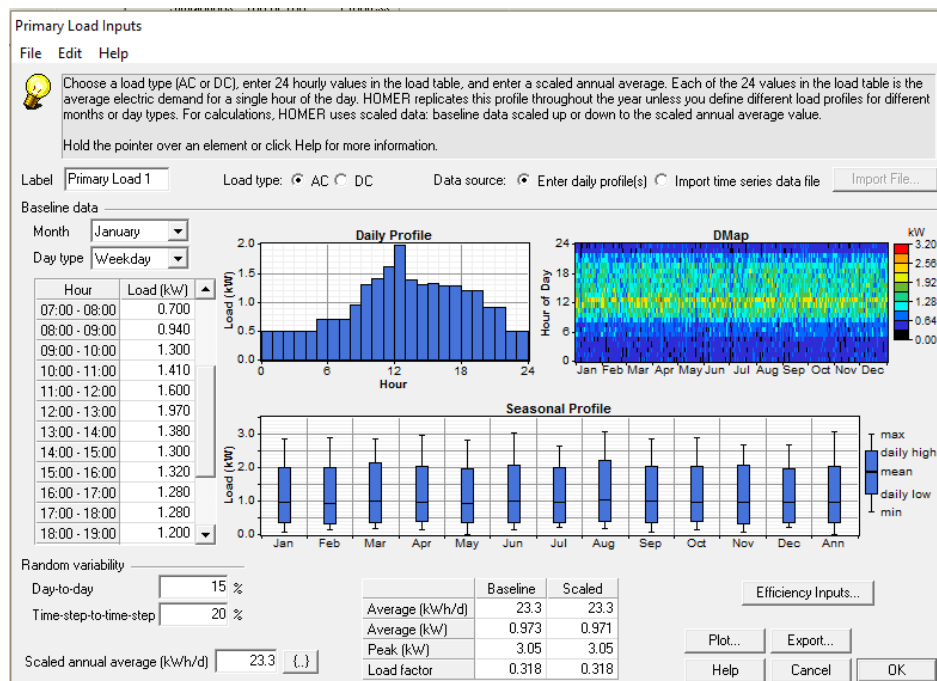
(sumber : HOMER)

Dari gambar 4.14 saya membatasi perhitungan daya (kW) yang dikeluarkan oleh *converter* dari 1,2,3,3.5,13,14. Tujuan dari pembatasan ini adalah agar homer mudah memperhitungkan daya keluaran *converter* yang dibutuhkan oleh PLTS Sistem 48 V. Pada gambar 4.5. juga memperlihatkan *size* (kW), *Capital* (\$), *Replacement* (\$), dan *O&M* (\$/y). *Size* (kW) adalah daya yang dikeluarkan *converter* sesuai dengan spesifikasinya. *Capital* (\$) adalah harga dari *converter*. *Replacement* (\$) adalah biaya pengganti dari *converter*, disini saya membuat anggaran \$ 300. *O&M* (\$/y) adalah biaya perawatan pada *converter*.

4. Data penggunaan beban (*Primary Load*)

Tabel 4.19. Data keluaran beban PLTS Sistem 48 V

Jam	Daya (kW)	Jam	Daya (kW)	Jam	Daya (kW)
00:00-01:00	0,5	08:00-09:00	0,94	16:00-17:00	1,28
01:00-02:00	0,5	09:00-10:00	1,30	17:00-18:00	1,28
02:00-03:00	0,5	10:00-11:00	1,41	18:00-19:00	1,28
03:00-04:00	0,5	11:00-12:00	1,60	19:00-20:00	1,20
04:00-05:00	0,5	12:00-13:00	1,97	20:00-21:00	0,90
05:00-06:00	0,7	13:00-14:00	1,38	21:00-22:00	0,90
06:00-07:00	0,7	14:00-15:00	1,30	22:00-23:00	0,50
07:00-08:00	0,7	15:00-16:00	1,32	23:00-00:00	0,50



Gambar 4.15. *Primary Load input* pada HOMER

(sumber : HOMER)

5. Hasil Analisis Menggunakan HOMER

Hasil dari simulasi HOMER berupa *Sistem Architecture, Cost Summary, Cash Flow, Electrical, PV, Battery, Converter.*

a. *Sistem Architecture*

PV Array 7.5 kW

Battery 72 Hoppecke 10 OPzS 1000

Inverter 3 kW

Pada perhitungan HOMER PLTS Sistem 48 V hanya membutuhkan panel surya yang mempunyai total daya 7,5 kW , inverter 3 kW, dan 72 baterai tipe Hoppecke 10 OPzs 1000. Sedangkan kenyataannya PLTS Sistem 48 V mempunyai total daya 10,56 kW, inverter 10,5 kW, dan 72 baterai maka PLTS Sistem 48 V di PLTH Pandansimo sudah berpotensi untuk memenuhi kebutuhan beban warung kuliner di sekitar area PLTH Pandansimo.

b. *Cost Summary*

Total net present cost \$ 84.350

Levelized cost of energy \$ 0,776/kWh

Operating cost \$ 3.209/yr

Biaya Investasi yang dibutuhkan untuk membangun PLTS Sistem 48 V adalah \$ 84.350 dengan biaya perawatan pertahun sebesar \$ 3.209/tahun. Homer juga menghitung harga jual listrik per kWh yaitu sebesar \$ 0,776/kWh. Nilai ini cukup besar jika melihat tarif dasar listrik oleh PLN sebesar Rp 1.467,28 pada beban 1300 VA jika dikonversikan ke Dollar Amerika dengan

kurs 13.300 maka di dapatkan hasil sebesar \$ 0,11. Untuk masalah biaya dan tarif jual listrik/kWh PLTS Sistem 48 V belum berpotensi untuk memenuhi kebutuhan beban warung kuliner di sekitar area PLTH Pandansimo hal ini di karnakan para pengguna warung kuliner lebih memilih untuk menggunakan jaringan PLN karna memiliki tarif jual listrik yang rendah. Untuk saat ini PLTS Sistem 48 V di PLTH Pandansimo hanya sebagai lembaga penelitian jadi para pengguna beban PLTS Sistem 48 V hanya membayar Rp 10.000 setiap bulannya

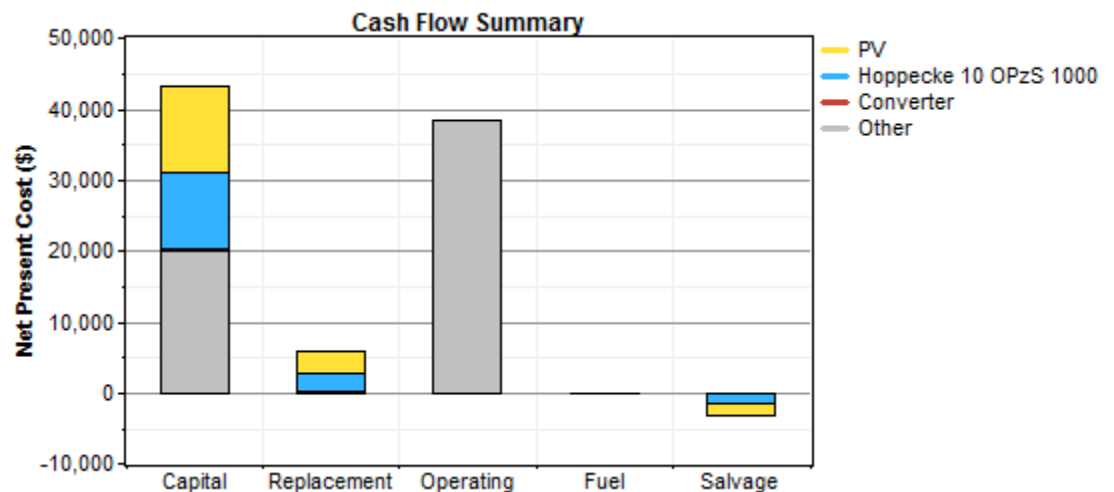
BULAN APRIL - JUNI 2017					
NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.467,28	1.467,28
2.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.467,28	1.467,28
3.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.467,28	1.467,28
4.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*)	1.467,28	1.467,28
5.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
6.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
7.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
8.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVArh = 996,74 ****)	-
9.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
10.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-

Gambar 4.16 Tarif Dasar Listrik Bulan April- Juni 2017

(sumber : listrik.org)

Tabel 4.20. Tabel biaya investasi (*Net Present Cost*) PLTS Sistem 48 V

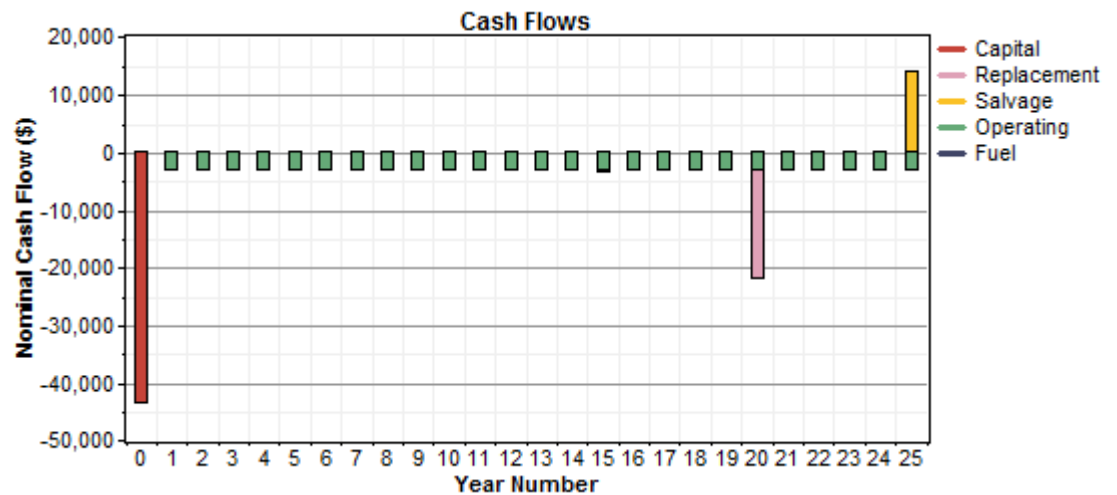
<i>Component</i>	<i>Capital</i>	<i>Replacement</i>	<i>O&M</i>	<i>Fuel</i>	<i>Salvage</i>	<i>Total</i>
	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)
<i>PV</i>	12,307	3,189	0	0	-1,787	13,709
<i>Hoppecke 10 OPzS 1000</i>	10,656	2,694	0	0	-1,510	11,840
<i>Converter</i>	364	107	0	0	-20	452
<i>Other</i>	20,000	0	38,350	0	0	58,350
<i>System</i>	43,327	5,990	38,350	0	-3,317	84,350

Gambar 4.17. Grafik Investasi (*Net Present Cost*) PLTS Sistem 48 V
(sumber : HOMER)

Gambar 4.17 terlihat bahwa biaya terbesar yang dikeluarkan adalah biaya pembangunan (*Capital*) PLTS Sistem 48 V yaitu sebesar \$ 43,327. Dalam biaya pembangun PLTS Sistem 48 V biaya terbesar yaitu biaya *Other*, biaya ini merupakan biaya konstruksi , instalasi dan biaya komponen-komponen lainnya yang tidak di cantumkan dalam aplikasi HOMER.

c. *Cash Flow*

Aliran keuangan (*Cash Flow*) adalah alur keuangan pertahun yang digunakan PLTS Sistem 48 V dari biaya pembuatan sistem, penggantian alat, biaya operasi hingga keuntungan yang diperoleh



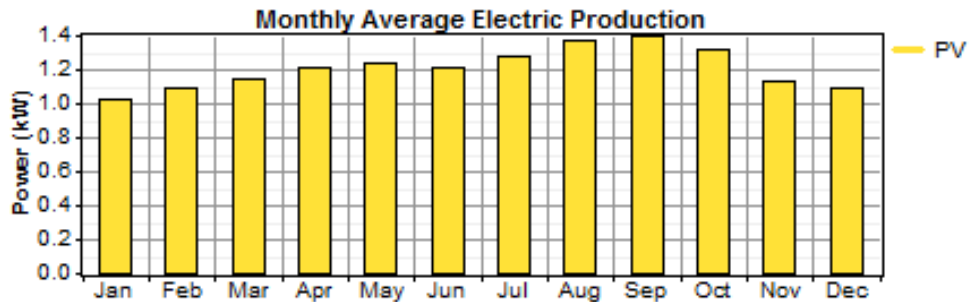
Gambar 4.18. Grafik *Cash Flow*

(sumber : HOMER)

Gambar 4.18 menunjukkan bahwa pergantian alat yang digunakan ada pada tahun ke 20 dan PLTS Sistem 48 V bisa mendapatkan keuntungan pada tahun ke 25 dari di bentuknya PLTS Sistem 48 V tersebut.

d. *Electrical*

Electrical merupakan kWh energi yang dihasilkan panel surya dan energi yang di keluarkan untuk penggunaan warung kuliner.



Gambar 4.19. Grafik Daya Yang Dihasilkan Panel Surya Perbulan

(sumber : HOMER)

Gambar 4.19 menunjukkan daya yang dihasilkan oleh panel surya setiap bulannya. Bulan Agustus – Oktober merupakan titik tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya karna pada bulan ini merupakan musim kemarau. Bulan Desember – Januari merupakan titik terendah yang dihasilkan oleh panel surya karna pada bulan ini merupakan musim hujan.

Tabel 4.21 dan 4.22 menunjukkan energi yang dihasilkan panel surya dalam satu tahun dan energi yang di keluarkan untuk penggunaan warung kuliner dalam satu tahun

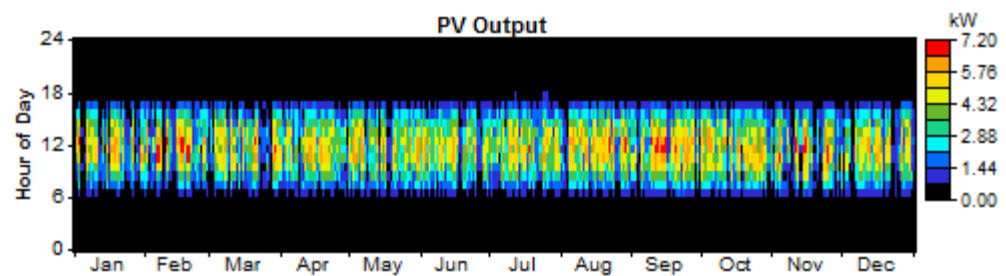
Tabel 4.21. Total energi yang dihasilkan panel surya dalam setahun.

<i>Component</i>	<i>Production</i>	<i>Fraction</i>
	(kWh/yr)	
<i>PV array</i>	10,608	100%
<i>Total</i>	10,608	100%

Tabel 4.22. Total energi yang digunakan dalam setahun.

<i>Load</i>	<i>Consumption</i>	<i>Fraction</i>
	(kWh/yr)	
<i>AC primary load</i>	8,504	100%
<i>Total</i>	8,504	100%

e. *Photovoltaic*

Gambar 4.20. Grafik *Output* Panel Surya Perbulan

(sumber : HOMER)

Gambar 4.20 menunjukkan grafik *Output* panel surya perbulan. Dari grafik tersebut kita dapat melihat bahwa panel surya dapat menghasilkan energi listrik dari jam 06:00-18:00. Dan titik tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya berada pada jam 12:00, dapat dilihat dari warna orange pada gambar 4.20.

Tabel 4.23. Kapasitas panel surya yang digunakan PLTS Sistem 48 V

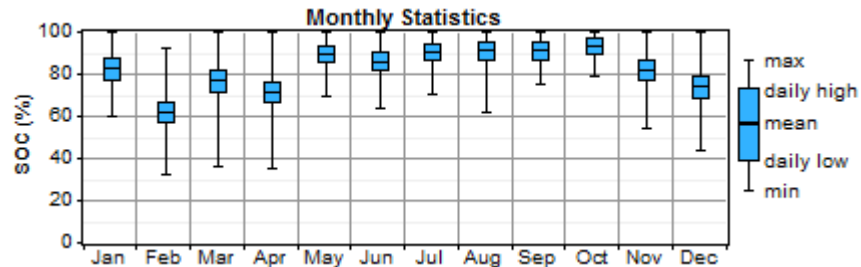
<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Rated capacity</i>	7.50	kW
<i>Mean output</i>	1.21	kW
<i>Mean output</i>	29.1	kWh/d
<i>Capacity factor</i>	16.1	%
<i>Total production</i>	10,608	kWh/yr

Tabel 4.24. *Maximum dan minimum output* panel surya

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Minimum output</i>	0.00	kW
<i>Maximum output</i>	7.11	kW
<i>PV penetration</i>	125	%
<i>Hours of operation</i>	4,410	hr/yr
<i>Levelized cost</i>	0.101	\$/kWh

Menurut perhitungan HOMER total panel surya yang di gunakan untuk kebutuhan warung kuliner yaitu sebesar 7,5 kW. Daya maksimal yang dihasilkan oleh panel surya yaitu sebesar 7,11 kW. Rata-rata daya dan energi yang dihasilkan oleh panel surya adalah sebesar 1,21 kW dan 29,1 kWh/hari. Selama satu tahun panel surya beroperasi selama 4.410 jam/tahun. Total energi yang dihasilkan oleh panel surya dalam setahun yaitu 10.608 kWh/tahun. Untuk lebih jelas bisa melihat tabel 4.23 dan 4.24.

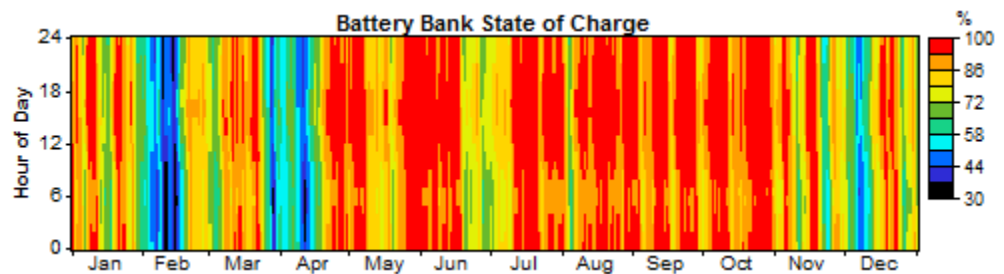
f. Battery



Gambar 4.21. Persentasi Persediaan Baterai Setiap Bulan

(sumber : HOMER)

Gambar 4.21 menunjukkan bahwa persediaan baterai selalu berada di atas 50% setiap bulannya. Nilai tertinggi dari persediaan baterai berada pada bulan Agustus-Oktober hal ini dikarenakan pada bulan tersebut merupakan musim kemarau sehingga panel surya bekerja secara maksimal dan membuat persediaan baterai selalu penuh.



Gambar 4.22. Battery Bank State Of Charge

(sumber : HOMER)

Gambar 4.22 menunjukkan bahwa rata-rata persediaan baterai selalu penuh setiap bulannya terlihat pada warna *orange* pada gambar. Warna *orange* menunjukkan bahwa persediaan baterai berada pada kondisi 100%. Pada gambar 4.22 persediaan baterai terendah di tunjukkan pada warna biru tua.

Warna biru tua menunjukkan bahwa persediaan baterai berada pada kondisi 44%. Persediaan baterai terendah berada pada bulan februari dan bulan april hal ini dikarenakan pada bulan ini merupak musim hujan.

Tabel 4.25. Kapasitas baterai yang digunakan PLTS Sistem 48 V

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>
<i>String size</i>	24
<i>Strings in parallel</i>	3
<i>Batteries</i>	72
<i>Bus voltage (V)</i>	48

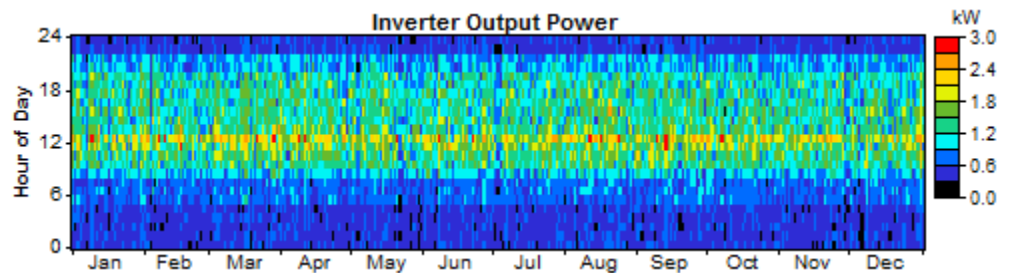
Menurut perhitungan homer jumlah baterai yang digunakan berjumlah 72 baterai. Untuk mendapatkan tegangan sebesar 48 V maka 24 baterai diseri dan kemudian di paralelkan hingga menjadi 3 bagian parallel. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada tabel 4.25.

Tabel 4.26. Energi yang masuk dan energi yang keluar pada baterai

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Energy in</i>	4,819	kWh/yr
<i>Energy out</i>	4,200	kWh/yr
<i>Storage depletion</i>	49.7	kWh/yr
<i>Losses</i>	570	kWh/yr
<i>Annual throughput</i>	4,529	kWh/yr
<i>Expected life</i>	20.0	yr

Menurut perhitungan homer energi yang masuk pada baterai sebesar 4.819 kWh/tahun dan energi yang keluar sebesar 4.200 kWh/tahun. Besar *losses* pada baterai sebesar 570 kWh/tahun. Homer juga memperhitungkan umur baterai. Menurut perhitungan homer baterai yang digunakan pada PLTS Sistem 48 V yaitu 20 tahun.

g. Converter



Gambar 4.23. *Inverter Output Power*

(sumber : HOMER)

Gambar 4.23 Menunjukkan daya yang dikeluarkan oleh inveter. Puncak daya yang dikeluarkan oleh Inverter ditunjukkan pada warna kuning–warna *orange*. Warna kuning–warna *orange* menunjukkan bahwa daya yang dikeluarkan oleh inverter sebesar 1,8-3 kW. Puncak daya yang dikeluarkan oleh Inverter berada pada jam 12:00.

Daya terendah yang dikeluarkan oleh Inverter ditunjukkan pada warna biru tua. Warna biru tua menunjukkan bahwa daya yang dikeluarkan oleh inverter sebesar 0,6 kW. Daya terendah yang dikeluarkan oleh Inverter berada pada jam 00:00-06:00.

Tabel 4.27. Kapasitas inverter yang digunakan PLTS Sistem 48 V

<i>Quantity</i>	<i>Inverter</i>	<i>Units</i>
<i>Capacity</i>	3.00	kW
<i>Mean output</i>	0.97	kW
<i>Minimum output</i>	0.00	kW
<i>Maximum output</i>	3.00	kW
<i>Capacity factor</i>	32.4	%

Menurut perhitungan homer inverter yang digunakan mempunyai kapasitas daya 3 kW. Rata-rata daya dan energi yang dikeluarkan oleh inverter adalah sebesar 0,97 kW. Untuk lebih jelas bisa melihat tabel 4.27.

Tabel 4.28. Energi yang masuk dan energi yang keluar pada inverter

<i>Quantity</i>	<i>Inverter</i>	<i>Units</i>
<i>Hours of operation</i>	8,759	hrs/yr
<i>Energy in</i>	8,952	kWh/yr
<i>Energy out</i>	8,504	kWh/yr
<i>Losses</i>	448	kWh/yr

Selama satu tahun inverter beroperasi selama 8.759 jam/tahun. Energi yang masuk pada inverter sebesar 8.952 kWh/tahun dan energi yang keluar sebesar 8.504 kWh/tahun. Besar *losses* pada inverter sebesar 448 kWh/tahun

4.6.5. Potensi PLTS Terhadap Beban Penggunaan Warung

1. Data Penggunaan Beban (*Primary Load*)

Jumlah warung kuliner yang di suplai PLTS Sistem 48 V berjumlah 60 unit. Masing-masing unit mendapatkan daya 220 VA. Warung yang di suplai PLTS Sistem 48 V beroperasi dari jam 08:00-20:00. Pada perhitungan menggunakan homer dibutuhkan total seluruh daya yang digunakan pada warung kuliner.

Contoh Perhitungan :

Dik :

- Jumlah warung kuliner : 60 Unit
- Daya masing-masing unit : 220 W
- Daya terpakai pada masing-masing unit : $220 \text{ W} \times 85 \% = 187 \text{ W}$

Dit :

- Total daya yang di gunakan ?

Jawab :

$$\begin{aligned} 60 \times 187 \text{ W} &= 11.220 \text{ W} \\ &= 11,22 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi, penggunaan daya beban warung kuliner pada jam 08:00-20:00 sebesar 11,22 kW. Untuk jam 21:00-07:00 saya mengambil 10 % dari daya yang digunakan pada jam 08:00-20:00 yaitu 1,22 kW. Walaupun pada jam 21:00-07:00 warung kuliner tidak beroperasi tetapi jika dilakukan pengukuran secara *real* maka tetap ada daya yang digunakan.

Tabel 4.29. Penggunaan beban maksimal pada 60 warung kuliner

Jam	Daya (kW)	Jam	Daya (kW)	Jam	Daya (kW)
00:00-01:00	1,22	08:00-09:00	11,22	16:00-17:00	11,22
01:00-02:00	1,22	09:00-10:00	11,22	17:00-18:00	11,22
02:00-03:00	1,22	10:00-11:00	11,22	18:00-19:00	11,22
03:00-04:00	1,22	11:00-12:00	11,22	19:00-20:00	11,22
04:00-05:00	1,22	12:00-13:00	11,22	20:00-21:00	1,22
05:00-06:00	1,22	13:00-14:00	11,22	21:00-22:00	1,22
06:00-07:00	1,22	14:00-15:00	11,22	22:00-23:00	1,22
07:00-08:00	1,22	15:00-16:00	11,22	23:00-00:00	1,22

2. Hasil Analisis Menggunakan HOMER

Hasil dari simulasi HOMER berupa *Sistem Architecture, Cost Summary, Cash Flow, Electrical, PV, Battery, Converter.*

a. *Sistem Architecture*

PV Array 50 kW

Battery 360 Hoppecke 10 OPzS 1000

Inverter 22 kW

Pada perhitungan HOMER PLTS Sistem 48 V membutuhkan panel surya yang mempunyai total daya sebesar 50 kW , inverter 22 kW, dan 360 baterai tipe Hoppecke 10 OPzs 1000. Sedangkan kenyataannya PLTS Sistem 48 V mempunyai total daya 10,56 kW, inverter 10,5 kW, dan 72 baterai maka PLTS Sistem 48 V di PLTH Pandansimo belum berpotensi untuk memenuhi kebutuhan beban warung kuliner di sekitar area PLTH Pandansimo jika semua warung kuliner menggunakan beban secara maksimal.

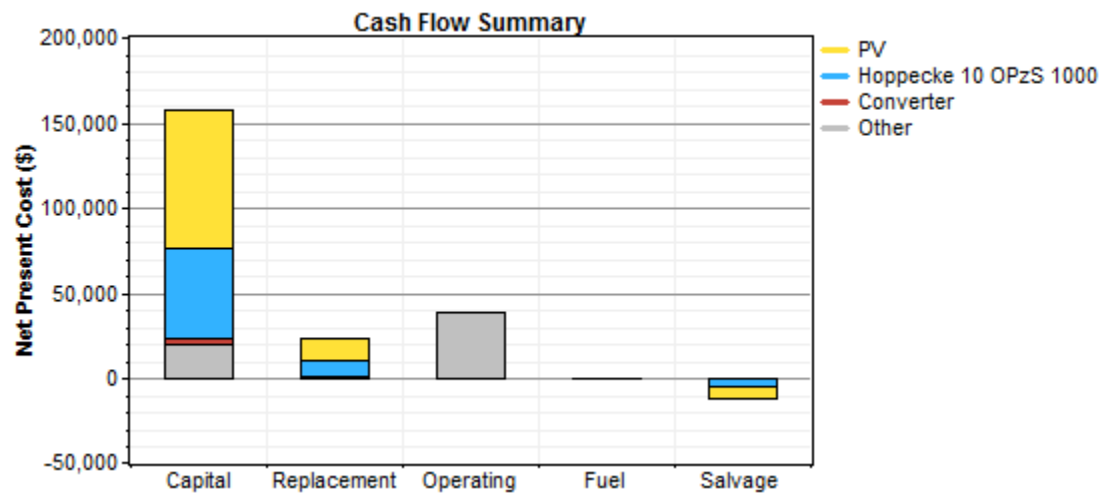
b. Cost Summary

<i>Total net present cost</i>	\$ 206.797
<i>Levelized cost of energy</i>	\$ 0,300/kWh
<i>Operating cost</i>	\$ 3.817/yr

Biaya Investasi yang dibutuhkan untuk membangun PLTS Sistem 48 V adalah \$ 206.797 dengan biaya perawatan pertahun sebesar \$ 3.817/tahun. Homer juga menghitung harga jual listrik per kWh yaitu sebesar \$ 0,300/kWh. Nilai ini cukup besar jika melihat tarif dasar listrik oleh PLN sebesar Rp 1.467,28 pada beban 1300 VA jika dikonversikan ke Dollar Amerika dengan kurs 13.300 maka di dapatkan hasil sebesar \$ 0,11. Untuk masalah biaya dan tarif jual listrik/kWh PLTS Sistem 48 V belum berpotensi untuk memenuhi kebutuhan beban warung kuliner di sekitar area PLTH Pandansimo hal ini di karnakan para pengguna warung kuliner lebih memilih untuk menggunakan jaringan PLN karna memiliki tarif jual listrik yang rendah.

Tabel 4.30. Tabel biaya investasi (*Net Present Cost*) PLTS Sistem 48 V

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)
PV	82,045	13,287	0	0	-7,447	87,886
Hoppecke 10 OPzS 1000	53,280	9,354	0	0	-5,242	57,392
Converter	2,671	612	0	0	-114	3,170
Other	20,000	0	38,350	0	0	58,350
System	157,997	23,253	38,350	0	-12,803	206,797

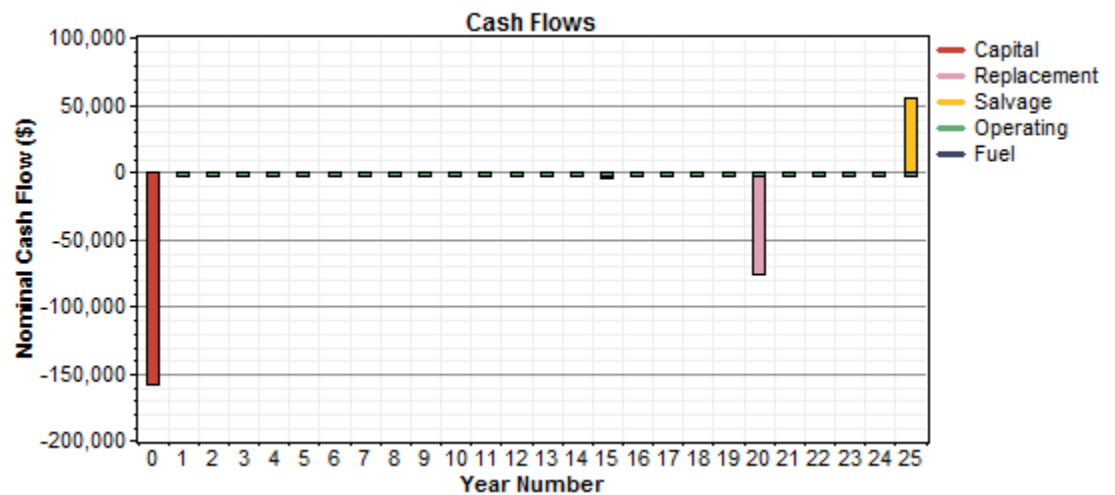


Gambar 4.24. Grafik Investasi (*Net Present Cost*) PLTS Sistem 48 V
(sumber : HOMER)

Gambar 4.24 terlihat bahwa biaya terbesar yang dikeluarkan adalah biaya pembangunan (*Capital*) PLTS Sistem 48 V yaitu sebesar \$ 157.999. Dalam biaya pembangun PLTS Sistem 48 V biaya terbesar yaitu biaya pembelian *Photovoltaic* yang ditunjukkan warna kuning pada gambar 4.24. Biaya terbesar setelah itu ialah pembelian baterai yaitu sebesar \$ 57.392 .

c. *Cash Flow*

Aliran keuangan (*Cash Flow*) adalah alur keuangan tahunan yang digunakan PLTS Sistem 48 V dari biaya pembuatan sistem, penggantian alat, biaya operasi hingga keuntungan yang diperoleh



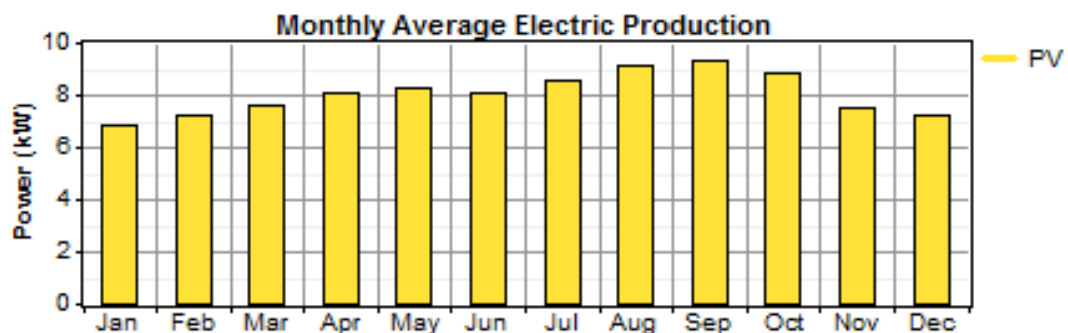
Gambar 4.25. Grafik *Cash Flow*

(sumber : HOMER)

Gambar 4.25 menunjukkan bahwa pergantian alat yang digunakan ada pada tahun ke 20 dan PLTS Sistem 48 V bisa mendapatkan keuntungan pada tahun ke 25 dari di bentuknya PLTS Sistem 48 V tersebut.

d. *Electrical*

Electrical merupakan kWh energi yang dihasilkan panel surya dan energi yang di keluarkan untuk penggunaan warung kuliner.



Gambar 4.26. Grafik Daya Yang Dihasilkan Panel Surya Perbulan

(sumber : HOMER)

Gambar 4.26 menunjukkan daya yang dihasilkan oleh panel surya setiap bulannya. Bulan Agustus – Oktober merupakan titik tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya karna pada bulan ini merupakan musim kemarau. Bulan Desember – Januari merupakan titik terendah yang dihasilkan oleh panel surya karna pada bulan ini merupakan musim hujan.

Tabel 4.31 dan 4.32 menunjukkan energi yang dihasilkan panel surya dalam satu tahun dan energi yang di keluarkan untuk penggunaan warung kuliner dalam satu tahun.

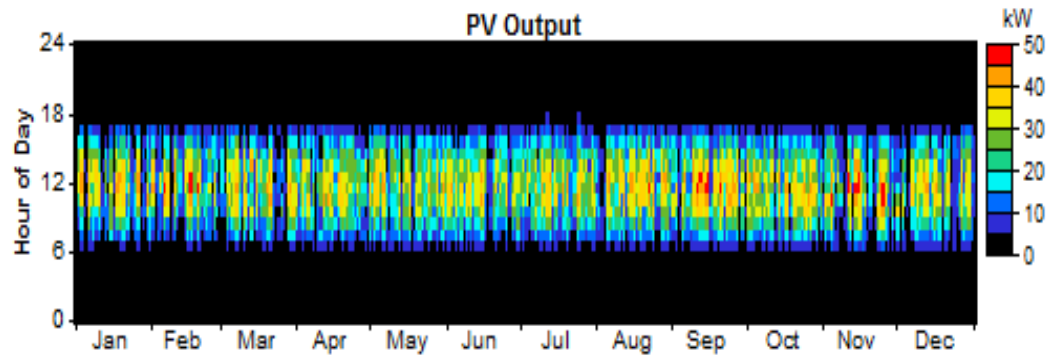
Tabel 4.31. Total energi yang dihasilkan panel surya dalam setahun.

<i>Component</i>	<i>Production</i>	<i>Fraction</i>
	(kWh/yr)	
<i>PV array</i>	70,721	100%
<i>Total</i>	70,721	100%

Tabel 4.32. Total energi yang digunakan dalam setahun.

<i>Load</i>	<i>Consumption</i>	<i>Fraction</i>
	(kWh/yr)	
<i>AC primary load</i>	53,975	100%
<i>Total</i>	53,975	100%

e. *Photovoltaic*



Gambar 4.27. Grafik *Output* Panel Surya Perbulan

(sumber : HOMER)

Gambar 4.27 menunjukkan grafik *Output* panel surya perbulan. Dari grafik tersebut kita dapat melihat bahwa panel surya dapat menghasilkan energi listrik dari jam 06:00-18:00. Dan titik tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya berada pada jam 12:00, dapat dilihat dari warna orange pada gambar 4.27.

Tabel 4.33. Kapasitas panel surya yang digunakan PLTS Sistem 48 V

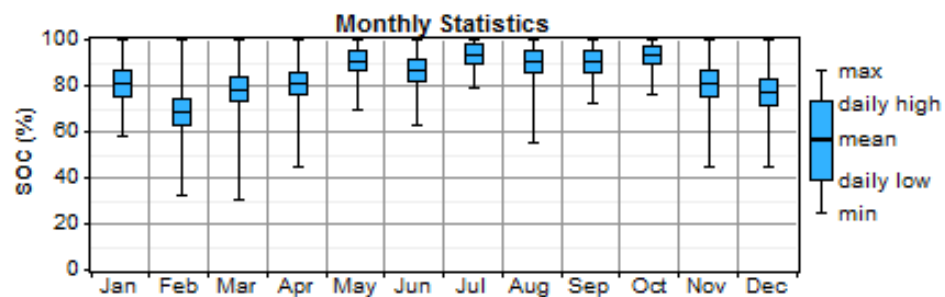
<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Rated capacity</i>	50.0	kW
<i>Mean output</i>	8.70	kW
<i>Mean output</i>	194	kWh/d
<i>Capacity factor</i>	16.1	%
<i>Total production</i>	70,721	kWh/yr

Tabel 4.34. *Maximum dan minimum output panel surya*

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Minimum output</i>	0.00	kW
<i>Maximum output</i>	47.4	kW
<i>PV penetration</i>	131	%
<i>Hours of operation</i>	4,410	hr/yr
<i>Levelized cost</i>	0.0972	\$/kWh

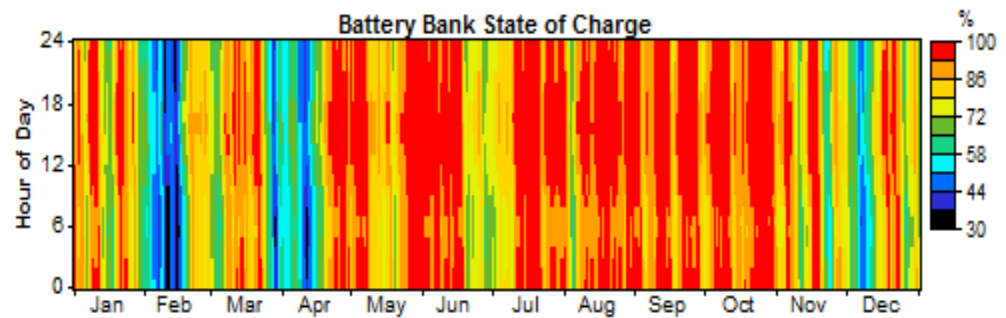
Menurut perhitungan HOMER total panel surya yang di gunakan untuk kebutuhan warung kuliner yaitu sebesar 50 kW. Daya maksimal yang dihasilkan oleh penel surya yaitu sebesar 47.4 kW. Rata-rata daya dan energi yang dihasilkan oleh panel surya adalah sebesar 8.7 kW dan 194 kWh/hari. Selama satu tahun panel surya beroperasi selama 4.410 jam/tahun. Total energi yang dihasilkan oleh panel surya dalam setahun yaitu 70.721 kWh/tahun. Untuk lebih jelas bisa melihat tabel 4.33 dan 4.34.

f. *Battery*

Gambar 4.28. *Persentase Persediaan Baterai Setiap Bulan*

(sumber : HOMER)

Gambar 4.28 menunjukkan bahwa persediaan baterai selalu berada di atas 60% setiap bulannya. Nilai tertinggi dari persediaan baterai berada pada bulan Juli-Oktober hal ini dikarenakan pada bulan tersebut merupakan musim kemarau sehingga panel surya bekerja secara maksimal dan membuat persediaan baterai selalu penuh.



Gambar 4.29. *Battery Bank State Of Charge*

(sumber : HOMER)

Gambar 4.29 menunjukkan bahwa rata-rata persediaan baterai selalu penuh setiap bulannya terlihat pada warna *orange* pada gambar. Warna *orange* menunjukkan bahwa persediaan baterai berada pada kondisi 100%. Pada gambar 4.29 persediaan baterai terendah di tunjukkan pada warna biru tua. Warna biru tua menunjukkan bahwa persediaan baterai berada pada kondisi 44%. Persediaan baterai terendah berada pada bulan februari dan bulan april hal ini dikarenakan pada bulan ini merupak musim hujan.

Tabel 4.35. Kapasitas baterai yang digunakan PLTS Sistem 48 V

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>
<i>String size</i>	24
<i>Strings in parallel</i>	15
<i>Batteries</i>	360
<i>Bus voltage (V)</i>	48

Menurut perhitungan homer jumlah baterai yang digunakan berjumlah 360 baterai. Untuk mendapatkan tegangan sebesar 48 V maka 24 baterai diseri dan kemudian di paralelkan hingga menjadi 15 bagian parallel. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada tabel 4.35.

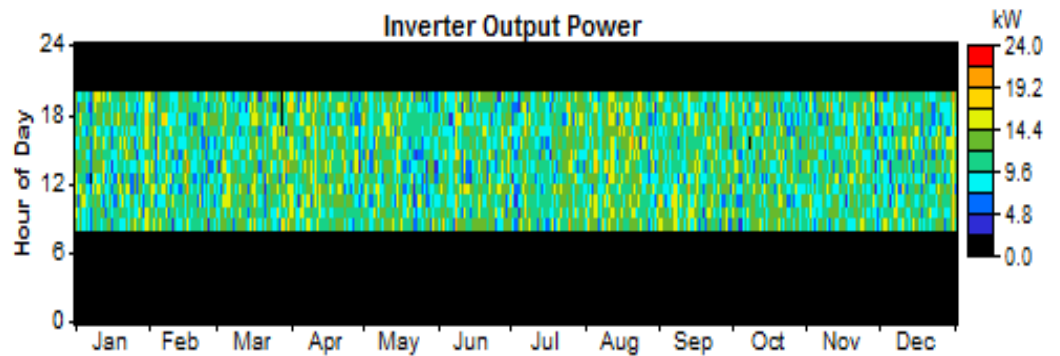
Tabel 4.36. Energi yang masuk dan energi yang keluar pada baterai

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Energy in</i>	25,962	kWh/yr
<i>Energy out</i>	22,597	kWh/yr
<i>Storage depletion</i>	244	kWh/yr
<i>Losses</i>	3,121	kWh/yr
<i>Annual throughput</i>	24,367	kWh/yr
<i>Expected life</i>	20.0	yr

Menurut perhitungan homer energi yang masuk pada baterai sebesar 25.962 kWh/tahun dan energi yang keluar sebesar 22.597 kWh/tahun. Besar *losses* pada baterai sebesar 3.121 kWh/tahun. Homer juga memperhitungkan

umur baterai. Menurut perhitungan homer baterai yang digunakan pada PLTS Sistem 48 V yaitu 20 tahun.

g. Converter



Gambar 4.30. *Inverter Output Power*

(sumber : HOMER)

Gambar 4.23 Menunjukkan daya yang dikeluarkan oleh inveter. Rata – rata dayayang dikeluarkan inverter adalah 9,6 kW-14,4 kW hal ini dapat dilihat dari warna hijau dan biru muda pada gambar 4.30.

Tabel 4.37. Kapasitas inverter yang digunakan PLTS Sistem 48 V

<i>Quantity</i>	<i>Inverter</i>	<i>Units</i>
<i>Capacity</i>	22.0	kW
<i>Mean output</i>	6.2	kW
<i>Minimum output</i>	0.00	kW
<i>Maximum output</i>	21.0	kW
<i>Capacity factor</i>	28.0	%

Menurut perhitungan homer inverter yang digunakan mempunyai kapasitas daya 22 kW. Rata-rata daya dan energi yang dikeluarkan oleh inverter adalah sebesar 6,2 kW. Untuk lebih jelas bisa melihat tabel 4.37

Tabel 4.38. Energi yang masuk dan energi yang keluar pada inverter

<i>Quantity</i>	<i>Inverter</i>	<i>Units</i>
<i>Hours of operation</i>	8,759	hrs/yr
<i>Energy in</i>	56,816	kWh/yr
<i>Energy out</i>	53,975	kWh/yr
<i>Losses</i>	2,841	kWh/yr

Selama satu tahun inverter beroperasi selama 8.759 jam/tahun. Energi yang masuk pada inverter sebesar 56.816 kWh/tahun dan energi yang keluar sebesar 53.975 kWh/tahun. Besar *losses* pada inverter sebesar 2.841 kWh/tahun