

BAB IV

PEMBAHASAN DAN ANALISIS

4.1 Pembahasan Keseluruhan

4.1.1 Beban

Pada penelitian ini beban lampu yang digunakan adalah 2 buah lampu LED 50 W, lampu LED ini dinyakalan selama 11,5 jam yaitu pada jam 18.00-05.30. Jumlah energi minimum yang dibutuhkan lampu dalam periode 1 hari adalah

$$2 \text{ buah} \times 50 \text{ W} \times 11,5 \text{ jam} = 1150 \text{ Wh.}$$

Menurut aturan *Days of autonomy* dimana hari pada sistem *off grid* harus dapat bertahan / tetap menyala tanpa adanya sinar matahari sebanyak 3 hari sehingga

$$1150 \text{ Wh} \times 3 = 3450 \text{ Wh}$$

4.1.2 Panel Surya

Pada penelitian ini panel surya yang digunakan adalah 100 Wp dengan tegangan hubung buka 44,2 V dan arus hubung singkat 3,5 A namun saat dioperasikan tegangan pada saat daya maksimum (V_{maks}) 34,8 V dan arus saat daya maksimum (I_{maks}) 2,8 A. Penyusunan panel surya ini berupa 2 seri 3 paralel (2s3p) sehingga menurut teori rangkaian listrik jika panel surya di seri sepasang maka tegangan maksimum yang dapat dicapai adalah

$$2 \times 34,8 \text{ V} = 69,6 \text{ V}$$

sedangkan jika diparalel 3 maka arus yang dapat dihasilkan adalah

$$3 \times 2,8 \text{ A} = 8,4 \text{ A}$$

sehingga daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya adalah sebesar

$$69,6 \text{ V} \times 8,4 \text{ A} = 584,64 \text{ W}$$

4.1.3 Baterai

Pada penelitian ini baterai yang digunakan adalah 4 buah baterai 12 V masing masing 100Ah yang penyusunan baterainya berupa 2 seri 2 paralel (2s2p) sehingga menurut teori rangkaian listrik jika baterai di seri sepasang maka tegangan kerja baterai adalah

$$2 \times 12 \text{ V} = 24 \text{ V}$$

kemudian di paralel 2 maka akan menjadi

$$2 \times 100 \text{ Ah} = 200 \text{ Ah},$$

sehingga energi yang dapat disimpan baterai sebesar

$$24 \times 200 \text{ Ah} = 4800 \text{ Wh.}$$

Sedangkan menurut aturan *days of autonomy* spesifikasi baterai telah memenuhi syarat. Setiap baterai memiliki *deep of discharge* (DOD) atau batas kemampuan baterai untuk menyuplai beban. Pada umumnya sebuah baterai hanya diperbolehkan menyuplai beban sebesar 80% dari kapasitas nya agar usia baterai bisa bertahan lebih lama, sehingga energi yang dapat dipakai untuk menyuplai beban menjadi

$$80\% \times 4800 \text{ Wh} = 3840 \text{ Wh}$$

Pada umumnya baterai memiliki tegangan tertentu menurut *State of charge* nya yang merupakan level tegangan pada saat pengisian baterai seperti pada gambar 4.1.

STATE OF CHARGE						
charge	6-V battery	12-V battery	24-V bank	48-V bank	per cell	
100%	6.37	12.73	25.46	50.92	1.277	
90%	6.31	12.62	25.24	50.48	1.258	
80%	6.25	12.50	25.00	50.00	1.238	
70%	6.19	12.37	24.74	49.48	1.217	
60%	6.12	12.24	24.48	48.96	1.195	
50%	6.05	12.10	24.20	48.40	1.172	
40%	5.98	11.96	23.92	47.84	1.148	
30%	5.91	11.81	23.62	47.24	1.124	
20%	5.83	11.66	23.32	46.64	1.098	
10%	5.75	11.51	23.02	46.04	1.073	

Gambar 4. 1 Tabel *State of charge* standar baterai

Dari tabel diatas untuk sistem 24 V maka baterai dalam kondisi penuh pada tegangan 25,46 V, sehingga setelah pemakaian energi baterai sebesar 3480 Wh level tegangan baterai turun menjadi

$$80\% \times 25,46 \text{ V} = 20,36 \text{ V}$$

4.1.4 Perhitungan Dasar

Dengan menggunakan data yang didapat dari NASA melalui halaman web nya seperti pada gambar 4.2 dan 4.3.

ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER **NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data**

Latitude **-7.956** / Longitude **112.613** was chosen.

	Unit	Climate data location
Latitude	°N	-7.956
Longitude	°E	112.613
Elevation	m	163
Heating design temperature	°C	20.91
Cooling design temperature	°C	28.74
Earth temperature amplitude	°C	7.07
Frost days at site	day	0

Month	Air temperature °C	Relative humidity %	Daily solar radiation	Atmospheric pressure kPa	Wind speed m/s	Earth temperature °C	Heating degree-days °C-d	Cooling degree-days °C-d
			horizontal kWh/m ² /d					
January	25.1	86.6%	4.77	99.1	3.2	26.2	0	470
February	25.1	86.2%	4.82	99.1	3.4	26.0	0	431
March	25.4	85.9%	4.94	99.1	2.3	26.4	0	479
April	25.4	85.4%	4.98	99.1	2.7	26.4	0	465
May	25.1	84.7%	4.92	99.2	3.7	25.8	0	470
June	24.5	83.6%	4.73	99.2	4.3	25.2	0	440
July	24.2	79.9%	5.03	99.3	4.7	25.0	0	442
August	24.6	75.2%	5.54	99.3	4.8	25.9	0	453
September	25.3	73.9%	6.05	99.3	4.2	27.0	0	458
October	25.8	76.9%	5.94	99.2	3.2	27.6	0	487
November	25.5	83.5%	5.30	99.1	2.5	27.0	0	464
December	25.2	86.2%	4.99	99.1	2.3	26.4	0	472

Gambar 4. 2 Data radiasi matahari

Sumber: eosweb.larc.nasa.gov

Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
-12	12.75	12.48	12.17	11.85	11.57	11.43	11.48	11.72	12.03	12.35	12.65	12.80
-11	12.68	12.45	12.17	11.85	11.62	11.50	11.55	11.75	12.03	12.33	12.60	12.75
-10	12.63	12.42	12.15	11.88	11.67	11.53	11.58	11.78	12.03	12.32	12.57	12.70
-9	12.58	12.38	12.15	11.92	11.70	11.60	11.65	11.82	12.05	12.28	12.52	12.63
-8	12.52	12.35	12.15	11.93	11.75	11.67	11.72	11.85	12.05	12.28	12.47	12.57
-7	12.48	12.32	12.13	11.95	11.80	11.73	11.75	11.88	12.07	12.25	12.43	12.52
-6	12.42	12.28	12.13	11.98	11.85	11.77	11.82	11.92	12.07	12.23	12.38	12.47
-5	12.38	12.25	12.13	12.00	11.88	11.83	11.85	11.95	12.07	12.22	12.33	12.40
-4	12.32	12.23	12.13	12.02	11.93	11.90	11.92	11.98	12.08	12.18	12.30	12.33
-3	12.28	12.20	12.12	12.05	11.98	11.97	11.95	12.02	12.08	12.17	12.25	12.30
-2	12.22	12.18	12.12	12.07	12.03	12.00	12.02	12.05	12.10	12.15	12.20	12.23
-1	12.18	12.15	12.12	12.08	12.07	12.07	12.07	12.08	12.10	12.13	12.17	12.17
0	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.13	12.12	12.12	12.12	12.12	12.12	12.13
1	12.08	12.08	12.10	12.13	12.17	12.17	12.18	12.15	12.12	12.08	12.07	12.07
2	12.02	12.05	12.10	12.15	12.20	12.23	12.22	12.18	12.13	12.08	12.03	12.00
3	11.97	12.02	12.10	12.18	12.25	12.30	12.28	12.22	12.13	12.05	11.98	11.95
4	11.92	11.98	12.10	12.22	12.30	12.33	12.32	12.25	12.13	12.03	11.93	11.90

Gambar 4. 3 Data keberadaan matahari selama satu hari (dalam jam)

Sumber: eosweb.larc.nasa.gov

Untuk bulan Juni radiasi matahari 4,73 kWh/m²/d dan pada bulan itu waktu penyinaran matahari 11,67 jam sehingga energi yang dihasilkan

$$\frac{4,73 \text{ kWh/m}^2/\text{d}}{11,67} = 0,4053 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$$

Sedangkan menurut *datasheet* luas penampang panel surya adalah 0.4482 m² (panjang 0,675 m x lebar 0,644 m) sehingga energi yang dapat dihasilkan panel surya adalah sebesar

$$0,4053 \text{ kWh/m}^2/\text{d} \times 0.4482 \text{ m}^2 = 181.66 \text{ Wh / panel / d}$$

Karena penyusunan pohon surya menggunakan 6 buah panel maka total energi yang dapat dihasilkan adalah sebesar

$$181,66 \text{ W} \times 6 \text{ buah panel} = 1089 \text{ Wh / d}$$

Sehingga dalam satu bulan energi yang dihasilkan adalah sebesar

$$1089 \text{ W} \times 30 \text{ hari} = 32,6 \text{ kWh}$$

Kemudian dari spesifikasi panel surya yang ada dilakukan simulasi menggunakan software PVsyst 6.4.9. Hasil simulasi menggunakan program PVsyst adalah seperti gambar 4.4.

New Balances and main results							
	GlobHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArrMPP kWh	EArray kWh	E User kWh
January	106.3	25.30	99.9	95.9	49.12	22.39	22.39
February	100.8	24.93	95.9	92.3	47.31	21.54	21.54
March	114.1	25.27	111.5	107.4	54.92	25.08	25.08
April	123.6	25.74	124.0	119.6	60.97	27.97	27.97
May	136.8	26.02	143.3	138.5	69.97	32.40	32.40
June	134.4	25.07	142.5	137.7	70.16	32.21	32.21
July	141.7	24.95	147.4	142.5	72.88	33.33	33.33
August	157.9	24.92	161.5	156.5	79.31	36.62	36.62
September	146.4	25.48	144.7	139.8	70.34	32.71	32.71
October	152.7	26.62	151.4	146.2	73.47	34.22	34.22
November	120.7	26.24	114.4	109.9	56.06	25.67	25.67
December	115.2	25.69	109.4	104.9	54.37	24.51	24.51
Year	1550.4	25.52	1545.8	1491.3	758.88	348.65	348.65

Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	EArrMPP	Array virtual energy at MPP
	T Amb	Ambient Temperature	EArray	Effective energy at the output of the array
	GlobInc	Global incident in coll. plane	E User	Energy supplied to the user
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

PVsyst Evaluation mode

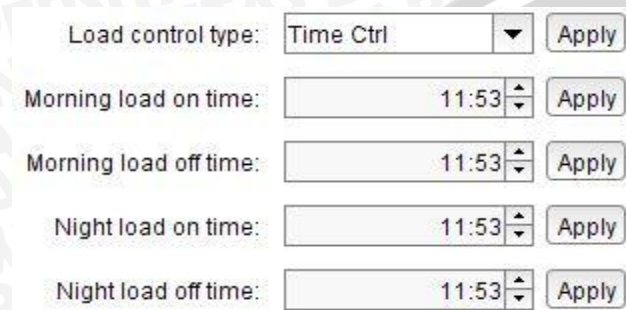
Gambar 4. 4 Hasil simulasi PVsyst

Dari hasil simulasi didapatkan jumlah energi yang dapat dihasilkan selama setahun adalah 348.65 kWh. Untuk bulan Juni energi 32,21 kWh

4.1.5 Aturan Penyalan

Aturan penyalan dan mematikan lampu yang tersedia pada pohon surya terdapat 5 macam antara lain:

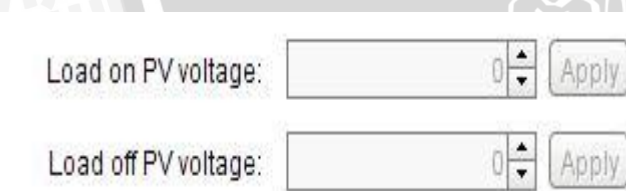
1. *Time control* pada pilihan ini beban lampu akan menyala pada waktu yang telah kita atur tanpa melihat kondisi baterai dan PV, kelemahan dari pilihan ini jika energi di dalam baterai tidak mencukupi maka lampu akan berkedip yang menandakan proteksi *undervoltage* sudah berjalan , gambar penyalan lampu dengan *time control* seperti pada gambar 4.5



Load control type:	Time Ctrl	▼	Apply
Morning load on time:	11:53	▲▼	Apply
Morning load off time:	11:53	▲▼	Apply
Night load on time:	11:53	▲▼	Apply
Night load off time:	11:53	▲▼	Apply

Gambar 4. 5 Penyalan padaman beban berdasarkan waktu

2. *PV control* pada pilihan ini beban lampu akan menyala jika tegangan PV sudah dibawah batas bawah tegangan dan akan padam jika PV di *charge* dan tegangannya sudah melebihi tegangan yang diatur, missal saat tidak ada sinar tegangan PV 1,5 V dan batas bawahnya 5 V maka lampu akan menyala dan di pagi hari PV di sinari matahari dan tegangan PV 15 V sedangkan batas atasnya 10 V maka lampu akan padam. Gambar penyalan lampu dengan *PV control* seperti pada gambar 4.6.



Load on PV voltage:	0	▲▼	Apply
Load off PV voltage:	0	▲▼	Apply

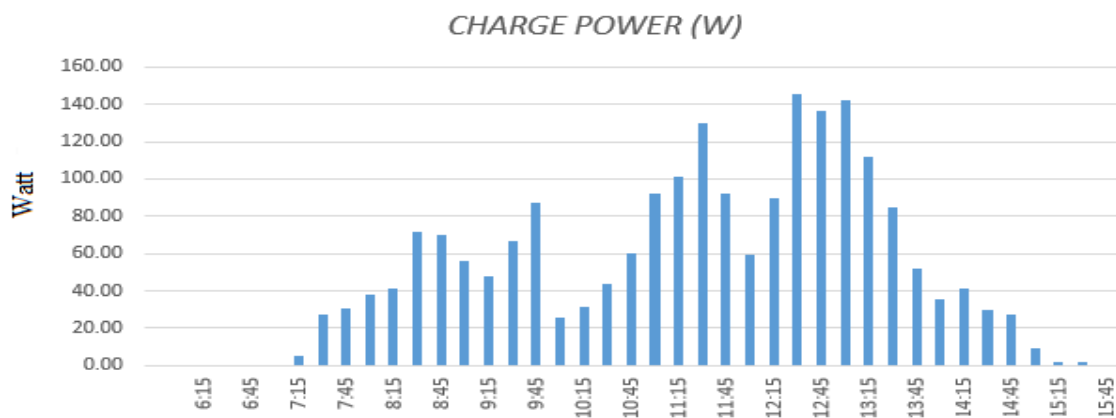
Gambar 4. 6 Penyalan padaman beban berdasarkan tegangan PV

3. *PV & Time control* pada pilihan ini beban lampu akan menyala pada waktu yang telah ditentukan dengan aturan tambahan tegangan PV , jika kondisi tegangan PV memenuhi syarat seperti pada *PV control* maka lampu akan menyala pada waktu tersebut. Jika tidak terpenuhi maka lampu tidak menyala , Jika tegangan PV terpenuhi namun belum pada waktunya maka lampu tidak menyala

4. *ON* pada pilihan ini lampu akan di nyalakan tanpa melihat syarat tegangan PV dan waktu , pilihan ini berfungsi untuk pemeliharaan / pengecekan keadaan lampu apakah bisa menyala atau sudah putus.
5. *OFF* pada pilihan ini beban lampu tidak akan menyala namun di siang hari PV akan tetap mengisi baterai.

4.2 Analisis Data

Berikut adalah contoh grafik pemantauan daya pohon surya tanggal 8 Juni 2016 seperti pada gambar 4.7



Gambar 4. 7 Grafik pemantauan daya pohon surya 8 Juni 2016

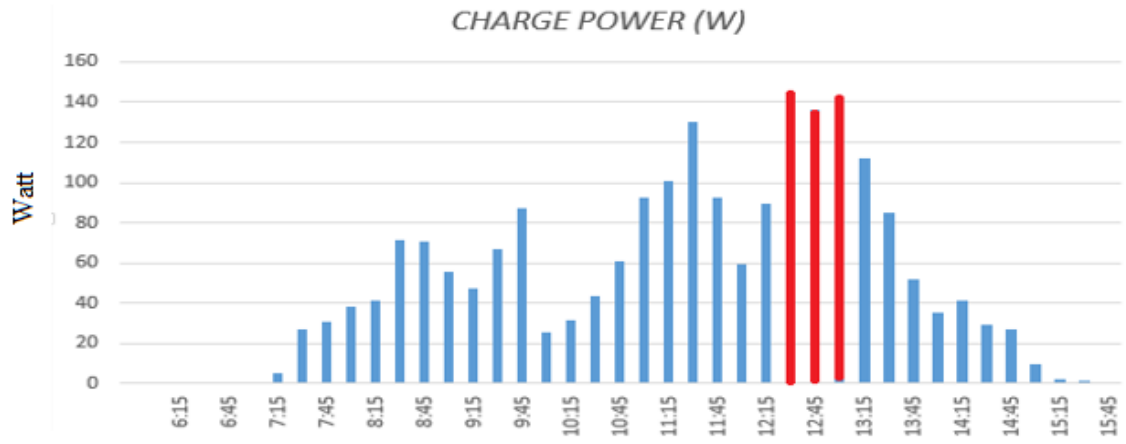
Pada tanggal 8 Juni energi yang dihasilkan sebesar 527,741 Wh. Dari energi yang dihasilkan kita bisa memprediksi berapa lama beban lampu akan nyala yaitu

$$\frac{527,741 \text{ Wh}}{2 \times 50 \text{ W}} = 5 \text{ jam } 44 \text{ menit}$$

Serta dari energi yang dihasilkan tersebut maka waktu efektifitas matahari pada hari tersebut adalah

$$\frac{527,741 \text{ Wh}}{584,64 \text{ W}} = 54 \text{ menit}$$

Pada gambar 4.7 setelah dihitung berapa lama waktu efektif matahari sehingga lama waktu efektif matahari ditunjukkan pada gambar 4.8



Gambar 4. 8 Grafik lama efektifitas matahari

Pemantauan pohon surya dilakukan selama satu bulan berikut adalah rangkuman data dan waktu efektifitas matahari selama satu bulan

Tabel 4. 1 Data bulan Juni 2016

Tanggal	Energi (Wh)	Waktu penyalaan lampu	Efektifitas matahari
1 Juni 2016	242,89	2 jam 25 menit	24 menit
2 Juni 2016	399,31	3 jam 59 menit	40 menit
3 Juni 2016	350,45	3 jam 30 menit	35 menit
4 Juni 2016	373,78	3 jam 43 menit	38 menit
5 Juni 2016	383,16	3 jam 49 menit	39 menit
6 Juni 2016	415,40	4 jam 9 menit	42 menit
7 Juni 2016	322,13	3 jam 13 menit	33 menit
8 Juni 2016	527,74	5 jam 44 menit	54 menit
9 Juni 2016	523,53	5 jam 14 menit	53 menit
10 Juni 2016	373,77	3 jam 44 menit	38 menit
11 Juni 2016	215,74	2 jam 9 menit	22 menit
12 Juni 2016	292,90	2 jam 55 menit	30 menit
13 Juni 2016	320,64	3 jam 13 menit	32 menit
14 Juni 2016	365,91	3 jam 39 menit	37 menit
15 Juni 2016	350,92	3 jam 30 menit	36 menit
16 Juni 2016	380,25	3 jam 48 menit	39 menit
17 Juni 2016	460,93	4 jam 36 menit	47 menit
18 Juni 2016	79,36	47 menit	8 menit
19 Juni 2016	175,96	1 jam 45 menit	18 menit
20 Juni 2016	496,96	4 jam 57 menit	51 menit
21 Juni 2016	343,60	3 jam 26 menit	35 menit

22 Juni 2016	199,67	1 jam 59 menit	20 menit
23 Juni 2016	371,63	3 jam 42 menit	38 menit
24 Juni 2016	406,99	4 jam 3 menit	41 menit
25 Juni 2016	329,81	3 jam 17 menit	33 menit
26 Juni 2016	314,23	3 jam 8 menit	32 menit
27 Juni 2016	338,66	3 jam 23 menit	34 menit
28 Juni 2016	353,83	3 jam 31 menit	36 menit
29 Juni 2016	348,31	3 jam 28 menit	35 menit
30 Juni 2016	350,52	3 jam 30 menit	35 menit
Rata – rata	346.966	3 jam 28 menit	35 menit

Dari tabel didapatkan energi terbesar yang dapat dibangkitkan adalah 527,74 Wh dan energi terendah yang dibangkitkan adalah 79,36Wh dikarenakan pada hari itu gelap dan terjadi hujan selama satu hari. Sedangkan perbandingan data antara perhitungan, simulasi, pemantauan adalah sebagai berikut

Tabel 4. 2 Daya berdasarkan sumber

Sumber	Energi (kWh)
Perhitungan BMKG	32,6
Simulasi <i>PVSyst</i>	32,21
Pemantauan	10,40

Dari tabel diatas dengan menggunakan spesifikasi yang sama untuk panel surya yang menghadap satu arah mata angin diperoleh energi sebesar 32,6 kWh untuk perhitungan dari data BMKG dan 32,21 kWh untuk hasil simulasi online menggunakan *software PVSyst* . Sedangkan dari hasil pemantauan pohon surya yang panel surya nya di susun menyerupai pohon, energi yang dihasilkan sebesar 10,40 kWh Dari data tersebut membuktikan bahwa pohon surya memiliki keunggulan dari segi estetika, namun dari segi energinya pohon surya tidak sebaik peletakan menghadap satu arah mata angin.