

BAB IV

TEMUAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Temuan Penelitian

4.1.1. Produksi Daya PLTS *Hybrid*

Berdasarkan hasil observasi dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan berupa objek sistem PLTS *hybrid*, yang terdiri atas Pembangkit Listrik Tenaga Surya kapasitas 5,35 kWp dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Kapasitas 2 KW sebagai berikut :

4.1.1.1. Intensitas Radiasi Matahari dan Produksi Daya PLTS

Data intensitas radiasi matahari diambil dalam rentan waktu selama 7 hari dengan berbagai macam kondisi cuaca yang berbeda, yaitu ketika cerah, cerah berawan, berawan, dan hujan.

Data intensitas radiasi matahari ini diukur dengan menggunakan satuan W/m² (watt per meter persegi). Pengambilan data intensitas radiasi matahari dilakukan secara langsung dengan menggunakan alat berupa Solar Power Meter tipe AMTAST SM206 dalam rentan waktu 10 jam setiap harinya dengan interval jeda waktu setiap 1 jam. Pada **Tabel 4.1** merupakan rekapan hasil pengukuran daya PLTS dan intensitas radiasi matahari yang dilakukan pada hari Minggu tanggal 7 Mei 2023 selama kurun waktu 10 jam dari pukul 07.00 WIB – 17.00 WIB.

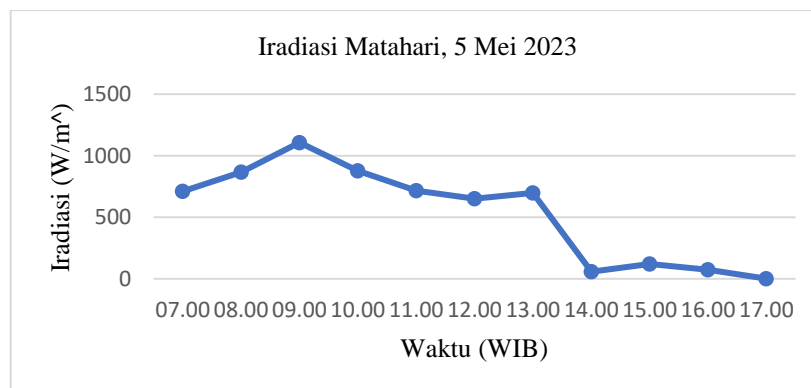
Tabel 4.1

Data intensitas radiasi matahari dan produksi daya PLTS 7 Mei 2023

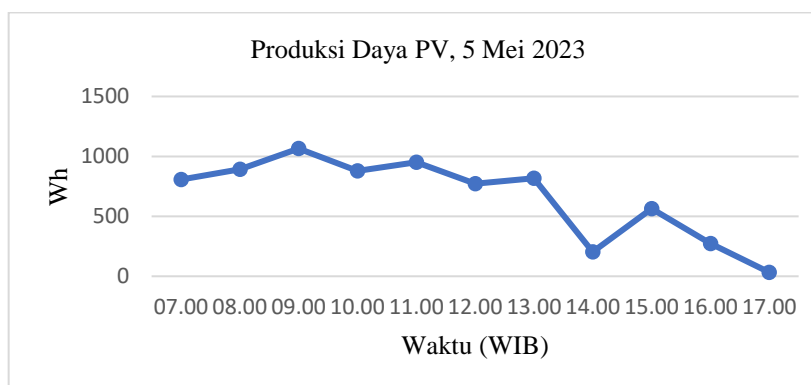
Waktu	Iradiasi W/m ²	Arus PV (A)	Teg PV (V)	P out (W)	P in (W)	Beban (W)	Cuaca
07.00 WIB	710,5	2,15	375,8	807,97	3800,9	619	Cerah
08.00 WIB	867,6	2,3	388,1	892,63	4641,4	619	Cerah
09.00 WIB	1107	2,8	380,4	1065,12	5922,1	620	Cerah
10.00 WIB	876,5	2,3	382,1	878,83	4688,9	620	Cerah Berawan
11.00 WIB	715,2	2,5	380,3	950,75	3826,1	620	Cerah Berawan
12.00 WIB	651	2	385,7	771,4	3482,6	617	Berawan
13.00 WIB	698,4	2,1	389,4	817,74	3736,2	617	Cerah Berawan
14.00 WIB	57,6	0,6	338	202,8	308,1	618	Gerimis
15.00 WIB	121,4	1,7	332,4	565,08	649,4	617	Mendung
16.00 WIB	73,1	0,8	342,1	273,68	391,1	624	Mendung
17.00 WIB	0,9	0,1	330,2	33,02	44,81	627	Hujan
Rata-rata	518,22 W/m ²	1,82 A	365,86 V	659,91 W	2859,3 W	618,91 W	

Data yang tertera pada **Tabel 4.1** merupakan data keluaran daya yang dihasilkan dari sistem panel surya beserta dilengkapi dengan hasil pengukuran intensitas radiasi matahari. Hasilnya menunjukkan bahwa daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya sangat bergantung terhadap besaran intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya itu sendiri. Data diatas sangat bervariasi, karena pada satu hari pengukuran yang dilakukan pada hari jum'at tanggal 5 mei 2023, berhasil mendapatkan data dari kondisi cuaca yang berbeda.

Data intensitas radiasi matahari tertinggi yang diterima oleh panel surya ada di angka 1107 W/m² yang terjadi pada pukul 09.00 WIB dengan kondisi cuaca cerah berawan dan berhasilkan mengkonversi daya listrik sebesar 1065,12 Watt. Sedangkan data intensitas radiasi matahari terkecil yang diterima oleh panel surya ada di angka 0,9 W/m² dengan menghasilkan daya listrik sebesar 33,02 Watt yang terjadi pada pukul 17.00 WIB pada saat kondisi hujan. Pada gambar 4.1 dan 4.2 merupakan bentuk hasil grafik yang dihasilkan antara intensitas radiasi matahari dan produksi daya listrik.



Gambar 4.1 Grafik data intensitas radiasi matahari tanggal 5 mei 2023



Gambar 4.2 Grafik data produksi daya PV tanggal 5 mei 2023

Adapun pada **Tabel 4.2** yang merupakan data rata-rata per hari selama 7 hari daya yang dihasilkan dari sistem panel surya beserta dilengkapi dengan hasil pengukuran intensitas radiasi matahari selama 10 jam terhitung dari pukul 07.00 WIB – 17.00 WIB. Hasilnya menunjukkan bahwa panel surya rata-rata menerima intensitas radiasi matahari sebesar 481,95 W/m² dan rata-rata total daya yang dihasilkan selama satu pekan dikisaran 687,92 Watt dengan rata-rata konsumsi beban listrik sebesar 687,92 Watt.

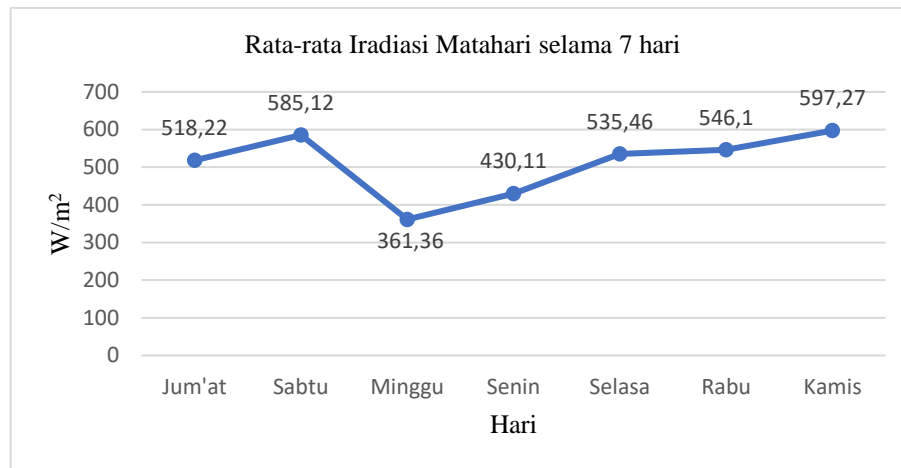
Tabel 4.2

Rata-rata daya dan intensitas radiasi matahari selama 7 hari

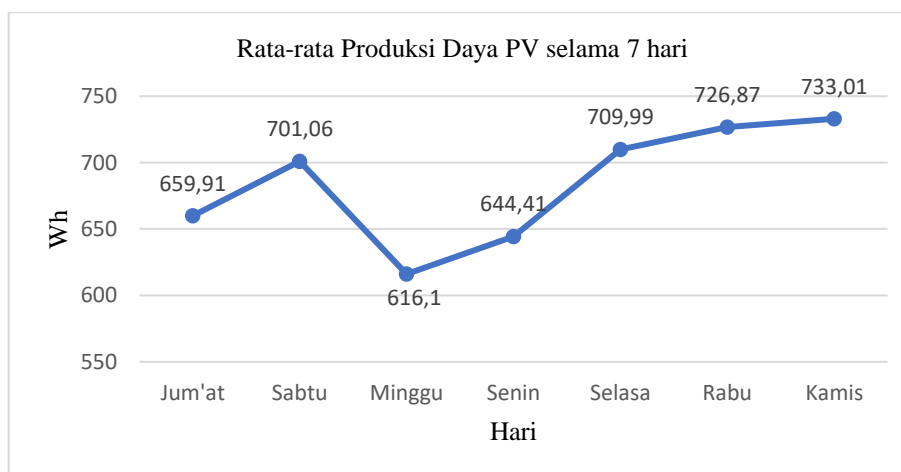
Hari	Iradiasi (W/m ²)	Teg (volt)	Arus (amp)	P out (watt)	P In (Watt)	Beban (Watt)	Cuaca
ke-1	518,22	365,86	1,82	684,11	2772,3	618,9	Cerah Berawan
ke-2	385,12	351,68	1,94	701,06	3130,2	617,81	Cerah Berawan
ke-3	361,36	349,48	1,65	616,01	2933,2	617,09	Berawan
ke-4	430,12	361,41	1,73	644,41	2634,3	619	Cerah Berawan
ke-5	535,46	370,01	1,89	709,99	2781,5	618	Cerah
ke-6	546,1	370,62	1,93	726,87	2836,8	618,54	Cerah
ke-7	597,27	370,91	1,95	733,01	3402,7	618,54	Cerah
Rata-rata	481,95	362,85	1,84	687,92	2927,2	618,27	

Dari data yang tertera pada **Tabel 4.2** diatas bahwasannya normalnya panel surya akan menerima dan menghasilkan daya listrik terhitung dalam rentan waktu pukul 07.00 WIB – 17.00 WIB. Dengan catatan bahwa fluktuasi kenaikan serta penurunan iradiasi yang diterima serta daya listrik yang dihasilkan secara bertahap dan tergantung dengan kondisi cuaca. Puncak kenaikan nilai intensitas radiasi matahari terjadi ketika kondisi cuaca cerah dan mengalami penurunan yang signifikan ketika terjadi cuaca hujan. Pada saat kondisi hujan, intensitas radiasi matahari masih terbaca dan akan mulai tidak terbaca ketika kondisi matahari terbenam atau malam hari.

Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada **Gambar 4.3** mengenai grafik data intensitas radiasi matahari dan **Gambar 4.4** mengenai daya produksi PLTS yang didapatkan pada kurun waktu satu hari.



Gambar 4.3 Grafik data rata rata intensitas radiasi matahari selama 7 hari



Gambar 4.4 Grafik data rata rata produksi daya PLTS selama 7 hari

4.1.1.2. Kecepatan Angin dan Produksi daya PLTB

Data kecepatan angin diambil dalam rentan waktu selama 7 hari dengan berbagai macam kondisi cuaca yang berbeda, yaitu ketika cerah, cerah berawan, berawan, dan hujan.

Data kecepatan angin ini diukur dengan menggunakan satuan m/s (meter per secon). Pengambilan data kecepatan angin dilakukan secara langsung dengan menggunakan alat berupa Anemometer dalam rentan waktu 11 jam setiap harinya dengan interval jeda waktu setiap 1 jam sekali dalam melakukan pengukuran.

Pada **Tabel 4.3** merupakan rekap hasil pengukuran daya PLTB dan Kecepatan angin yang dilakukan selama rentan waktu 11 jam yaitu pada tanggal 5 Mei 2023 dan pada **Tabel 4.4** merupakan rekap hasil rata-rata selama sepekan terhitung pada tanggal 5 Mei 2023 – 11 Mei 2023. Pengukuran daya dan kecepatan

angin dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Clamp Ampere* untuk mengukur *output* dari *Wind Turbine* dan Anemometer yang digunakan untuk mengukur kecepatan setiap rentan waktu 1 jam dalam pengukuran tiap hari proses pengukurannya.

Tabel 4.3

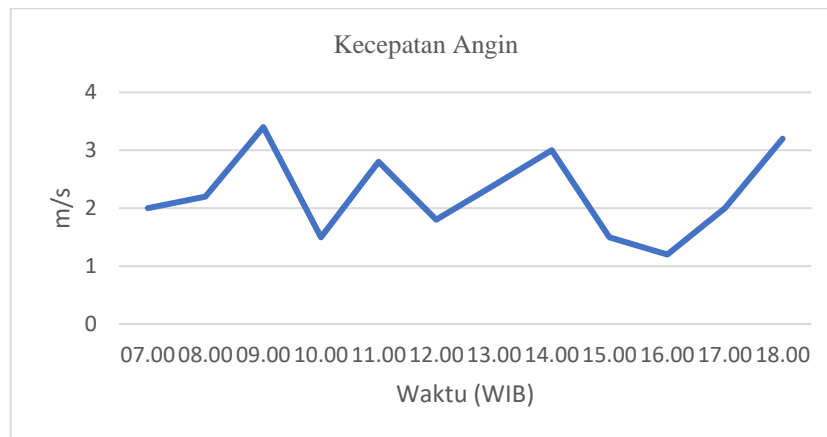
Daya dan kecepatan angin tanggal 5 mei 2023

Waktu	Kec Angin (m/s)	Arus (Amp)	Teg (Volt)	P out (Watt)	Ek (Watt)	Beban (Watt)	Cuaca
07.00	2	0,1	49	4,9	31,79	619	Cerah
08.00	2,2	0,14	50	7	42,31	619	Cerah
09.00	1,5	0,06	50	3	13,41	619	Cerah
10.00	3,4	0,8	50,5	40,4	156,19	620	Cerah
11.00	2,8	0,21	50	10,5	87,23	620	Cerah
12.00	1,8	0,08	49	3,92	23,17	617	Cerah
13.00	2,4	0,2	50	10	54,93	617	Cerah
14.00	3	0,6	50	30	107,29	618	Cerah
15.00	1,5	0,06	49	2,94	13,41	617	Cerah Berawan
16.00	1,2	0,03	49	1,47	6,86	624	Cerah Berawan
17.00	2	0,1	49	4,9	31,79	620	Cerah Berawan
18.00	3,2	0,7	51	35,7	88,99	619	Cerah Berawan
Rata-rata	2,25 m/s	0,25 A	49,7 V	12,89 Watt	54,78	618,95	

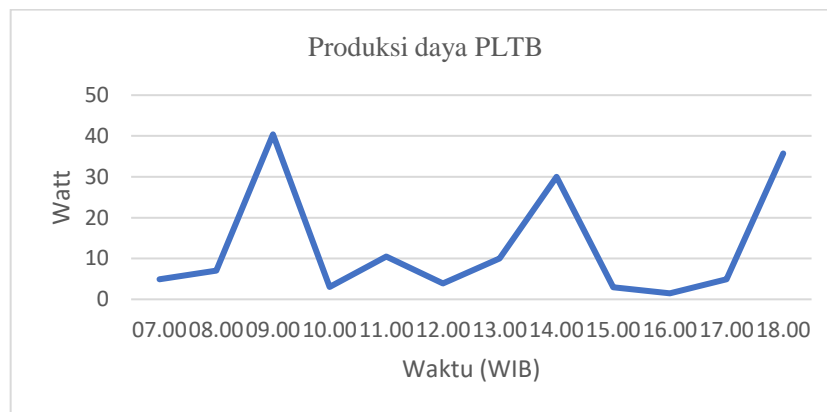
Pada **Tabel 4.3** diatas merupakan data keluaran daya yang dihasilkan dari sistem PLTB beserta dilengkapi dengan hasil pengukuran kecepatan angin dalam rentan waktu 11 jam dengan interval setiap 1 jam sekali. Hasilnya menunjukkan bahwa daya listrik yang dihasilkan oleh PLTB sangat bergantung terhadap besaran kecepatan angin yang diterima oleh turbin angin itu sendiri. Disisi lain, data yang dihasilkan oleh alat tersebut sangatlah kecil dari kapasitas PLTB yang dipasang sebesar 2 KW, dikarenakan *output* DC yang dihasilkan menyesuaikan dengan tipe *Wind Turbine Control* yang digunakan.

Data kecepatan angin tertinggi yang diterima oleh PLTB ada di angka 3,4 m/s yang terjadi pada pukul 09.00 WIB dengan kondisi cuaca cerah dan berhasil mengkonversi daya listrik sebesar 40,4 Watt. Sedangkan data kecepatan angin terkecil yang diterima oleh turbin angin ada di angka 1,2 m/s dengan menghasilkan daya listrik sebesar 1,47 Watt yang terjadi pada pukul 16.00 WIB pada saat kondisi

cerah berawan. Pada **Gambar 4.5** dan **Gambar 4.6** merupakan hasil ilustrasi grafik yang dihasilkan dari hasil pengukuran.



Gambar 4.5 Grafik Kecepatan Angin 5 Mei 2023



Gambar 4.6 Grafik produksi daya PLTB 5 Mei 2023

Adapun pada **Tabel 4.4** merupakan data rata-rata per hari selama 7 hari pengukuran daya yang dihasilkan dari PLTB beserta dilengkapi dengan hasil pengukuran kecepatan angin selama 11 jam terhitung dari pukul 07.00 WIB – 18.00 WIB.

Tabel 4.4

Rata-rata daya dan kecepatan angin selama 7 hari

Hari ke-	Kec Angin (m/s)	Arus (Amp)	Teg (Volt)	P out (Watt)	P in (Watt)	Beban (Watt)	Cuaca
1	2,25	0,25	49,71	12,89	54,78	618,9	Cerah
2	1,91	0,18	49,48	9,01	38,68	617,81	Cerah Berawan
3	2,1	0,22	49,38	11,21	47,68	617,09	Berawan
4	2,14	0,28	49,33	14,25	49,46	619	Cerah Berawan
5	2	0,31	49,29	15,67	43,48	618	Cerah

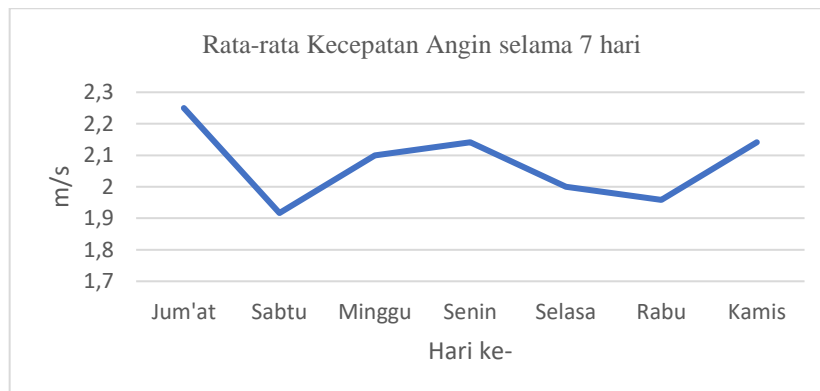
Agung Febriana Hernawan, 2023

EVALUASI KINERJA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA HYBRID PADA GEDUNG CENTRE OF EXCELLENCE UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

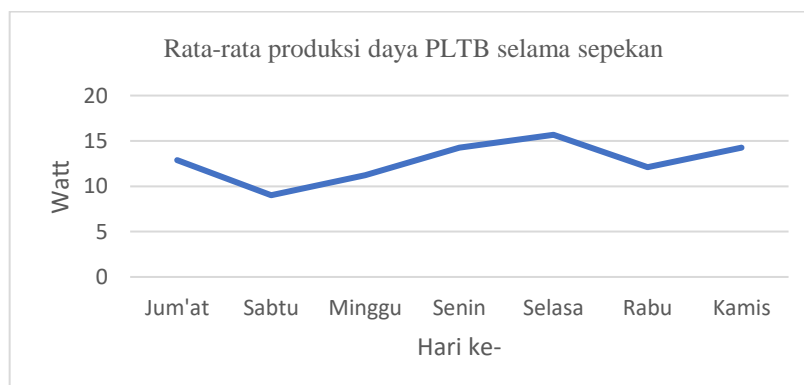
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Hari Ke-	Kec Angin (m/s)	Arus (Amp)	Teg (Volt)	P out (Watt)	P in (Watt)	Beban (Watt)	Cuaca
6	1,95	0,24	49,13	12,11	37,47	618,54	Cerah
7	2,14	0,28	49,33	14,77	49,46	618,54	Cerah
Rata^	2,07	0,25	49,38	12,77	45,86	618,27	

Hasilnya menunjukkan bahwa PLTB rata-rata menerima kecepatan angin sebesar 2,07 m/s dan rata-rata total daya yang dihasilkan selama satu pekan dikisaran 12,77 Watt. Selain itu bentuk grafik yang dihasilkan antara rata-rata kecepatan angin yang diterima oleh turbin angin dan produksi daya yang dihasilkan oleh PLTB sama persis, dikarenakan besar produksi daya listrik yang dihasilkan tergantung terhadap besarnya kecepatan angin yang diterima oleh turbin angin. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada **Gambar 4.7** mengenai grafik data rata-rata kecepatan angin dan **Gambar 4.8** grafik rata-rata produksi daya PLTB yang didapatkan pada kurun waktu 7 hari pengukuran.



Gambar 4.7 Grafik rata-rata kecepatan angin selama 7 hari



Gambar 4.8 Grafik rata-rata produksi daya PLTB selama 7 hari

4.1.1.3. Arus masuk dan arus keluar pada Baterai

Berikut merupakan hasil pengukuran Arus masuk (*Charging*) dan (*Discharging*) pada baterai pada tanggal 5 Mei 2023 – 6 Mei 2023 dengan asumsi kapasitas baterai pada awal pengisian dengan nilai DoD nya sebesar 80%.

Tabel 4.5

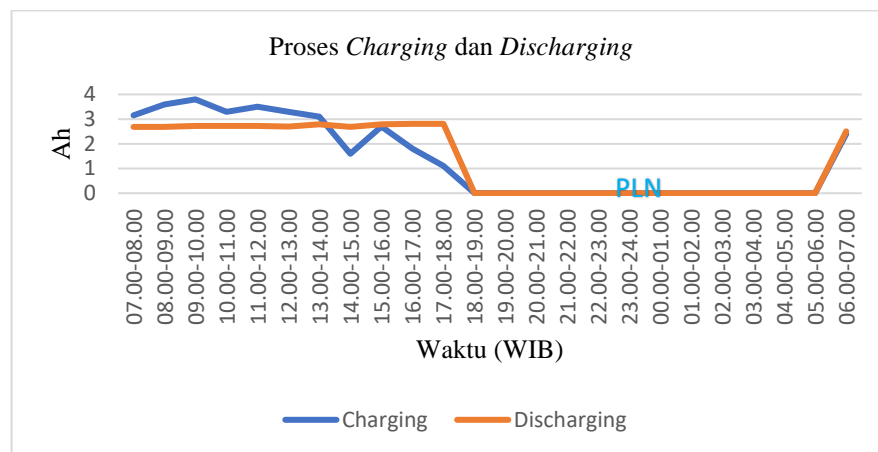
Arus masuk dan Arus keluar pada baterai

Waktu	Arus masuk (Ah)	Arus keluar (Ah)	Teg (V)	Kapasitas (Ah)
07.00-08.00	3,15	2,69	54,3	20,46
08.00-09.00	3,6	2,69	54,2	21,37
09.00-10.00	4	2,72	54,3	22,45
10.00-11.00	3,3	2,72	54	23,03
11.00-12.00	3,5	2,72	50	23,81
12.00-13.00	3,3	2,79	50,8	24,42
13.00-14.00	3,1	2,79	47,1	24,73
14.00-15.00	1,6	2,79	43,7	23,64
15.00-16.00	2,7	2,79	45,9	23,55
16.00-17.00	1,8	2,81	43,9	22,54
17.00-18.00	1,1	2,81	43,6	20,83
18.00-19.00	0	0	43,2	20,83
19.00-20.00	0	0	43,2	20,83
20.00-21.00	0	0	43,2	20,83
21.00-22.00	0	0	43,1	20,83
22.00-23.00	0	0	43,1	20,83
23.00-24.00	0	0	43,1	20,83
00.00-01.00	0	0	43,1	20,83
01.00-02.00	0	0	43,3	20,83
02.00-03.00	0	0	43,3	20,83
03.00-04.00	0	0	43,3	20,83
04.00-05.00	0	0	43,3	20,83
05.00-06.00	0	0	43,3	20,83
06.00-07.00	2,4	2,69	45,9	20,73
Total (Ah)	400,6 Ah	391,46 Ah		

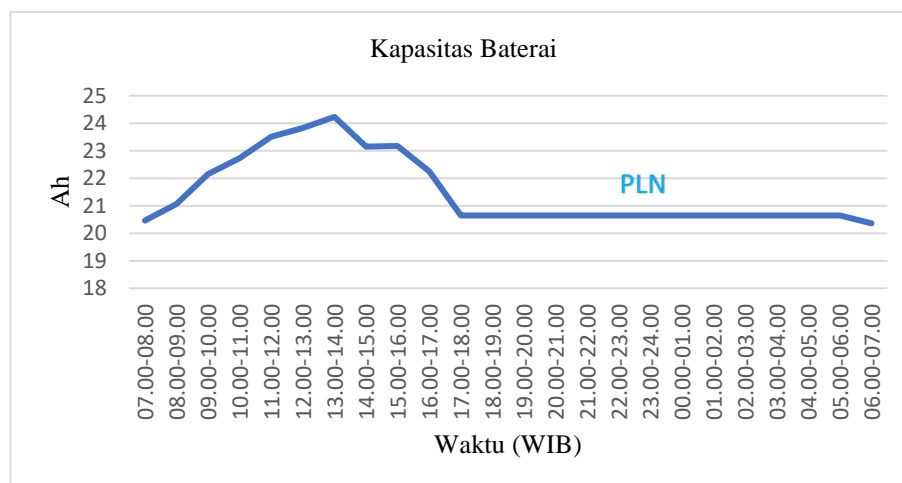
Kapasitas baterai yang digunakan pada PLTS Hybrid Gedung *Centre of Excellent* menggunakan tipe VRLA terdiri dari 4 buah yang dipasang secara seri dengan masing-masing kapasitas 100 Ah 12 Volt. Sehingga total kapasitas baterai yang digunakan menjadi 100 Ah 48 Volt.

Data yang tertera pada **Tabel 4.5** bahwasannya hasil pengukuran arus masuk (*charging*) dan arus keluar (*discharging*) pada baterai selama 24 jam, adanya keterkaitan dengan antara besaran arus ketika sedang melakukan pengisian dan

ketika sedang melakukan pengosongan. Terjadi kenaikan yang signifikan pada tegangan baterai ketika sedang melakukan pengisian arus dan sebaliknya terjadi penurunan tegangan baterai ketika sedang melakukan pengosongan kapasitas baterai. Pengisian arus tertinggi sekitar 3,8 Ah dan arus keluar tertinggi sekitar 2,81 Ah. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 4.9 mengenai grafik arus masuk dan arus keluar yang didapatkan pada kurun 24 jam dan **Gambar 4.10** mengenai hasil kapasitas baterai.



Gambar 4.9 Grafik arus masuk dan arus keluar



Gambar 4.10 Grafik kapasitas Baterai

4.1.1.4. Arus dan Tegangan Inverter

Kapasitas inverter yang digunakan menggunakan inverter tipe Growat 5000 Watt artinya sama dengan kapasitas PLTS yang dipasang. Pada **Tabel 4.6** merupakan hasil pengukuran serta pengamatan inverter yang dilakukan selama 10 jam dari pukul 07.00 WIB – 17.00 WIB pada hari Jum,at 5 mei 2023. Pada rentan

Agung Febriana Hernawan, 2023

EVALUASI KINERJA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA HYBRID PADA GEDUNG CENTRE OF EXCELLENCE UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

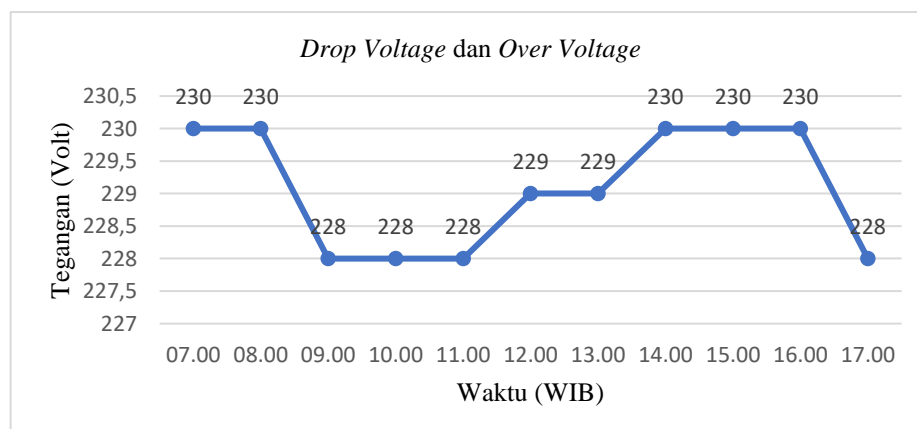
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

waktu tersebut, kondisi inverter masih dalam keadaan relatif menyala karena masih mendapatkan *supply* langsung dari pada baterai.

Tabel 4.6
output inverter

Waktu	Arus Masuk (Ah)	Arus Keluar (Ah)	Teg Inv (V)	Beban (Watt)
07.00	2,69	2,6	230	619
08.00	2,69	2,6	230	619
09.00	2,72	2,7	228	620
10.00	2,72	2,7	228	620
11.00	2,72	2,7	228	620
12.00	2,79	2,6	229	617
13.00	2,79	2,6	229	617
14.00	2,79	2,6	230	618
15.00	2,79	2,6	230	617
16.00	2,81	2,7	230	624
17.00	2,81	2,7	228	617
Rata-rata	2,74	2,6	229,1	618,91

Dari hasil pengukuran yang tertera pada **Tabel 4.6**, didapat bahwasannya rata-rata arus masuk diangka 2,74 Ah dan arus keluar diangka 2,6 Ah sedangkan rata-rata keluaran tegangan dari Inverter berada diangka 229,1 VAC. Nilai keluaran dari Inverter merupakan listrik 1 phase, sehingga tegangan yang disetting berada diangka 220-230 VAC. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada **Gambar 4.11** mengenai fluktuasi tegangan yang didapatkan dan tidak melebihi batas ambang nilai tegangan AC yang diijinkan oleh PLN atau yang tertera pada aturan PUIL mengenai batas *drop voltage* dan *over voltage* listrik AC 1 phase.



Gambar 4.11 Grafik hasil pengukuran tegangan inverter

4.1.2. Performansi PLTS Hybrid

Agung Febriana Hernawan, 2023

EVALUASI KINERJA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA HYBRID PADA GEDUNG CENTRE OF EXCELLENCE UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

4.1.2.1. Performansi PLTS

Dari hasil pengukuran yang sudah terkumpul dengan menggunakan sampel data pada **Tabel 4.1** didapat daya maksimum yang mampu dihasilkan oleh PLTS terjadi pada pukul 09.00 WIB sebesar 1065 Watt hours, dengan hasil produksi daya *input* dengan menggunakan persamaan (2.5) sebesar 5750,44 Watt hours, sehingga dapat dilakukan perhitungan Efisiensi PLTS Gedung *Centre of Excellence* Universitas Pendidikan Indonesia menggunakan persamaan (2.7) didapat sebesar 18,52 %.

Kemudian dari **Tabel 4.1** juga dapat diketahui besar rata-rata daya listrik yang dikonsumsi sebesar 618,23 Watt hours dengan hasil rata-rata produksi listrik yang dihasilkan sebesar 659,90 Watt hours. Sehingga bisa dihitung pengaruh dari besar produksi daya PLTS terhadap pemakaian beban listrik dengan menggunakan persamaan (2.10) didapat nilai efisiensi dari PLTS yang telah dipasang berdasarkan kapasitas beban sebesar 6,182 Kwh yang digunakan selama rentan waktu 10 jam atau selama pembangkit listrik tenaga surya itu bekerja yaitu sebesar 93,78 %.

4.1.2.2. Performansi PLTB

Dari hasil pengukuran yang sudah terkumpul dengan menggunakan sampel data pada **Tabel 4.3** didapat daya maksimum yang mampu dihasilkan oleh PLTB terjadi pada pukul 10.00 WIB sebesar 40,4 Watt, dengan hasil produksi daya *input* (energi kinetik) dengan menggunakan persamaan (2.13) sebesar 156,19 Watt, sehingga dapat dilakukan perhitungan Efisiensi PLTS Gedung *Centre of Excellence* Universitas Pendidikan Indonesia menggunakan persamaan (2.12) didapat sebesar 25,9 %.

4.1.2.3. Performansi Baterai

Dari data yang tertera pada **Tabel 4.5**, bisa mengetahui kemampuan baterai dengan menghitung nilai efisiensi dari baterai dengan menggunakan perbandingan antara kapasitas saat *charging* dan kapasitas saat *discharging*. Siklus pengisian (*Charging*) didominasi oleh sistem PLTS pada saat siang hari beroperasi. Sehingga pada kondisi malam hari tidak ada pengisian yang signifikan dikarenakan keluaran dari PLTB sangatlah kecil yang disesuaikan dengan spesifikasi *Wind Turbin Control*

yang digunakan. Baterai akan mengeluarkan arus selama 12 jam dengan total kapasitas discharging yang didapat sekitar 388,89 Ah.

Sedangkan pada saat kondisi pengisian charging, arus charging cenderung berubah tergantung dengan solar charge control dapat mengoptimalkan arus yang dihasilkan oleh PLTS. Rata-rata total kapasitas pengisian selama 12 jam berada diangka 393 Ah. Dengan menggunakan persamaan (2.16) didapat nilai efisiensi dari baterai yaitu 97,88 %.

4.1.2.4. Performansi Inverter

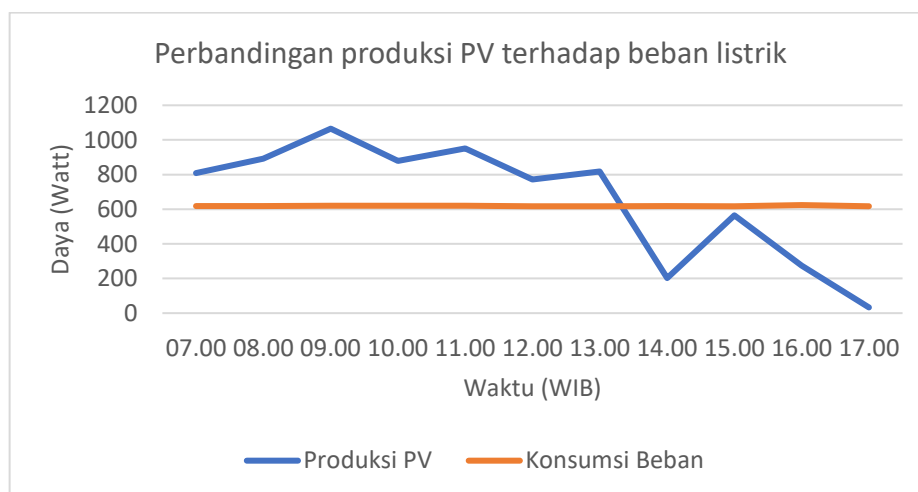
Berdasarkan data pada **Tabel 4.11** dengan asumsi pemakaian sebesar 10 jam, didapatkan total arus input sebesar 303,2 Ah dan Arus out sebesar 291 Ah. Maka dengan menggunakan persamaan (2.15) didapat efisiensi inverter sebesar 95,9%. Pada **Gambar 4.14** mengenai grafik *drop voltage* dan *over voltage* pada inverter tercatat bahwa tegangan rata-rata dikisaran 230 Volt. Menurut peraturan SPLN 1 1995 mengenai tegangan – tegangan standar disebutkan bahwa variasi tegangan pelayanan ditetapkan maksimum + 5% minimum - 10 % terhadap tegangan nominal. Jika tegangan sistem menggunakan 220 Volt, maka :

$$220 V + 5\% = 231 V$$

$$220 V - 10\% = 198 V$$

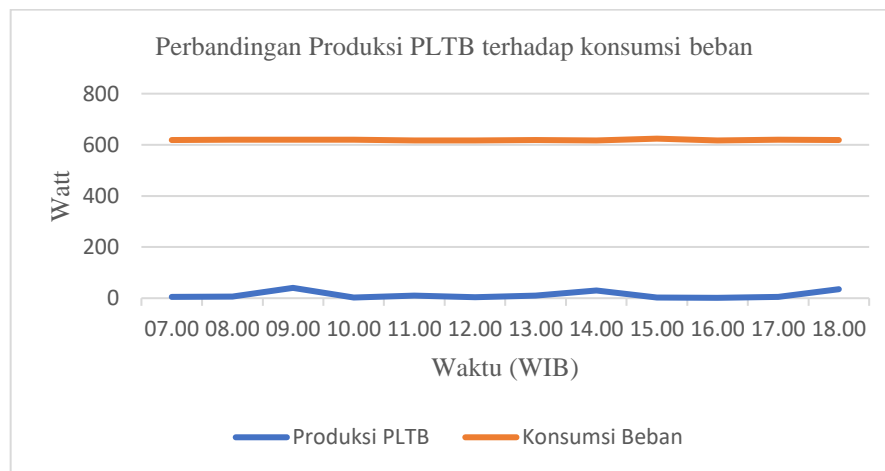
Dari hasil perhitungan tersebut, bahwasannya nilai tegangan masih dalam keadaan normal.

4.1.3. Pengaruh produksi daya PLTS *Hybrid* terhadap beban listrik



Gambar 4.12 Perbandingan daya PV terhadap konsumsi beban

Hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata beban listrik yang digunakan besarnya konstan berada dikisaran 618 Watt karena hanya digunakan sebagai media penerangan yaitu lampu dan digunakan selama 24 jam secara terus menerus. Adapun produksi daya dari PLTS fluktuatif tergantung terhadap besaran intensitas radiasi matahari yang diterima. Rata-rata besaran produksi daya PLTS berada diangka 659,91 Watt. Artinya produksi daya PLTS dan konsumsi beban terlalu balance, sehingga produksi daya yang dihasilkan oleh PLTS rata-rata mampu mensupply beban selama proses PLTS itu bekerja atau hanya pada waktu siang hari.



Gambar 4.13 Perbandingan produksi daya PLTB terhadap konsumsi beban

Adapun pada **Gambar 4.13** mengenai grafik perbandingan produksi daya PLTB terhadap konsumsi beban harian menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang cukup jauh. Kapasitas maksimum produksi daya PLTB selama kurun waktu 11 Watt sebesar 40,4 Watt sedangkan rata-rata konsumsi beban dalam kurun waktu yang sama berada diangka 618 Watt. Artinya hasil produksi daya PLTB terhadap konsumsi beban listrik yang digunakan sangat kecil pengaruhnya. Dikarenakan terdapat faktor kondisi angin yang tidak stabil dan relatif kecil sehingga pada saat malam hari sistem akan langsung berpindah ke *grid* PLN dengan tujuan untuk menjaga sistem tetap handal.

4.2. Pembahasan Penelitian

Berdasarkan hasil temuan penelitian yang sudah dijelaskan diatas, terdapat tiga pokok pembahasan dalam penelitian ini. Pembahasan tersebut meliputi bagaimana berapa besar produksi daya listrik yang dihasilkan oleh PLTS dan PLTB pada Gedung CoE UPI, bagaimana performa kinerja sistem PLTS dan PLTB, serta

Agung Febriana Hernawan, 2023

EVALUASI KINERJA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA HYBRID PADA GEDUNG CENTRE OF EXCELLENCE UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

mengetahui seberapa besar pengaruh dari hasil produksi daya listrik yang dihasilkan oleh PLTS dan PLTB terhadap pemakaian konsumsi beban listrik harian yang digunakan,

4.2.1. Analisis Produksi daya PLTS Hybrid

4.2.1.1. Produksi daya PLTS

Berdasarkan hasil temuan dengan melakukan proses pengukuran secara langsung dilokasi penelitian, diketahui bahwa kondisi cuaca ketika sedang melakukan pengukuran selama satu minggu mayoritas berada pada kondisi cerah berawan, meskipun terdapat beberapa hari hujan turun pada saat mulai memasuki kondisi sore hari menuju malam hari. Sehingga mengakibatkan terjadinya jumlah produksi yang fluktuatif setiap waktunya. Oleh karena itu, besar produksi daya pada PLTS sangat bergantung terhadap besar nilai intensitas radiasi matahari yang diterima oleh modul panel surya selama prosesnya dalam mengkonversi menjadi energi listrik (Kennedy dkk., 2022).

Diketahui bahwa nilai rata-rata intensitas radiasi matahari sebesar 481,95 W/m² dan mampu mencapai nilai maksimum sebesar 1102 W/m² pada pukul 09.00 WIB. Dari pancaran iradiasi yang didapat, sehingga PLTS mampu untuk mengkonversi menjadi daya listrik maksimum sebesar 1065 Watt dengan rata-rata produksi daya selama 10 jam beroperasi sebesar 687,92 Watt hour per hari nya. Berdasarkan standar yang telah ditetapkan, bahwa pancaran intensitas radiasi matahari dilokasi penelitian mampu mencapai nilai STC (*Standard Test Conditions*) sebesar 1000 W/m² berdasarkan spesifikasi pabrikan tipe panel surya yang digunakan dan juga mengacu pada panduan evaluasi sistem PLTS Photovoltaic tahun 2021 yang diterbitkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM).

Adapun dalam penelitian oleh (Kennedy dkk., 2022), disebutkan bahwa batas minimum intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya sebesar 600 W/m² pun memiliki potensi untuk dibangun jenis pembangkit listrik tenaga surya di wilayah Indonesia. Dikarenakan negara Indonesia terletak didaerah khaltulistiwa dengan potensi pancaran sinar matahari dalam memancarkan intensitas radiasi

matahari ke permukaan bumi akan terjadi sepanjang tahun dengan hanya memiliki 2 iklim yaitu hujan dan kemarau.

Berdasarkan data tersebut, dikarenakan besar produksi daya listrik yang dihasilkan oleh PLTS bergantung terhadap besar pancaran intensitas radiasi matahari atau pada umumnya mengacu pada STC (*Standard Test Condition*), bisa disimpulkan bahwa hasil produksi daya PLTS dilingkungan kampus Universitas Pendidikan Indonesia cukup baik dengan potensi pancaran intensitas radiasi matahari mampu memenuhi standar yang telah ditentukan.

4.2.1.2. Produksi daya PLTB

Data hasil pengukuran menunjukkan bahwasannya rata-rata kecepatan angin yang diterima oleh PLTB selama kurun waktu 11 jam berada dikisaran 2,2 m/s, dan dengan kondisi seperti ini belum memenuhi terhadap spesifikasi alat yang digunakan yaitu berada dikisaran 2,5 m/s – 12 m/s untuk mendapatkan hasil produksi daya listrik yang optimal dari penggunaan jenis pembangkit ini. Disisi lain, siklus kecepatan angin dilokasi penelitian tidak terlalu sering terjadi, sehingga mengakibatkan kondisi turbin angin pada PLTB tidak selalu berputar setiap waktu dan hasil produksi daya yang dihasilkan relatif kecil.

Diketahui bahwa nilai rata-rata hasil pengukuran kecepatan angin sebesar 2,2 m/s selama 11 jam pengukuran dari rentan pukul 07.00 – 18.00 WIB, dengan mampu mencapai nilai maksimum sebesar 3,4 m/s. hal ini menyebabkan hasil produksi daya yang dihasilkan oleh PLTB pun relatif kecil, yaitu hanya mampu mencapai kapasitas maksimum sebesar 40,4 Watt. Oleh karena itu, besarnya kecepatan angin menentukan terhadap kelayakan pemasangan PLTB yang ditinjau dari aspek produksi daya listrik yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada 120 lokasi menunjukkan, beberapa wilayah di Indonesia memiliki kecepatan angin yang berada diantara 3 – 6 m/s. Masing-masing daerah tersebut meliputi Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, Maluku, Kalimantan Selatan, sekitar Nias dan Pantai Selatan Jawa. Pusat pembangkit listrik tenaga angin ini sebagian besar masih didominasi di wilayah Nusa tenggara yang memiliki kecepatan angin sebesar 5 m/s. Adapun kecepatan angin 4 m/s – 5 m/s

tergolong berskala menengah yang dapat digunakan oleh jenis pembangkit berskala mikro. Adapun berdasarkan SNI 8398-2017 mengenai Panduan Studi Kelayakan Pembangunan PLTB disebutkan bahwa kecepatan angin minimum sebesar 4 m/s untuk PLTB berskala mikro.

Oleh karena itu, dengan hasil rata-rata kecepatan angin yang dihasilkan dilokasi penelitian tergolong sangat kecil dan tidak memenuhi baik dari standar pabrikan, SNI 8398-2017 dan berbagai referensi penelitian yang telah dilakukan, maka bisa disimpulkan bahwa pemasangan PLTB dilokasi penelitian perlu ditinjau ulang mengenai potensi yang ada, sehingga bisa menghasilkan produksi daya listrik yang maksimal.

4.2.2. Analisis Performansi PLTS Hybrid

4.2.2.1. Performansi PLTS

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa efisiensi PLTS sebesar 18,52 %. Hasil perhitungan efisiensi yang didapat dari penerapan produksi PLTS di lokasi penelitian mendekati nilai efisiensi yang telah ditetapkan baik dari pabrikannya yaitu sebesar 20,1 % dan juga buku pedoman mengenai Panduan Studi Kelayakan PLTS Terpusat yang diterbitkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) tahun 2018 yaitu sebesar 15 – 20 % dengan menggunakan tipe *monocrystalline*. Sehingga hasil produksi PLTS tidak terjadi degradasi efisiensi dan mampu untuk mengoptimalkan potensi pancaran radiasi matahari yang diterima oleh panel surya yang mampu mencapai nilai maksimum sebesar 1107 W/m² dengan rata-rata harian sebesar 510,52 W/m².

Adapun pemilihan jenis modul panel surya sangat berpengaruh terhadap besar efisiensi yang dihasilkan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Pescetelli dkk., 2022), disebutkan bahwa tipe modul surya *monocrystalline* mampu mencapai nilai efisiensi sebesar 24% pada saat kondisi *peak sun ours*. Oleh karena itu, dengan modul surya yang dipasang dilokasi penelitian menggunakan tipe yang sama, berhasil mendapatkan nilai efisiensi sebesar 18,52 %. Adapun, untuk menghasilkan nilai efisiensi yang terus terjaga dan terhindar dari adanya degradasi nilai efisiensi yang begitu signifikan, diperlukannya proses pembersihan secara rutin dan berkala dipermukaan panel surya agar terhindar dari adanya debu dan benda lain seperti

adanya bayangan menutupi permukaan panel surya yang bisa mengurangi besar efisiensi terhadap produksi daya listrik yang dihasilkan serta diharuskan melakukan proses monitoring kinerja PLTS yang berkelanjutan.

4.2.2.2. Performansi PLTB

Dalam pengaplikasian jenis pembangkit ramah lingkungan seperti PLTB di lingkungan lokasi penelitian, didapatkan nilai efisiensi dari PLTB sangat kecil yaitu sebesar 25,9%. selain itu, perputaran turbin yang tidak terlalu lama dan tidak selalu sering berputar setiap waktunya, yaitu sekitar kurang lebih hanya satu menit dalam setiap kali berputar. Mengakibatkan hasil daya listriknya pun tidak terlalu optimal dan cenderung posisi turbin angin itu sendiri tidak selalu berputar setiap waktu sehingga besar efisiensi yang didapat pun kecil.

Untuk hal tersebut, perlu adanya lagi perbaikan dari sisi relokasi penempatan turbin angin serta desain pemilihan Turbin angin dan *Wind Turbine Control* yang disesuaikan dengan potensi kecepatan angin yang didapat dilokasi penelitian dan hal lainnya yang mempengaruhi tingkat efisiensi yang terdapat pada PLTB untuk mengharapkan hasil daya yang diinginkan dari pembangunan jenis pembangkit dikawasan perkotaan.

4.2.2.3. Performansi Baterai

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa hasil nilai efisiensi baterai sebesar 98,38% dari hasil perbandingan antara arus pada saat *discharging* dan arus *charging* selama masa pemakaian baterai sebelum nilai DoD mencapai 80%. Maka, berdasarkan standar IEC 1661-2019 mengenai kapasitas baterai apabila nilai efisiensi mencapai nilai 80 % atau lebih dinyatakan dalam kondisi baik, sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi daya penyimpanan baterai masih cukup normal dan mampu untuk mensupply kebutuhan beban listrik yang telah disesuaikan yaitu sebesar 624 Watt (Svoboda dkk., 2005).

4.2.2.4. Performansi Inverter

Nilai hasil perhitungan efisiensi yang didapat oleh inverter sebesar 95,5 %. Berdasarkan spesifikasi alat yang digunakan bahwa nilai efisiensi inverter sebesar 93 %, artinya bahwa kondisi kinerja inverter yang digunakan masih tergolong baik. Disisi lain, untuk meninjau keluaran tegangan keluaran listrik AC 1 phase yang

dihasilkan, peneliti melakukan perbandingan dengan peraturan SPLN 1 1995 mengenai tegangan – tegangan standar disebutkan bahwa variasi tegangan pelayanan ditetapkan maksimum + 5% minimum - 10 % terhadap tegangan nominal, untuk memastikan bahwa tegangan yang dihasilkan tidak berpotensi untuk merusak sistem kelistrikan. Dengan hasil tegangan keluaran yang berada diangka 230 V, maka bisa disimpulkan kondisi inverter masih dalam kondisi baik.

4.2.3. Analisis Pengaruh produksi daya PLTS *Hybrid* terhadap beban

Penggabungan dua jenis pembangkit atau lebih disebut dengan istilah *hybrid* (Taha, 2023). Di Gedung CoE UPI, terdapat dua jenis pembangkit yaitu PLTS dan PLTB yang digabungkan menggunakan sistem parallel ditambah baterai serta terhubung langsung ke *grid* PLN melalui ATS apabila kondisi kapasitas baterai sudah berada pada kondisi batas ambang kapasitas yang diijinkan. Dengan dipasang secara parallel dari masing-masing pembangkit, PLTS dan PLTB akan terus menerus memberikan *supply* energi listrik (Ding dkk., 2019).

Adapun, pada sistemnya yang dihubungkan langsung ke *grid* PLN melalui saklar otomatis berupa ATS (*Automatic Transfer System*), Bertujuan untuk menghubungkan dan memutuskan pasokan daya antara PLTS dan sumber daya listrik utama seperti jaringan listrik dari perusahaan penyedia listrik atau PLN (Taha, 2023). Tujuan utama dihubungkan langsung ke *Grid* PLN yaitu untuk menjaga keandalan sistem demi memasok aliran listrik secara terus menerus ke beban selama 24 jam penuh. Artinya, ketika kapasitas baterai sudah menunjukkan nilai DoD (*Deep of Discharge*) dari setingan baterainya, maka sistem akan langsung pindah ke PLN untuk men-*supply* kebutuhan beban.

Akan tetapi, hasil pengukuran didapat bahwa mayoritas penggunaan beban listrik dengan rata-rata penggunaan sebesar 618 *Watt hours*, mayoritas disupply oleh hasil produksi dari PLTS dengan rata-rata sebesar 687,92 *Watt hours* dalam satu hari penyinaran matahari, adapun PLTB sebesar 0,093 *Watt hours*. Dari data tersebut, terjadi adanya perbandingan antara hasil produksi PLTS *Hybrid* dan konsumsi beban listrik yang terlalu seimbang.

Oleh karena itu, berdasarkan pada **Gambar 4.10** mengenai besar kapasitas baterai, nilai batas ambang kapasitas yang telah ditentukan sebesar 20% terjadi pada

pukul 17.00 WIB. Dari hasil analisis tersebut, bisa disimpulkan bahwa pemasangan sistem PLTS *Hybrid* hanya mampu menopang kebutuhan beban listrik harian selama 11 jam pemakaian. Untuk meningkatkan lama pemakaian terhadap beban listrik berupa media penerangan seperti lampu, peneliti menyarankan supaya dipasang sistem *timer* pada sistemnya. Dengan tujuan untuk mengatur bahwa hasil produksi dari PLTS *Hybrid* hanya digunakan pada saat jam malam hari yaitu direntan pukul 18.00 – 06.00 WIB.