

Simulasi Perencanaan Sistem Pembangkit PV dan Bayu Menggunakan Software Homer di Desa Keruak, Kabupaten Lombok Timur

Seftian Aditya Maulana¹, Ahmad Riki Baihaki¹, Muhammad Nanang Indrajaya Saputra¹, Agung Budi Muljono¹, I Ketut Perdana Putra¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

INFO ARTIKEL

Abstract

Article history :

Received Juni 27, 2023

Revised Juni 28, 2023

Accepted Juni 28, 2023

Keywords :

Simulation;
Wind Power Plant;
Solar Panels;
Homer;
COE;

Human energy needs continue to increase along with an increasingly advanced level of life. Energy can be divided into two categories, namely renewable energy and non-renewable energy. Renewable energy is obtained from unlimited natural resources and will never run out even if it is used continuously. Meanwhile, non-renewable energy is formed from fossil earth which takes millions of years. In contrast to renewable energy, non-renewable energy has a very limited amount and will run out if it continues to be used. In the future, renewable energy will play a very important role in meeting the energy needs of everyday living things. This is caused by the use of fossil fuels as a non-renewable energy source which has long been used by conventional power plants and increasingly sucks up non-renewable energy reserves. Therefore, one solution to overcome this problem is to utilize renewable energy, such as solar and wind energy. The purpose of planning this system is to know the importance of alternative energy in the supply of electrical energy for the community. This research is a simulation based on secondary data from the 2019 East Lombok Regency BPS and uses the Homer Pro software. The simulation results using this software show that the combined on-grid hybrid power plant has a COE value of Rp. 316.74/kWh (PLN) to Rp. 1.352/kWh (hybrid on grid). In this study, the optimization obtained with Homer is using wind power plants and solar panels.

Corresponding Author:

Seftian Aditya Maulana, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

Email : maulanarahmatika27@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya. Energi terbagi menjadi dua, yaitu energi baru terbarukan dan energi tak terbarukan. Energi baru terbarukan merupakan energi yang didapatkan dari sumber daya alam yang tidak terbatas dan tidak akan pernah habis meskipun digunakan secara terus-menerus. Sedangkan energi tak terbarukan merupakan energi yang terbentuk dari fosil bumi berjuta-juta lamanya. Berbeda dengan energi terbarukan, energi tak terbarukan jumlahnya sangatlah terbatas dan akan habis apabila digunakan terus-menerus [1].

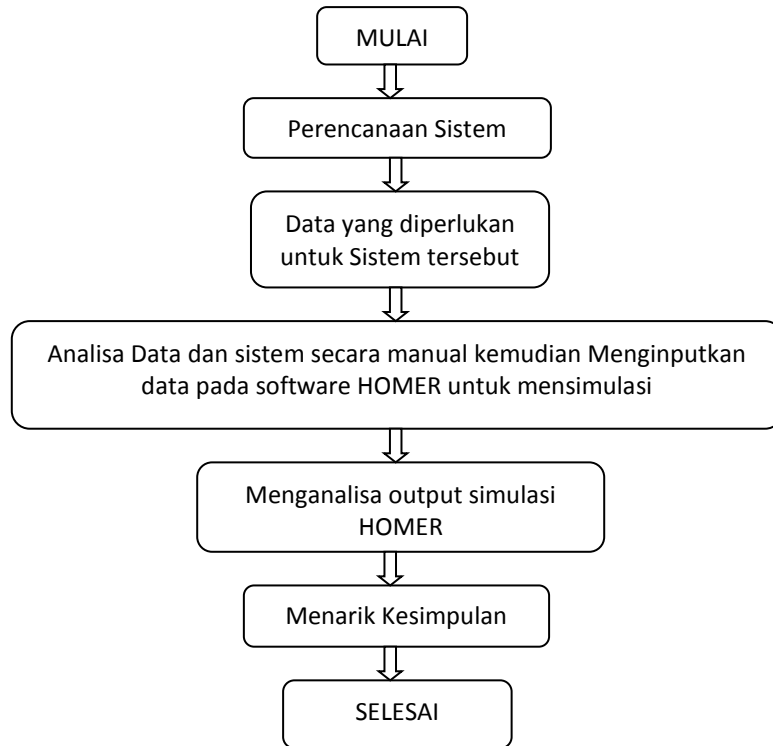
Di masa depan, energi baru terbarukan akan semakin memberikan peran yang sangat besar untuk memenuhi kebutuhan energi untuk makhluk hidup dalam kegiatan keseharian. Hal tersebut dikarenakan bahan bakar fosil yang merupakan energi tak terbarukan dimanfaatkan oleh pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam waktu yang lama dan menguras sumber energi-energi tak terbarukan sehingga cadangannya semakin lama semakin sedikit [2]. Salah satu solusi untuk menghadapi hal tersebut ialah dengan menggunakan energi terbarukan, salah satunya adalah energi bayu.

Simulasi integrasi energi terbarukan antara PV-Biogas pada pembangkit listrik *Hybrid On-Grid* di Pongpes Baiturrahman Ciparay Bandung telah di modelkan menggunakan software homer menghasilkan nilai COE meningkat dari \$ 0.113/kWh menjadi \$ 0.186/kWh [3].

Pemanfaatan jenis energi alternatif di Indonesia ini sangatlah minim, apalagi di Nusa Tenggara Barat khususnya kabupaten Lombok timur, dimana energi alternative sendiri sangat jarang dimanfaatkan oleh masyarakat setempat untuk mendapatkan energi listrik, melihat potensi energi bayu yang mumpuni maka dibutuhkan suatu perencanaan pemanfaatan energi alternatif itu sendiri. Perencanaan pemanfaatan ini dilakukan di Desa Keruak, Kecamatan Keruak, Kabupaten Lombok Timur. Nusa Tenggara Barat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Objek penelitian ini dilakukan di desa Keruak, Kecamatan Keruak, Kabupaten Lombok Timur. Nusa Tenggara Barat yang terletak pada geografis terletak 8.752 S, 116.483 E. Adapun metodologi penelitian pada penelitian ini dapat dilihat dari flowchart pada Gambar 1



Gambar 1 Diagram alir perancangan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Desa Keruak

Kecamatan Keruak merupakan salah satu kecamatan yang beraa di wilayah hukum Kabupaten Lombok Timur. Wilayah administratifnya terdiri atas 15 Desa. Desa yang termasuk dalam wilayah Kecamatan Keruak antara lain: Desa Tanjung Luar, Desa Pijot, Desa Selebung Ketangga, Desa Sepit, Desa Keruak, Desa Batu Putik, Desa Senyur, Desa Ketapang Raya, Desa Pijot Utara, Desa Ketangga Jeraing, Desa Mendana Raya, Desa Setungkep Lingsar, Desa Danerase, Desa Montong Belae dan Desa Pulau Maringkik. Dilihat dari geografisnya, Kecamatan Keruak memiliki batas-batas wilayah sebagai berikut [4]:

Sebelah Utara	:	Kecamatan Sakra Barat
Sebelah Timur	:	Selat Alas
Sebelah Selatan	:	Kecamatan Jerowaru
Sebelah Barat	:	Kabupaten Lombok Tengah

Luas wilayah kecamatan Keruak adalah seluas 40.49 km². Adapun dalam penelitian ini dilakukan perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga surya dan bayu. Lokasi simulasi perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga surya dan bayu dengan titik koordinat 8.752 S, 116.483 E.

B. Pengumpulan Data dan Klasifikasi Data Pembangkit Sistem Hybrid
1. Data Karakteristik Beban Rumah Tangga

Tabel 1. Beban harian pada rumah tangga.

No.	Jam	Jenis Beban					Jumlah energi (WH)	Banyaknya RT	Jumlah Energi Keseluruhan (KWH)
		Lampu 5 W	TV 50 W	Stop Kontak	Lampu 10 W	Setrika			
1	00.00 - 01.00	5					25	14.449	361.225
2	01.00 - 02.00	5					25	14.449	361.225
3	02.00 - 03.00	5					25	14.449	361.225
4	03.00 - 04.00	5					25	14.449	361.225
5	04.00 - 05.00	5					25	14.449	361.225
6	05.00 - 06.00	3					15	14.449	216.735
7	06.00 - 07.00	3	1	1			65	14.449	317.878
8	07.00 - 08.00		1	1			50	14.449	101.143
9	08.00 - 09.00		1	1			50	14.449	101.143
10	09.00 - 10.00		1	1			50	14.449	101.143
11	10.00 - 11.00		1	1			50	14.449	72.245
12	11.00 - 12.00		1	1			50	14.449	72.245
13	12.00 - 13.00		1	1			50	14.449	72.245
14	13.00 - 14.00			1			50	14.449	231.184
15	14.00 - 15.00		1	1			50	14.449	50.572
16	15.00 - 16.00			1		1	300	14.449	346.776
17	16.00 - 17.00			1			50	14.449	86.694
18	17.00 - 18.00	3		1		1	315	14.449	910.287
19	18.00 - 19.00	5	1	1	1		85	14.449	635.756
20	19.00 - 20.00	5	1	1	1		85	14.449	635.756
21	20.00 - 21.00	5	1	1	1		85	14.449	635.756
22	21.00 - 22.00	5	1	1	1		85	14.449	635.756
23	22.00 - 23.00	4		1			20	14.449	288.980
24	23.00 - 00.00	3					15	14.449	216.735
Total							1645		7535.154

Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat bahwa pemakaian energi listrik tertinggi dimulai dari pukul 17:00-18:00, sedangkan pemakaian energi minimum dari pukul 23:00-00:00.

Tabel 2. Beban Harian pada fasilitas umum

No.	Jam	Fasilitas Umum								Jumlah Energi (kWH)	
		Sekolah		Masjid			Kantor Desa		PUSKESMAS		
		Lampu 5 W	Pengeras Suara	Lampu 10 W	Pengeras Suara	Kipas angin	Lampu 5 W	Komputer	Lampu 10 W		Pengeras Suara
1	00.00 - 01.00	5		1			3		1		0.06
2	01.00 - 02.00	5		1			3		1		0.06
3	02.00 - 03.00	5		1			3		1		0.06
4	03.00 - 04.00	5		1			3		1		0.06
5	04.00 - 05.00	5		4	1	1	3		1		0.15
6	05.00 - 06.00	5		1			3		1		0.06
7	06.00 - 07.00										
8	07.00 - 08.00		1								0.01
9	08.00 - 09.00							1		1	0.21
10	09.00 - 10.00							1		1	0.21
11	10.00 - 11.00							1		1	0.21
12	11.00 - 12.00							1		1	0.21
13	12.00 - 13.00				1	1		1		1	0.27
14	13.00 - 14.00							1		1	0.21
15	14.00 - 15.00										
16	15.00 - 16.00				1	1					0.06
17	16.00 - 17.00										
18	17.00 - 18.00										
19	18.00 - 19.00	5		3	1	1	3		5		0.18
20	19.00 - 20.00	5		3	1	1	3		5		0.18
21	20.00 - 21.00	5		1			3		5		0.1
22	21.00 - 22.00	5		1			3		5		0.1
23	22.00 - 23.00	5		1			3		1		0.06
24	23.00 - 00.00	5		1			3		1		0.06
Total											2.52

Berdasarkan Tabel 2. dapat dilihat bahwa pemakaian energi listrik tertinggi dimulai dari pukul 07:00-15:00, sedangkan pemakaian energi minimum dari pukul 00:00-07:00.

Tabel 3. Beban harian pada

No.	Jam	Industri			Jumlah Energi (Wh)
		Perajangan tembakau	Jagung	Toko/Warung	
		Mesin Rajang	Mesin Perontok	Mesin Blender	
1	00.00 - 01.00				
2	01.00 - 02.00				
3	02.00 - 03.00				
4	03.00 - 04.00				
5	04.00 - 05.00				
6	05.00 - 06.00				
7	06.00 - 07.00	1	1		2000
8	07.00 - 08.00	1	1		2000
9	08.00 - 09.00	1	1		2000
10	09.00 - 10.00	1	1	1	2000
11	10.00 - 11.00	1	1	1	2280
12	11.00 - 12.00	1	1	1	2280
13	12.00 - 13.00	1	1	1	2280
14	13.00 - 14.00	1	1	1	2280
15	14.00 - 15.00	1	1	1	2280
16	15.00 - 16.00	1	1	1	2280
17	16.00 - 17.00			1	280
18	17.00 - 18.00			1	280
19	18.00 - 19.00				
20	19.00 - 20.00				
21	20.00 - 21.00				
22	21.00 - 22.00				
23	22.00 - 23.00				
24	23.00 - 00.00				
Total					22240

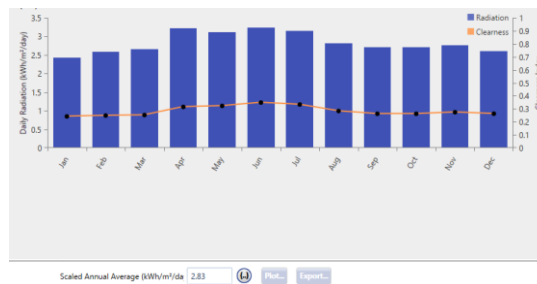
Berdasarkan Tabel 3. Diatas dapat dilihat bahwa pemakaian energi listrik tertinggi dimulai dari pukul 10:00-16:00, sedangkan pemakaian energi minimum dari pukul 16:00-18:00.

2. Data Matahari

Berdasarkan lokasi perencanaan pembangunan lokasi PLTS dan PLTB dengan koordinat 8.752 S dan 116.483 E, rata-rata intensitas radiasi matahari setiap bulan dalam waktu 1 tahun dapat dihitung dengan teori waktu matahari nyata (Apparent Solar Time, AST), hasil perhitungan intensitas radiasi dan indeks kecerahan awan dapat dilihat pada Tabel 4 [5].

Tabel 4. Intensitas Iradiasi dan Indeks kecerahan awan

No	Bulan	Intensitas Iridasi Normal Langsung (I_{DN}) (kWh/m ²)	Indeks Kecerahan Awan
1	Jan	2.4297	0.241
2	Feb	2.5773	0.248
3	Mar	2.6472	0.252
4	Apr	3.2109	0.315
5	Mei	3.1115	0.322
6	Juni	3.2406	0.348
7	Juli	3.1410	0.333
8	Agst	2.8059	0.283
9	Sept	2.7036	0.262
10	Okt	2.7119	0.262
11	Nov	2.7633	0.274
12	Des	2.6007	0.262



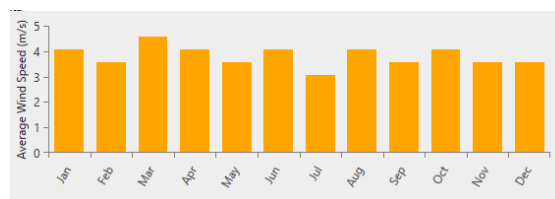
Gambar 4. Grafik Radiasi Matahari dengan Perhitungan

3. Data Potensi Angin

Data kecepatan rata-rata angin dapat dilihat pada tabel 5 [6].

Tabel 5. Data Kecepatan Angin

Bulan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Kecepatan angin rata-rata (m/dtk)	4.08	3.57	4.59	4.08	3.57	4.08	3.06	4.08	3.57	4.08	3.57	3.57



Gambar 5. Grafik kecepatan angin (m/s)

C. Analisa Data Optimasi Konfigurasi Sistem Pembangkit Hibrid

Setelah menginput semua data yang telah diketahui di atas ke dalam program software HOMER dan menjalankan program, maka akan didapat data-data sebagai berikut :

a. Nilai masing-masing komponen pada sistem, total NPC, biaya awal dan biaya produksi listrik per kWh (COE)

Perangkat lunak HOMER akan memberikan optimasi pembiayaan dengan hasil perhitungan NPC (*Net Present Cost*) dan COE (*Cost Of Energy*) seperti pada Gambar 6 di bawah ini.

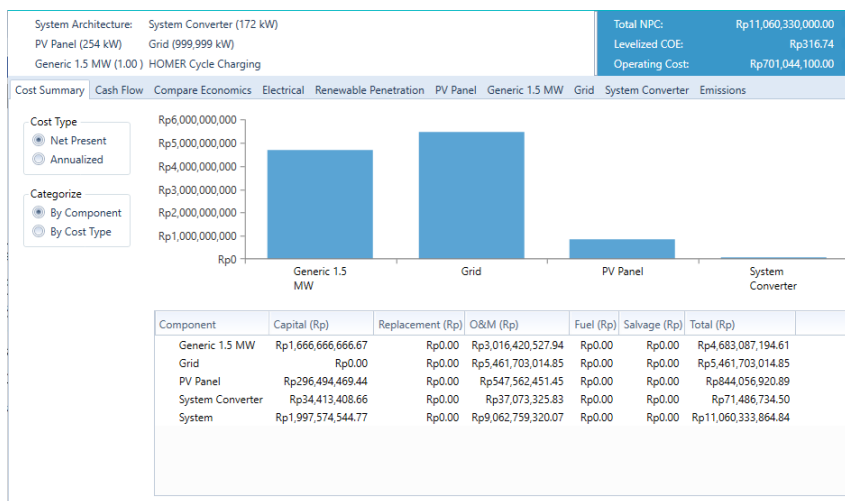
Architecture				Cost				System		PV		G1500		
PV (kW)	G1500	Grid (kW)	Converter (kW)	NPC (Rp)	COE (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (Rp)	Production (kWh/yr)	Capital Cost (Rp)	Production (kWh/yr)	O&M Cost (Rp)
254	1	999,999	172	Rp11.18	Rp316.74	Rp701M	Rp2.008	88.4	0	296,494,464	209,782	1,666,666,624	2,190,514	233,333.3
710	1	999,999	312	Rp11.38	Rp340.35	Rp746M	Rp1.678	85.3	0			1,666,666,624	2,190,514	233,333.3
		999,999		Rp12.68	Rp890.96	Rp902M	Rp891M	47.2	0	828,916,672	586,493			
		999,999		Rp15.38	Rp1,352	Rp1,208	Rp0.00	0	0					

Gambar 6. Hasil Perencanaan Sistem Menggunakan semua komponen

Architecture				Cost		
PV (kW)	G1500	Grid (kW)	Converter (kW)	NPC (Rp)	Initial capital (Rp)	
254	1	999,999	172	Rp11.18	Rp2.008	

Gambar 7. Hasil Perencanaan Sistem dengan nilai NPC terkecil

b. Biaya Komponen-komponen pada sistem hybrid

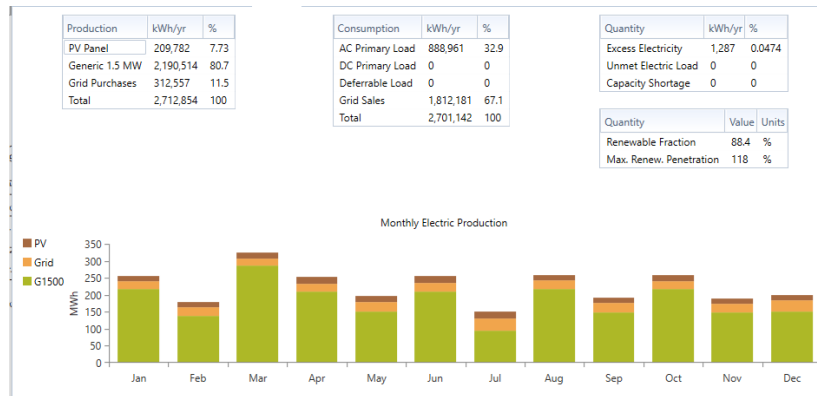


Gambar 8. Biaya awal dan biaya tahunan komponen lengkap perencanaan sistem hybrid

Berdasarkan Gambar 8. dapat diketahui dengan arsitektur sistem PV Panel 254 kW, Turbin Angin 1,500 kW, dan Konverter 172 kW dapat diketahui nilai biaya masing-masing komponen. Selain itu, didapatkan juga nilai modal awal yang tertinggi dimiliki komponen PV Panel Rp. 844,056,920.89, Wind Turbin Rp. 5,461,703,014.85, Konverter Rp. 71,486,734.50, maka nilai total biaya sebesar Rp 11,060,333,864.84.

c. Produksi Tenaga Listrik Tahunan

Untuk memenuhi kebutuhan listrik yang disesuaikan dengan profil beban, yaitu 7,535 kWh/hari dengan beban puncak 910.29 kW dan keberadaan potensi energi terbarukan yang ada di Desa Keruak, maka perangkat lunak HOMER juga akan memberikan presentase produksi listrik tahunan dengan komponen lengkap dapat dilihat pada Gambar 9 sedangkan untuk masing-masing komponen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10, Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14.



Gambar 9. Produksi tenaga listrik tahunan dengan komponen lengkap

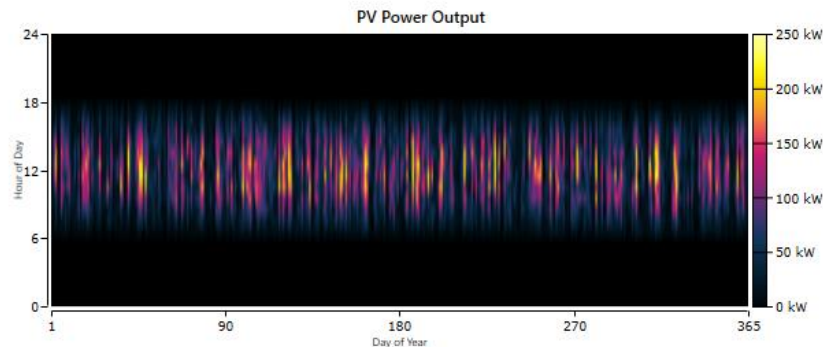
Berdasarkan Gambar 9 dapat diketahui nilai produksi listrik masing-masing komponen dalam satu tahun PV Panel: 209,782 kWh/yr, Turbin Angin: 2,190,514 kWh/yr dan Grid : 679,158 kWh/yr, sehingga totalnya adalah 2,712,854 kWh/yr. Dalam satu tahun di Desa Keruak masih terdapat sisa energi listrik sebesar : produksi listrik per tahun – beban listrik per tahun = 2,712,854 kWh/yr – 2,701,142 kWh/yr = 11,712 kWh/yr.

d. Operasional PV

Setelah menjalankan program HOMER, maka dapat diketahui jumlah listrik yang dihasilkan PV (Surya) selama beroperasi dalam sehari, dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 10.

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	254	kW
Mean Output	23.9	kW
Mean Output	575	kWh/d
Capacity Factor	9.42	%
Total Production	209,782	kWh/yr

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	227	kW
PV Penetration	23.6	%
Hours of Operation	4,380	hrs/yr
Levelized Cost	311	Rp/kWh



Gambar 10. Jumlah listrik yang dihasilkan PV komponen lengkap

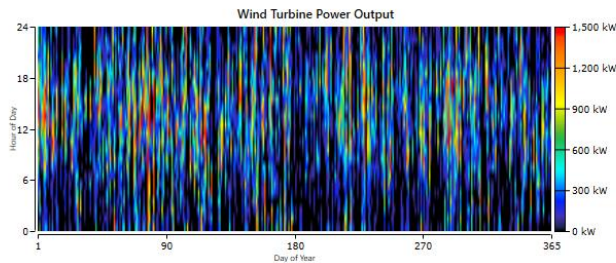
Pada Gambar 10 dapat diketahui jumlah rata-rata energi listrik yang dihasilkan PV adalah sebesar 254 kW dengan maksimum daya yang dihasilkan sebesar 227 kW, sehingga daya yang dihasilkan per tahunnya adalah 209,782 kWh/tahun dengan durasi beroperasi 4.380 jam/tahun dan harga jual energi 311 Rp/kWh.

e. Operasional Turbin Angin

Setelah menjalankan program HOMER, maka dapat diketahui jumlah listrik yang dihasilkan Turbin Angin selama beroperasi dalam sehari, dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 11.

Quantity	Value	Units
Total Rated Capacity	1,500	kW
Mean Output	250	kW
Capacity Factor	16.7	%
Total Production	2,190,514	kWh/yr

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	1,500	kW
Wind Penetration	246	%
Hours of Operation	5,217	hrs/yr
Levelized Cost	165	Rp/kWh



Gambar 11. Jumlah listrik yang dihasilkan turbin angin komponen lengkap

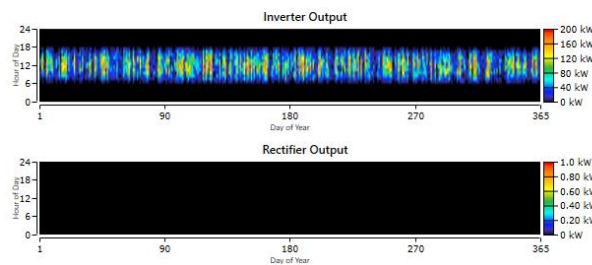
Pada Gambar 10 dapat diketahui jumlah rata-rata energi listrik yang dihasilkan Turbin Angin adalah sebesar 1.500 kW dengan maskimum daya yang dihasilkan sebesar 1.500 kW, sehingga daya yang dihasilkan per tahunnya adalah 2.190.514 kWh/tahun dengan durasi beroperasi 5.217 jam/tahun dan harga jual energi 165 Rp/kWh.

f. Operasional Konverter

Setelah menjalankan program HOMER, maka dapat diketahui jumlah inferter dan receifer yang dihasilkan konverter selama beroperasi dalam sehari dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 12.

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Capacity	172	172	kW
Mean Output	22.6	0	kW
Minimum Output	0	0	kW
Maximum Output	172	0	kW
Capacity Factor	13.1	0	%

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Hours of Operation	4,380	0	hrs/yr
Energy Out	198,071	0	kWh/yr
Energy In	208,496	0	kWh/yr
Losses	10,425	0	kWh/yr



Gambar 12 Jumlah maksimum yang dihasilkan konverter komponen lengkap

Pada Gambar 12 dapat diketahui jumlah rata-rata inverter dan receifer yang dihasilkan konverter adalah sebesar 172 kW dengan maskimum daya yang dihasilkan sebesar 172 kW dengan durasi beroperasi 4.380 jam/tahun dan losses 165 Rp/kWh.

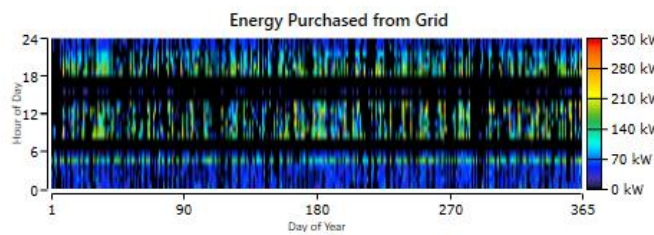
g. Operasional Grid

Setelah menjalankan program HOMER, maka dapat diketahui jumlah pembelian energi listrik dan energi yang dapat di jual oleh Grid perbulan dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.

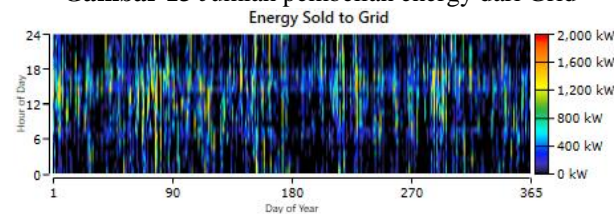
Tabel 6 Operasional Grid

Month	Energy Purchased (kWh)	Energi Sold (kWh)	Not Energy Purchased (kWh)	Peak Load (kW)	Energi Charge (Rp)	Demand Charge (Rp)
January	22,715	180,725	-158,010	261	Rp30,701,819.01	Rp0
February	26,671	111,099	-84,428	284	Rp36,053,371.46	Rp0
March	20,662	245,578	-224,915	268	Rp27,923,299.95	Rp0
April	22,444	177,799	-155,355	272	Rp30,335,255.13	Rp0
May	26,463	123,182	-96,718	271	Rp35,772,087.79	Rp0
June	24,737	179,748	-155,011	282	Rp33,435,910.68	Rp0
July	35,865	74,433	-38,568	333	Rp48,486,286.61	Rp0
August	23,940	180,080	-156,140	292	Rp32,357,611.65	Rp0
September	28,416	117,448	-89,032	298	Rp38,412,513.73	Rp0
October	23,567	182,404	-158,837	270	Rp31,853,613.96	Rp0
November	26,187	116,763	-90,575	330	Rp35,399,352.01	Rp0
December	30,889	122,923	-92,034	293	Rp41,755,516.84	Rp0
Annual	312,557	1,812,181	-1,499,624	333	Rp422,486,638.82	Rp0

Pada tabel 6. dapat diketahui jumlah pembelian energi listrik dari Grid dalam 1 tahun adalah 312,557 kWh dan jumlah energi listrik yang dapat dijual ke Grid dalam 1 tahun adalah 1,812,181 kWh.



Gambar 13 Jumlah pembelian energy dari Grid



Gambar 14 Jumlah Energi Yang Dapat Dijual Ke Grid

4. KESIMPULAN

Dari simulasi menggunakan software HOMER dan analisa untuk perencanaan pembangunan pembangkit listrik yang terbaharui di Desa Keruak, Kec. Keruak, Kab. Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Daerah tersebut terdapat sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan dengan mengolahnya menjadi energi listrik yang terbaharukan dan ramah lingkungan, sehingga dengan begitu maka keperluan dari energi listrik di daerah tersebut dapat dipenuhi untuk menopang laju perkembangan dari keadaan setempat yang sampai saat ini belum terjangkau oleh pasokan listrik.
2. Dari hasil perhitungan menggunakan perangkat lunak HOMER, maka didapatkan hasil bahwa perencanaan pembangunan system yang tepat dengan beban total pertahun 2,712,854 kWh/tahun yaitu dengan nilai NPC:
 - a. Sistem menghabiskan dana Rp 11,060,333,864.84.
 - b. Energi listrik dapat di jual dengan harga Rp 316,74/kWh. .
 - c. Biaya operasional Rp 701.044.100.00
 - d. Energi yang di dihasilkan PV Panel: 209,782 kWh/yr dan Turbin Agin: 2,190,514 kWh/yr.
 - e. Kelebihan energi sebesar 11,712 kWh/tahun.
 - f. COE meningkat dari Rp 316.74/kWh menjadi Rp 1,352/kWh.

3. Perangkat lunak HOMER dapat digunakan untuk mensimulasikan perencanaan pembuatan system pembangkit energi listrik dengan meninjau segi teknis dan ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, Panduan Pengoperasian dan Pemeliharaan PLTS Off-Grid (Jakarta, 2017), hal 4 – 5.
- [2] Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. (2009). “Wind Energy Explained: Theory, Design and Application”. John Wiley & Sons, Ltd, Publication.
- [3] Ahmad Rajani, Kusnadi dan Rudi Darussalam, 2016, Simulasi Integrasi PV-Biogas Menggunakan Homer Pada Pembangkit Listrik Hybrid On-Grid: Studi Kasus Ponpes Baiturrahman Ciparay Bandung, Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016, Vol. 5, pp. 55-60.
- [4] Badan Pusat Statistik Kabupaten Lombok Timur Provinsi NTB. 2019. Kecamatan Keruak dalam angka tahun 2019 Badan Pusat Statistik Kabupaten Lombok Timur, Provinsi NTB.
- [5] Archie W. Culp Jr, 1996, Prinsip-Prinsip Konversi Energi, Cetakan Keempat, Erlangga Jakarta, diterjemahkan oleh Darwin Sitompul, Kusnul Hadi.
- [6] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, <https://sektoral.lomboktengahkab.go.id/detail-data-sektoral/6254f0f5dda>