

Optimasi Kapasitas Pembangkit Listrik Hybrid Solar Cell dan Wind Turbin Skala Mikro Menggunakan HOMER

(Studi Kasus: Pauah Kamba Kabupaten Padang Pariaman)

Sepannur Bandri ^{1*)}, Rafika Andari ²⁾, Hazi Raitu Kuqzi ³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro Sarjana, Fakultas Teknik
Institut Teknologi Padang

^{*)}Korespondensi : sepannurb@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa total penghematan tagihan biaya listrik dari PLN yang terbilang mahal. Penelitian ini dilakukan di desa Pauah Kamba kabupaten padang pariaman. Dalam perencanaan ini digunakan software *HOMER* untuk mendesain sistem pembangkit listrik tenaga hybrid yang berasal dari surya dan angin. Hasil penelitian menghasilkan sistem PLTH yang optimal dengan kontribusi panel surya yang menghasilkan energi sebesar 4.296 kWh pertahun (66,9%) dan Turbin angin berkontribusi menghasilkan energi sebesar 1.311 kWh pertahun (20,4%). Nilai *Net Present Cost* (NPC) terendah sebesar Rp 50.700.680. Nilai *Cost of Energy* (COE) terendah sebesar Rp. 379,20 per kWh. Pendapatan per tahun sebesar Rp. 8.678.488 serta *Payback Period* selama 32 tahun.

Kata kunci : *Hybrid, HOMER, NPC, COE, Payback Period*

Abstract

The research was to analyze the total electricity bill from PLN which is quite expensive. This research was conducted in Pauah Kamba village, Padang Pariaman district. In this plan, the HOMER software is used to design a hybrid power generation system from solar and wind. The results of the research on the optimal PLTH system with the contribution of solar panels that produce energy of 4,296 kWh per year (66.9%) and wind turbines contribute to produce energy of 1,311 kWh per year (20.4%). The lowest Net Present Cost (NPC) is IDR 50,700,680. The lowest Cost of Energy (COE) value is Rp. 379.20 per kWh. Income per year is Rp. 8,678,488 and Payback Period for 32 years.

Keywords : *Hybrid, HOMER, NPC, COE, Payback Period*

I. PENDAHULUAN

Info Makalah:

Dikirim : 06-14-2022;
Revisi 1 : 08-07-2022;
Diterima : 08-08-2022.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-81268-045469
e-mail : sepannurb@yahoo.com

Kebutuhan energi didunia pada umumnya dan diindonesia khususnya terus meningkat karena pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi sehingga konsumsi energi itu sendiri juga meningkat[1]. Hal ini menyebabkan, ketersediaan sumber yang tak terbarukan berupa energi fosil yang semakin berkurang [2]. Energi listrik ini sendiri merupakan salah satu sumber yang paling banyak digunakan dalam keseluruhan kegiatan manusia, contohnya seperti peralatan elektronik yang ada dirumah tangga [3]. Salah satu solusi pemanfaatan energi baru dan yang terbarukan adalah energi surya dan angin [4]. Energi angin adalah energi yang relatif bersih dan ramah lingkungan karena

tidak menghasilkan karbondioksida (CO₂).

Salah satu lokasi desa di Pauah Kamba kabupaten padang pariaman yang bertempat di Rimbo Dulang - Dulang, disana akan dibangun sebuah pembangkit listrik tenaga hybrid energi surya dan energi angin[5]. Maka salah satu sumber energi yang bisa di manfaatkan sebagai energi alternatif yang

terbarukan yaitu menggunakan fasilitas pembangkit listrik tenaga *hybrid* dengan menggunakan kecepatan angin dan sumber cahaya matahari. Ini menjadi solusi yang sangat mudah diterapkan karena sumber energi yang terbarukan sangat melimpah sehingga penduduk disana dapat memanfaatkan energi alternative untuk kebutuhan sehari – hari.

Dengan pengertian *hybrid* sendiri adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. PLTH merupakan suatu sistem pembangkit listrik yang memadukan beberapa jenis pembangkit listrik seperti tenaga angin dan tenaga matahari. Tujuan pembangkit listrik tenaga *hybrid* atau PLTH ini adalah menyatukan keunggulan dan kekurangan dari masing – masing pembangkit sehingga sistem dapat beroperasi dengan ekonomis dan efisien serta fungsi dari PLTH ini apabila ketika angin berhembus pelan dan matahari lagi terik, maka pembangkit listrik akan digerakkan oleh panel surya dan sebaliknya ketika langit mendung dan matahari tidak nampak pada siang hari, maka pembangkit listrik akan digerakkan oleh turbin angin [6]. Secara prinsip kerja panel surya menyerap cahaya energi matahari dan menampung energi yang dihasilkan kedalam sebuah baterai serta prinsip kerja *wind* turbin menggunakan prinsip konversi sumber energi alam yang terbarukan yaitu angin.

Pada penelitian ini akan menggunakan sebuah aplikasi yaitu *HOMER* untuk melakukan Optimasi Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) di desa Pauah Kamba Kabupaten Padang Pariaman yang bertempat di Rimbo Dulang - Dulang menggunakan *software HOMER. Hybrid Optimization Model for Electric Renewables* (HOMER) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mendesain sebuah sistem energi listrik dengan menggunakan sumber daya yang terbarukan. Dengan software ini bisa dapat memperoleh spesifikasi optimal dari sumber energi yang akan digunakan. *HOMER* sendiri memperbolehkan pemodelan untuk membandingkan berbagai macam bentuk pola atau desain sistem secara teknis untuk menganalisis kondisi dan kendala dari sistem hybrid tersebut [7].

Dengan adanya pembangunan pembangkit listrik tenaga *hybrid* ini dapat dimanfaatkan oleh rumah tangga serta seberapa optimalnya pembangkit ini untuk pemanfaatan rumah tangga didesa Rimbo Dulang - Dulang yang dapat memenuhi kebutuhan sehari - hari, sekaligus ini juga bisa menghemat biaya dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada disekitar.

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Solar panel adalah pembangkit listrik yang dapat berubah energi matahari menjadi aliran listrik. Energi berbasis sinar matahari adalah sumber energi yang paling menggembirakan dengan pemikiran tentang sifatnya yang tak henti-hentinya dan jumlah sebenarnya yang sangat banyak. Matahari merupakan sumber energi yang diandalkan memiliki pilihan untuk mengatasi persoalan kebutuhan energi masa depan setelah berbagai sumber energi reguler berkurang dan tidak berbahaya bagi ekosistem. Sel bertenaga matahari adalah generator yang tidak hanya terdiri dari kerangka kerja perubahan dari foton siang hari menjadi aliran listrik atau biasanya disebut sebagai modul fotovoltaik (PV)[8].

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Bayu) atau PLTB adalah pembangkit listrik yang menggunakan energi angin untuk menggerakkan turbin yang mana tenaga angin akan diubah menjadi energi listrik. Aset reguler ini adalah pilihan terbaik untuk sumber energi listrik yang tidak habis-habisnya, seperti batu bara dan fosil.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Tenaga angin merupakan pengumpulan energi yang berguna dari angin. Kebanyakan tenaga angin modern dihasilkan dalam bentuk listrik dengan mengubah rotasi dari pisau turbin dengan menggunakan generator listrik. Pada kincir angin, energi angin digunakan untuk memutar peralatan mekanik untuk melakukan kerja fisik seperti menggiling gandum atau memompa air. Tenaga angin digunakan dalam ladang angin skala besar untuk penghasilan listrik nasional dan juga dalam turbin individu kecil untuk menyediakan listrik di lokasi yang terisolir. Tenaga angin banyak jumlahnya, tidak terbatas, tersebar luas, bersih, dan mengurangi efek rumah kaca

Wind turbin adalah suatu tenaga listrik yang ramah lingkungan yang akan mengubah energi dinamik menjadi energi mekanik sebagai revolusi dan melalui generator listrik pada porosnya akan terjadi energi

listrik. Hasil energi angin berupa tegangan DC yang nilainya berubah sesuai dengan besarnya tegangan baterai yang dimasukkan. Dengan demikian, energi angin ini menggabungkan kontrol untuk baterai, yang mengubah tegangan AC dari hasil generator turbin menjadi tegangan DC yang sesuai dengan tegangan pengisian baterai[1].



Gambar 1 Turbin Angin

Daya yang dihasilkan oleh PLTB dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3 \quad (1)$$

Dimana:

P= daya yang dihasilkan turbin angin (Watt)

A= luas penampang turbin (m²)

ρ = massa jenis udara (kg/m³)

V= kecepatan angina (m/s)

C. Software HOMER

Perangkat lunak HOMER ini dikembangkan oleh *The National Renewable Energy Laboratory* (NREL), USA yang bekerja sama dengan *Mistaya Engineering*, dimana hak ciptanya dilindungi oleh *Midwest Research Intitute* (MRI) dan digunakan oleh Departemen Energi Amerika Serikat (DOE). HOMER digunakan untuk mendesain sistem pembangkit listrik hibrida dengan menggabungkan energi konvensional dan energi terbarukan.

Software HOMER mempermudah evaluasi desain sistem pembangkit listrik untuk berbagai jenis pembangkit listrik skala kecil baik yang tersambung ke jaringan listrik (*On Grid*) ataupun tidak (*Off Grid*). Perangkat lunak ini melakukan perhitungan keseimbangan energi untuk setiap konfigurasi sistem yang akan dipertimbangkan. Kemudian menentukan konfigurasi yang layak, apakah dapat memenuhi kebutuhan listrik dibawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya modal, penggantian, operasi dan pemeliharaan, bahan bakar dan bunga.

Cost of Energy atau bisa disingkat dengan COE digunakan untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan software homer per kWh. Biaya yang dikeluarkan dapat dihitung dengan rumus dibawah ini.

$$COE = \frac{\text{Total AC}}{E_{\text{tot.produksi}}} \quad (2)$$

Keterangan:

COE = Biaya yang dikeluarkan dari sistem per kWh (Rp)

Total AC = Biaya tahunan sistem (Rp)

$E_{\text{tot.produksi}}$ = Total produksi energi (Rp)

Payback Period adalah metode yang digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya modal yang dikeluarkan dalam membangun sebuah proyek. Nilai dari *payback period* dapat diketahui dari persamaan dibawah ini.

$$\text{Pendapatan per tahun} = \text{total produksi energi} \times \text{harga jual listrik} \quad (3)$$

Keterangan:

Pendapatan per tahun = pemasukan yang diperoleh per tahun (Rp)

Total produksi energi = energi listrik yang diproduksi pembangkit (Rp)

Harga jual = Biaya yang dikeluarkan per kWh (Rp)

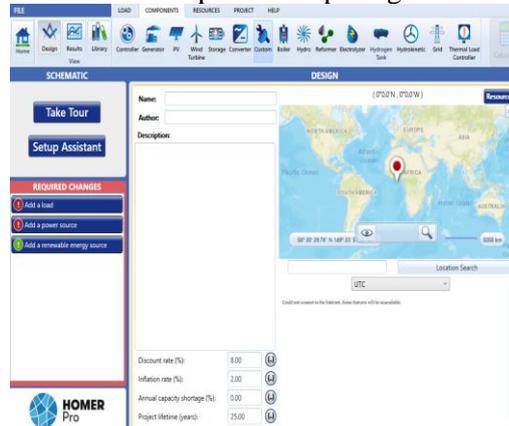
$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Biaya investasi}}{\text{Pendapatan per tahun}} \quad (4)$$

Keterangan:

Payback Period = Waktu pengembalian modal (tahun)

Biaya Investasi = Modal yang dikeluarkan (tahun)

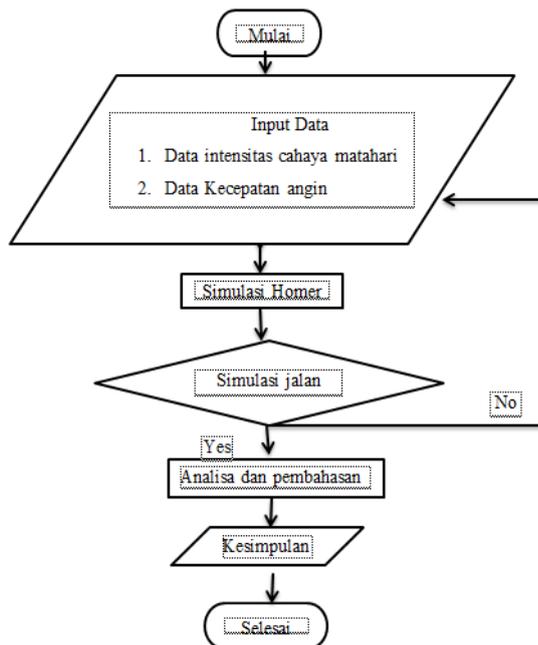
Tampilan halaman awal software HOMER dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2 Software HOMER

II. METODE

Pada penelitian ini penulis mengambil data kecepatan angin, data intensitas cahaya matahari dan data komponen.



Gambar 3 Flowchart penelitian.

III. HASIL DAN DISKUSI

Software Homer mempunyai fitur mencari dan menentukan lokasi proyek agar dari data tersebut software Homer dapat mendownload sumber yang diperlukan melalui *National Aeronautics and Space Administration (NASA) Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER)*.



Gambar 4 Lokasi

Radiasi matahari global tahunan dapat dihitung sebagai berikut:

$$E_{\text{globe}} = 4,8 \text{ kWh/m}^2 \times 365 \text{ hari} \quad (5)$$

$$E_{\text{globe}} = 1752 \text{ kWh/m}^2\text{year} \quad (6)$$

$$E_{\text{el}} = 2053,67 \text{ kWh/tahun (dari tabel pemakaian data rumah tangga)} \quad (7)$$

$$P_{\text{peak}} = \frac{E_{\text{el}} \times I_{\text{STC}}}{E_{\text{globe}} \times Q} \quad (8)$$

$$P_{\text{peak}} = \frac{2053,67 \times 1}{1752 \times 0,4} \quad (9)$$

$$P_{\text{peak}} = 2932 \text{ Wattpeak} = 3\text{kWP} \quad (10)$$

Sebagaimana pun hasil dari perhitungan diatas dapat ditentukan jumlah panel yang dibutuhkan yaitu:

$$\text{Jumlah panel} = \frac{P_{\text{wattpeak}}}{P_{\text{mpp}}} \quad (11)$$

$$\text{Jumlah panel} = \frac{3000 \text{ wattpeak}}{100\text{wp}} \quad (12)$$

$$\text{Jumlah panel} = 30 \text{ panel surya} \quad (13)$$

A. Baterai

$$C_B = \frac{L \times T_A}{\text{DOD} \times \text{DT} \times \eta_e \times \eta_w \times \eta_B} \quad (14)$$

$$C_B = \frac{5,63 \times 2}{0,5 \times 0,99 \times 0,9 \times 0,99 \times 0,99} \quad (15)$$

$$C_B = \frac{11,26}{0,44} \quad (16)$$

$$C_B = 25,59 \text{ kWh} = 25.590 \text{ Wh (dibulatkan 26.000Wh)} \quad (17)$$

$$I = \frac{P}{V} \quad (18)$$

$$I = \frac{26.000}{12}$$

$$I = 2166,66 \text{ Ah}$$

Hasil perhitungan diatas maka dapat ditentukan jumlah baterai yang dipakai sebagai berikut:

Baterai yang akan digunakan 12V 100Ah

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{Kapasitas baterai}}{\text{Baterai yang digunakan}} \quad (19)$$

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{2.1666}{100} = 21,66 \text{ (22 baterai)}$$

B. Turbin Angin

Data turbin angin:

$$\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$$

$$A = 8,04 \text{ m}^2$$

$$V^3 = 2,54 \text{ m/s}$$

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3$$

$$P = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 8,04 \times 2,54^3$$

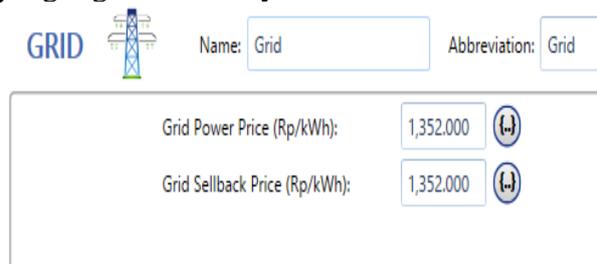
$$P = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 8,04 \times 16,39$$

$$P = \frac{1}{2} \times 161,42$$

$P = 80,71 \text{ Watt}$

a. *Input Parameter Grid*

Grid yaitu jaringan energi listrik yang berasal dari PLN. Harga jual listrik Rp.1352.00/kWh untuk tegangan menengah yang digunakan masyarakat non subsidi.



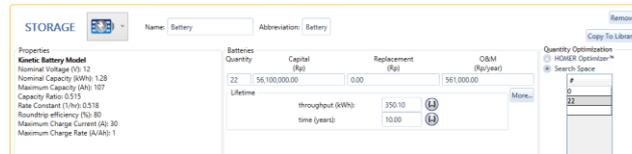
Gambar 5 *Input parameter grid*

b. *Input Panel Surya*



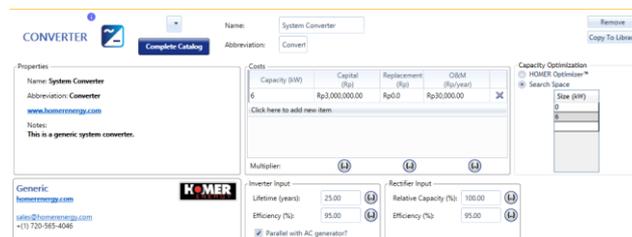
Gambar 6 *Input parameter panel surya*

c. *Input Parameter Baterai*



Gambar 7 *Input parameter baterai*

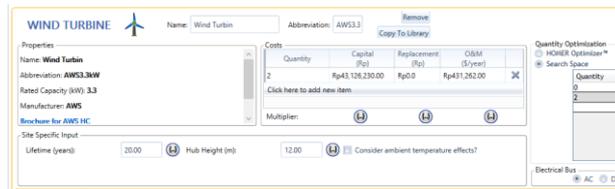
d. *Input Parameter Inverter*



Gambar 8 *Input parameter inverter*

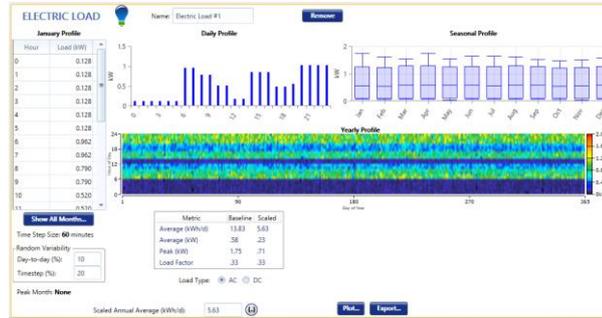
Optimasi Kapasitas Pembangkit Listrik Hybrid Solar Cell dan Wind Turbin Skala Mikro Menggunakan Homer
 (Sepannur Bandri, Rafika Andari, Hazi Raitu Kuqzi : Halaman 80 - 88)

e. *Input Parameter Turbin Angin*



Gambar 9 Input parameter turbin angin

f. *Input Parameter Beban*



Gambar 10. Input parameter beban

C. *Aspek Ekonomi*

COE dihitung untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan per kWh dari sistem. COE yang dihasilkan dari software homer sebesar Rp. 391,43/kWh. Untuk menghitung nilai COE dapat menggunakan rumus dibawah ini sebagai berikut.

$$COE = \frac{\text{Total AC}}{E_{\text{tot.produksi}}}$$

$$COE = \frac{2.434.130,17}{6.419}$$

$$COE = \text{Rp. } 379,20$$

Berdasarkan perhitungan COE diatas dapat diketahui biaya yang dikeluarkan sistem sebesar Rp. 379,20/kWh. Hasil perhitungan terjadi perbedaan biaya sebesar Rp. 12,23.

Tabel 1 Analisa perbandingan listrik hibrid

Variabel	Pembangkit Listrik (Surya – Angin)	PLN
Modal	Rp. 276.513.853	-
Produksi	PV : 4.296kWh/tahun (66,9%)	Grid PLN : 2.055 kWh/tahun (100%)
	Wind Turbin : 1.311kWh/tahun (20.4%)	
	Grid PLN : 812 (12,6%)	
Konsumsi	6.419 kWh/tahun	
Jam Operasi	8040 Jam/Tahun	8040 Jam/Tahun
Lama Operasi	11,14 Bulan	11,14 Bulan
Biaya Produksi Listrik	Rp. 391,43/kWh	Rp. 1.352/kWh

Sebelum menghitung nilai payback period, pertama menghitung jumlah pendapatan pertahun dari sistem. Jumlah pendapatan pertahun dapat diketahui dengan cara dikalikan jumlah produksi energi yang dihasilkan dengan harga jual listrik.

$$\text{Pendapatan per tahun} = \text{total produksi energi} \times \text{harga jual listrik}$$

$$\text{Pendapatan per tahun} = 6.419 \times 1.352$$

$$\text{Pendapatan per tahun} = 8.678.488$$

Kemudian, setelah mengetahui pendapatan per tahun, baru dapat menghitung nilai payback period. Untuk menghitung nilai payback period dapat menggunakan rumus dibawah ini.

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Biaya investasi}}{\text{Pendapatan per tahun}}$$

$$\text{Payback Period} = \frac{276.513.853}{8.678.488}$$

Payback Period = 31,86 dibulatkan 32 tahun

Dari hasil analisa diperoleh bahwa lama pengembalian modal investasi awal PLTH surya dan angin yaitu 32 tahun tahun.

D. Data Hasil pengukuran arus, tegangan dan daya listrik sistem PLTS *Off Grid*

Tabel berikut ini merupakan hasil pengukuran sistem PLTS off grid yang dilakukan pada siang hari. Hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Data hasil pengukuran arus, tegangan dan daya PLTS (*off grid*)

No	Jam	Intensitas Cahaya (lux)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	Kesimpulan
1	9:00	185051	14,71	2,133	31,37643	cerah
2	9:30	196700	14,75	1,862	27,4645	cerah
3	10:00	234900	14,31	3,142	44,96202	cerah
4	10:30	244500	14,71	3,381	49,73451	cerah
5	11:00	258750	14,77	3,521	52,00517	cerah
6	11:30	194600	14,76	3,383	49,93308	cerah
7	12:00	266000	14,39	3,76	54,1064	cerah
8	12:30	195020	14,51	3,649	52,94699	cerah
9	13:00	291430	14,23	3,831	54,51513	cerah
10	13:30	271100	14,43	3,712	53,56416	cerah
11	14:00	248900	14,44	3,683	53,18252	cerah
12	14:30	294510	14,27	3,827	54,61129	cerah
13	15:00	198643	14,51	3,786	54,93486	cerah
14	15:30	178000	14,46	3,692	53,38632	cerah
15	16:00	100560	14,44	3,411	49,25484	cerah
16	16:30	99120	14,2	3,192	45,3264	cerah
17	17:00	98100	13,41	2,512	33,68592	cerah
Tegangan rata-rata				14,439		
Arus rata-rata				3,322		
Daya rata-rata				47,940		

Tabel 2 diatas menunjukkan data hasil pengukuran jika hanya menggunakan PLTS (*off grid*). Pengukuran dilakukan pada saat kondisi cuaca cerah dimana rata-rata daya yang dihasilkan sebesar 47.940 Watt.

IV. KESIMPULAN

1. Potensi energi listrik keseluruhan yang dibangkitkan PLTH sebagai cadangan energi sebesar 6.419 kWh/tahun. Faktor cuaca menjadi penentu daya yang dihasilkan pembangkit. PLTH (Surya – Angin) dapat memberikan energi terbarukan sebesar 87,4% dari jumlah energi listrik yang didapatkan.
2. Biaya investasi yang digunakan untuk membangun sebuah PLTH (Surya – Angin) sebesar Rp. 276.513.853 dan itu sudah termasuk biaya peralatan selama 25 tahun.
3. Biaya energi produksi listrik yang dikeluarkan untuk per kWh dari pembangkit sebesar Rp. Rp. 379,20/kWh dibandingkan harga listrik dari PLN sebesar Rp.1.352/kWh.
4. Pembangunan PLTH (Surya – Angin) ini tidak layak karena rata – rata kecepatan angin dilokasi 2,50 m/s sehingga perputaran turbin tidak efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Saodah and R. Amalia, “Perancangan Pembangkit Hybrid Angin-Surya Di Desa Parangtritis Yogyakarta,” *J. Tek. Energi*, vol. 3, no. 2, pp. 243–249, 2013.
- [2] T. Suhartanto, “Tenaga Hibrid (Angin dan Surya) di Pantai Baru Pandansimo Bantul Yogyakarta,” vol. 3, no. 1, pp. 76–82, 2014.
- [3] A. T. Rendah, “Jurnal Ilmiah Widya Teknik,” vol. 15, pp. 112–126, 2016.
- [4] I. Hanggara, “POTENSI PLTMH (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO) DI KECAMATAN NGANTANG KABUPATEN,” vol. 2, no. 2, pp. 149–155, 2017.
- [5] A. Soba, V. A. South, and H. S. Kolibu, “Optimasi Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) di Pulau Bunaken Menggunakan Software HOMER,” *J. MIPA*, vol. 3, no. 2, pp. 7–12, 2019.
- [6] D. Hidayanti, G. Dewangga, P. Yoreniko M.P, I. Sarita, F. G. Sumarno, and W. Purwati W, “RANCANG BANGUN PEMBANGKIT HYBRID TENAGA ANGIN DAN SURYA DENGAN PENGGERAK OTOMATIS PADA PANEL,” vol. 15, no. 3, 2019.
- [7] A. Erliansyah, A. Hiendro, and Purwoharjo, “Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Surya-Genset Pada Kantor Gubernur Kalimantan Barat,” 2018.
- [8] I. K. Bachtiar and M. Syafik, “Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga menggunakan Software HOMER untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam,” *J. Sustain.*, vol. 5, no. 02, 2016.