

STUDI POTENSI DAN ANALISIS EKONOMI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRID DI PULAU BAHULUANG KECAMATAN BONTOSIKUYU, KABUPATEN KEPULAUAN SELAYAR

Andareas Pangkung, Apollo¹⁾, Arham Muhazzaf, Abdul Rahim²⁾

Abstrak: Pulau Bahuluang merupakan salah satu daerah yang terpisah dari daratan Kabupaten Kepulauan Selayar yang dalam pemenuhan akan kebutuhan listrik tidak mendapat pasokan listrik dari PLN (*Pelayanan Listrik Nasional*) Selayar. Kebutuhan listrik sehari-hari diperoleh dari generator diesel yang dioperasikan hanya 5 jam per hari dikarenakan biaya operasional yang tinggi pada bahan bakar, itupun dengan harga solar bersubsidi. Struktur pulau Bahuluang yang sebagian besar terdiri dari hamparan dan sabana yang cukup luas serta titik koordinat dari pulau tersebut menyebabkan pulau ini dilalui angin barat dan angin timur yang cukup berpotensi untuk dimanfaatkan dimana rata-rata kecepatan angin pertahun di Pulau Bahuluang yang bisa dimanfaatkan sebesar 7,89 m/s (*Dinas Pertambangan dan Energi Kab. Kep. Selayar*) serta rata-rata potensi intensitas radiasi matahari pertahun di pulau Bahuluang yang bisa dimanfaatkan sebesar 6 kWh/m²/d dari situs internet (*Solar and Wind Energy Resource Assesment*). Studi ini mengusulkan pembangkit listrik hibrida di pulau tersebut yang terdiri atas PV (*Photo Voltaic*) dan WT (*Wind Turbine*) serta Generator Diesel agar dapat memenuhi kebutuhan listrik 24 jam. Software HOMER (*Hybrid Optimization Model for Electric Renewable*) digunakan untuk simulasi dan analisis dengan tujuan menghasilkan perencanaan pembangkit listrik hibrida yang optimal di Pulau Bahuluang mengacu pada NPC (*Net Present Cost*), modal awal dan biaya operasional. Hasil simulasi menunjukkan Produksi dan konsumsi energi (*kWh/tahun*) dari PV (*Photo Voltaic*) sebesar 22,70% dan WT (*Wind Turbine*) sebesar 13,51% setidaknya dapat menurunkan biaya operasional dibanding sistem hanya menggunakan Generator Diesel.

Kata Kunci : Energi Terbarukan, Pembangkit listrik hibrida, HOMER.

I. PENDAHULUAN

Sistem pembangkit listrik tenaga hibrida (PLTH-SBD) adalah suatu sistem pembangkit listrik dengan menggunakan beberapa sumber energi, seperti misalnya sumber energi matahari dengan diesel, sumber energi matahari dengan angin dan diesel serta *mikrohydro*.

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) merupakan salah satu teknologi yang terus berkembang dan dikembangkan dimana Hybrid System atau PLTH (Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid) merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan PLN atau PLTD. PLTH ini memanfaatkan renewable energy atau energi terbarukan yang dikombinasikan dengan Diesel Generator.

Kabupaten Kepulauan Selayar adalah sebuah kabupaten yang terletak paling ujung dari Provinsi Sulawesi Selatan dan merupakan gugusan kepulauan

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

² Alumni Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

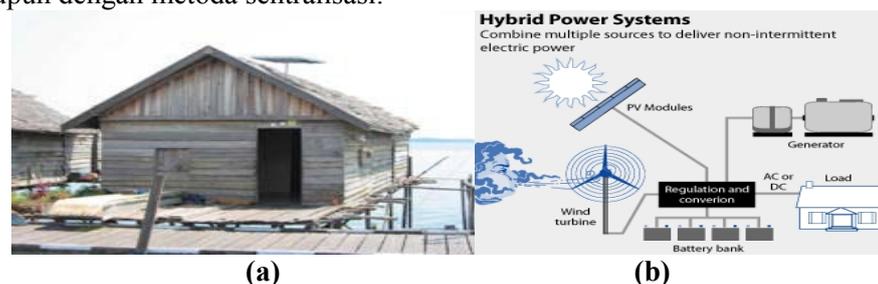
dengan pulau Selayar sebagai pulau utama. Salah satu dari pulau-pulau tersebut yakni pulau Bahuluang. Pulau bahuluang merupakan suatu pulau yang terletak pada Koordinat : $6^{\circ} 28' 49.449''$ LS dan $120^{\circ} 25' 39.645''$ BT. Struktur pulau Bahuluang yang sebagian besar terdiri dari hamparan dan sabana yang luas serta titik kordinat dari pulau tersebut menyebabkan pulau ini selalu dilalui angin barat dan angin timur yang cukup berpotensi untuk dimanfaatkan dimana rata-rata kecepatan angin pertahun di Pulau Bahuluang yang bisa dimanfaatkan sebesar $7,89$ m/s (*Dinas Pertambangan dan Energi Kab. Kep. Selayar*) serta rata-rata potensi intensitas radiasi matahari pertahun di pulau Bahuluang yang bisa dimanfaatkan sebesar 6 kWh/m²/d dari situs internet (*Solar and Wind Energy Resource Assesment*).

Dalam pemenuhan kebutuhan listrik masyarakat di pulau Bahuluang untuk saat ini masih sangat minim, hal ini bisa dilihat dengan dimana pemakaian listrik dipulau ini hanya dapat di gunakan selama 6 jam dari pukul 17:00 – 22:00. Pembangkit listrik yang tersedia merupakan pembangkit listrik tenaga diesel, harga bahan bakar yang kian terus meningkat dan sulitnya distribusi ke pulau ini merupakan faktor utama dari masalah tersebut.

Berdasarkan permasalahan yang ada yaitu terbatasnya penyediaan energi listrik di Pulau Bahuluang serta tersedianya potensi energi terbarukan maka, di perlukannya studi potensi dan analisis ekonomi dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) dengan memanfaatkan energi angin dan energi matahari sebagai energi terbarukan dalam pembangkitan energi listrik bagi masyarakat di pulau Bahuluang Kabupaten Kepulauan Selayar.

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu teknologi pembangkit yang mengkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC (*direct current*), yang dapat diubah menjadi listrik AC (*Alternating current*) apabila diperlukan. PLTS pada dasarnya adalah pecatu daya dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun hibrid. Dengan metode desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metoda sentralisasi.



Gambar 1. (a) PLTS *Stand Alone* (b) PLTS *Hybrid* dengan Generator dan *Wind* Sumber : <http://www.azetsurya.com/info.php>

B. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin (PLTB)

Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau sering juga disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah pembangkit yang memanfaatkan energi kinetik angin yang masuk ke dalam area efektif turbin untuk memutar baling-baling/kincir angin, kemudian energi putar ini diteruskan ke generator untuk membangkitkan energi listrik. Teknologi PLTB saat ini dapat mengubah energi

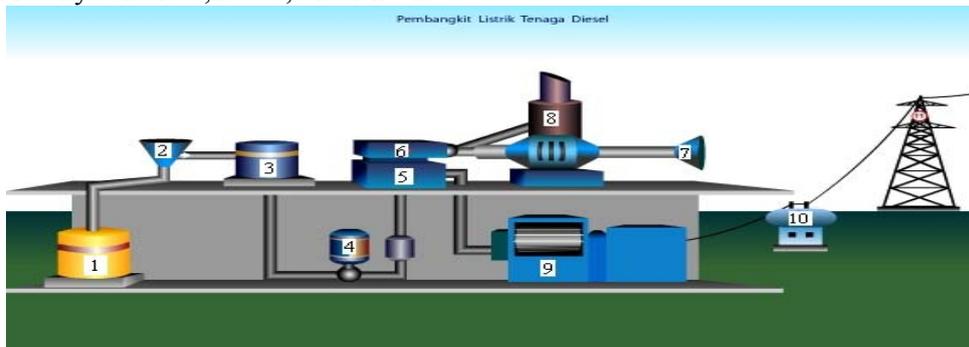
gerak angin menjadi energi listrik dengan efisiensi rata-rata sebesar 40%. Efisiensi 40% ini disebabkan karena akan selalu ada energi kinetik yang tersisa pada angin karena angin yang keluar dari turbin tidak mungkin mempunyai kecepatan sama dengan nol.



Gambar 2. Tower PLTB (kiri) *Guyed* (Tengah) *Lattice* (kanan) *Mono-structure*

C. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) atau generator diesel merupakan sumber energi listrik konvensional. Generator diesel mengubah energi hasil pembakaran bahan bakar Diesel (Solar) menjadi energi listrik, sehingga sumber pembangkit listrik tenaga diesel biasa juga disebut sebagai sumber energi fosil. Dalam pengoptimalan kinerja PLTD dalam sistem PLTH perlu diperhatikan karakteristik operasi PLTD terutama yang berkaitan dengan pemakaian bahan bakar solar. Efisiensi penggunaan bahan bakar solar pada PLTD dilihat dari karakteristik *Specified Fuel Consumption* (SFC), yaitu besarnya atau volume bahan bakar yang digunakan untuk dapat menghasilkan energi dengan nilai tertentu pada PLTD. Nilai SFC tergantung pada efisiensi *engine* dan berapa persen daya yang dipikul oleh *engine* terhadap kapasitas maksimumnya. Nilai SFC untuk PLTD biasanya antara 0,25 – 0,5 liter/kWh.



Gambar 3. Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
 Sumber: <http://www.pln.co.id/Info Umum/Electricity Evocation>

D. Perangkat Lunak HOMER

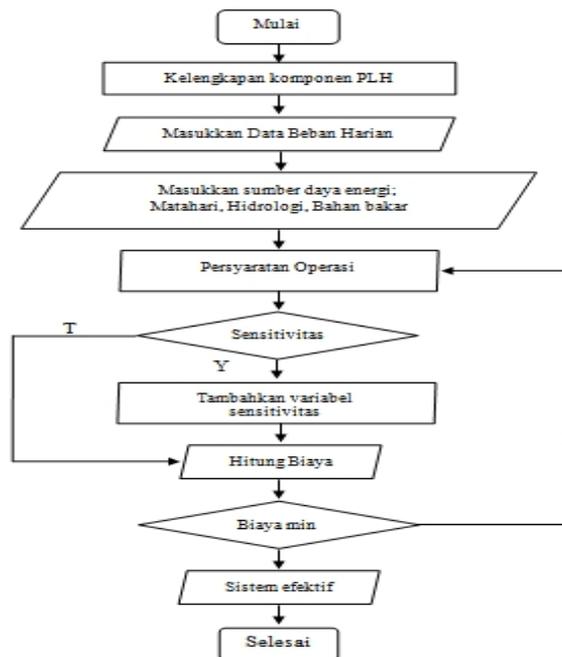
Homer (*The Hybrid Optimisation Model For Electric Renewables*), salah satu tool yang digunakan untuk desain sistem pembangkit listrik menggunakan energi terbarukan. *Homer* dikembangkan oleh National Renewable Energy Laboratory (NREL). Pada umumnya digunakan untuk PLTH (Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid). *Homer* mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik stand alone maupun grid-connected (Tandipau, 2013).

131 *Andareas Pangkung, Apollo, Arham Muhazzaf, Abdul Rahim, Studi Potensi dan Analisis Ekonomi pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Bahuluang Kecamatan Bontosikuyu, Kabupaten Kepulauan Selayar*

E. Perhitungan Ekonomi Pembangkit Listrik

Setiap pembangunan sistem pembangkit selalu memperhitungkan biaya investasi, sehingga diperlukan data – data yang akurat tentang berbagai komponen PLTH. Biaya investasi dapat dikelompokkan atas beberapa komponen. Untuk mempermudah perhitungannya di kelompokkan menjadi dua komponen yaitu biaya modal dan biaya tahunan (Kodati J,R 1996) .

II. METODE PENELITIAN



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Studi Potensi dan Analisis Ekonomi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di lakukan di Pulau Bahuluang Kabupaten Kepulauan Selayar. Adapun waktu penelitian dilakukan selama enam bulan, yaitu mulai pada bulan Oktober 2014 sampai dengan Maret 2015.

B. Alat Penelitian

Adapun alat penelitian yang akan dipergunakan pada penelitian ini berupa Anemometer, Piranometer (Solarimeter), Seperangkat *Laptop/Notebook*, Perangkat lunak *Homer Pro* dan *Microsoft Word 2010*, dan Seperangkat peralatan alat tulis menulis

C. Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, ada lima tahapan utama yang dilakukan, yaitu:

1. Studi Literatur

Untuk tahap ini, peneliti mengidentifikasi masalah sesuai dengan topik yang akan dibahas serta menentukan data-data yang di butuhkan bersamaan dengan arahan dari dosen pembimbing.

2. Studi Lapangan

Pada tahap ini, peneliti melakukan identifikasi lokasi untuk potensi pembangkit yang layak untuk lokasi penelitian.

3. Perencanaan Teknis

Untuk tahap ini, peneliti mencari data-data dan informasi yang dibutuhkan secara:

- Kuantitatif, yaitu dengan menggunakan data sekunder. Data dan informasi yang diambil menggunakan metode ini dilakukan dengan membaca referensi dari jurnal, artikel, dan buku yang berhubungan dengan objek penelitian dan pengumpulan data dari perusahaan yang terkait.
- Kualitatif, yaitu dengan menggunakan data primer. Data dan informasi yang diambil melalui metode ini dengan menggunakan wawancara dengan pihak-pihak yang terkait dengan objek penelitian serta pengambilan data secara langsung dengan melakukan pengukuran dan pencatatan.

4. Perencanaan Biaya dan Analisis Ekonomi dengan bantuan perangkat lunak *Homer*.

Dalam tahap ini, peneliti melakukan proses perancangan model keuangan dengan mendasarkan pada kebutuhan akan laporan-laporan yang berguna untuk menjawab tingkat kelayakan proyek ini. Setelah itu, peneliti melakukan validasi untuk pengecekan kesesuaian hasil penggunaan model keuangan sehingga pada akhirnya akan diperoleh hasil yang menjawab tujuan penelitian ini.

5. Pengujian

Pada tahap ini, peneliti melakukan pengujian dengan mengolah data yang diperoleh dari lokasi penelitian dengan menginput nilai-nilai. Kemudian melakukan perbandingan dengan pembangkit yang telah ada.

6. Penarikan Kesimpulan Penelitian

Untuk tahap ini, peneliti menarik kesimpulan dari hasil penelitian dan analisis. Peneliti juga memberikan saran dan masukan terkait untuk perbaikan kedepannya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Profil Beban

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh Asumsi Jumlah Beban Keseluruhan yang akan dilayani pada Pulau Bahuluang dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. *Asumsi* Jumlah Beban Keseluruhan yang akan dilayani

NO.	Jenis Pembebanan	Daya (W)
1.	Rumah Penduduk (80 Buah Rumah)	36.800
2.	Rumah PLTH	304
3.	Rumah Ibadah (Masjid)	470
4.	Gedung Sekolah Dasar (SD)	492
5.	Gedung Kantor Desa	456
6.	Gedung Puskesmas Pembantu (PUSTU)	368
Total Daya		38.890 W

Jadi daya maksimum yang didapatkan pada semua beban yang ada pada Pulau Bahuluang melalui studi beban ini sebesar 38.890 Watt atau 38,890 KW.

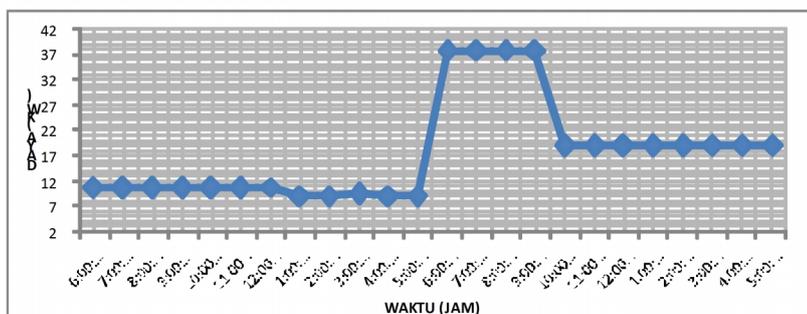
Dengan pengelompokan daya terpasang di Pulau Bahuluang maka perhitungan pemakaian daya, energi dan waktu pemakaian dapat dikelompokkan seperti dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perkiraan Konsumsi Energi dan Waktu Konsumsinya Berdasarkan pemakaian perjamnya

Waktu Penggunaan	Rumah (kW)	Rumah PLTH (kW)	Masjid (kW)	Gedung SD (kW)	Gedung Kantor Desa (kW)	Gedung PUSTU (kW)	Konsumsi Daya (kW)	Konsumsi Energi (kWh)
06.00-07.00	9,200	0,152	-	0,492	0,456	0,368	10,668	10,668
07.00-08.00	9,200	0,152	-	0,492	0,456	0,368	10,668	10,668
08.00-09.00	9,200	0,152	-	0,492	0,456	0,368	10,668	10,668
09.00-10.00	9,200	0,152	-	0,492	0,456	0,368	10,668	10,668
10.00-11.00	9,200	0,152	-	0,492	0,456	0,368	10,668	10,668
11.00-12.00	9,200	0,152	-	0,492	0,456	0,368	10,668	10,668
12.00-13.00	9,200	0,152	0,070	0,492	0,456	0,368	10,738	10,738
13.00-14.00	9,200	0,152	-	-	-	-	9,352	9,352
14.00-15.00	9,200	0,152	-	-	-	-	9,352	9,352
15.00-16.00	9,200	0,152	0,070	-	-	-	9,422	9,422
16.00-17.00	9,200	0,152	-	-	-	-	9,352	9,352
17.00-18.00	9,200	0,152	-	-	-	-	9,352	9,352
18.00-19.00	36,800	0,304	0,470	0,025	0,023	0,074	37,696	37,696
19.00-20.00	36,800	0,304	0,470	0,025	0,023	0,074	37,696	37,696
20.00-21.00	36,800	0,304	0,470	0,025	0,023	0,074	37,696	37,696
21.00-22.00	36,800	0,304	0,470	0,025	0,023	0,074	37,696	37,696
22.00-23.00	18,400	0,304	0,141	0,025	0,023	0,074	18,967	18,967
23.00-00.00	18,400	0,304	0,141	0,025	0,023	0,074	18,967	18,967
00.00-01.00	18,400	0,304	0,141	0,025	0,023	0,074	18,967	18,967
01.00-02.00	18,400	0,304	0,141	0,025	0,023	0,074	18,967	18,967
02.00-03.00	18,400	0,304	0,141	0,025	0,023	0,074	18,967	18,967
03.00-04.00	18,400	0,304	0,141	0,025	0,023	0,074	18,967	18,967
04.00-05.00	18,400	0,304	0,141	0,025	0,023	0,074	18,967	18,967
05.00-06.00	18,400	0,304	0,141	0,025	0,023	0,074	18,967	18,967
Perkiraan Total Konsumsi Energi Selama 24 Jam								424,096

Berdasarkan rekapitulasi diatas maka diperoleh :

- Perkiraan pemakaian energi listrik dalam 1 hari (24 jam) sebesar **424,096 kWh**.
- Perkiraan daya beban puncak pada siang hari sebesar **10,738 kW**.
- Perkiraan daya beban puncak pada malam hari sebesar **37,696 kW**.



Gambar 5. Kurva Beban Harian Pada Pulau Bahuluang

B. Potensi Kecepatan Angin

Dari hasil penelitian dan pengukuran secara langsung di lokasi penelitian pada bulan oktober 2014 dengan menggunakan anemometer selama beberapa jam di pulau Bahuluang, didapatkan kecepatan angin rata – rata 6,5 m/s, itu dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data Pengukuran Kecepatan angin di pulau Bahuluang

Hari Ke	Waktu (Jam)										
	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Kecepatan Angin (m/s)											
1	8,2	3,5	6,2	5,7	4,3	5,5	8,7	6,3	8,9	8,1	6,4
2	7,7	6,1	8,5	9,2	5,1	7,3	7,7	9,1	5,6	7,9	5,8

Kecepatan angin rata – rata tiap bulannya di Kabupaten Kepulauan Selayar tidak jauh berbeda dengan pulau Bahuluang, sehingga untuk melakukan analisa terhadap potensi energi angin di pulau Bahuluang tidak cukup waktu selama enam bulan untuk mendapatkan kecepatan angin rata – rata setiap tahunnya, oleh karena itu peneliti mengambil data dari pihak Dinas ESDM Kab. Kep. Selayar.sebagai bahan referensi dalam pengolahan data.

Kecepatan angin rata-rata tiap bulannya di pulau Bahuluang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Kecepatan Angin Rata – Rata Tiap Bulan di Pulau Bahuluang

Bulan	Kecepatan Angin (m/s)	Bulan	Kecepatan Angin (m/s)
Januari	9,28	Juli	11,05
Februari	5,05	Agustus	12,96
Maret	3,76	September	6,69
April	3,93	Oktober	7,52
Mei	5,33	November	8,96
Juni	9,39	Desember	10,34

Sumber : Dinas ESDM Kab. Kep. Selayar.

C. Potensi Energi Matahari Pulau Bahuluang

Pengambilan data intensitas radiasi matahari dapat dilakukan dengan melakukan pengambilan data secara langsung dilokasi maupun dengan menggunakan perangkat lunak Homer, Pada penelitian ini, peneliti mengambil data melalui perangkat lunak Homer yang terkoneksi dengan jaringan internet. Untuk mendapatkan data intensitas radiasi matahari pada perangkat lunak Homer cukup dengan memasukkan titik koordinat pulau Bahuluang, dimana titik koordinatnya adalah : 6° 28' 49.449" LS dan 120° 25' 39.645" BT. Berdasarkan hal tersebut, maka intensitas radiasi matahari mencapai rata – rata setiap tahunnya 5,99 kWh/m²/h dengan rata – rata setiap bulannya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Intensitas Radiasi Matahari Pulau Bahuluang

Bulan	Intensitas Radiasi Matahari (kWh/ m ² /d)	Bulan	Intensitas Radiasi Matahari (kWh/ m ² /d)
Januari	5,20	Juli	5,71
Februari	5,37	Agustus	6,48
Maret	6,12	September	7,18
April	5,84	Oktober	7,14

135 *Andareas Pangkung, Apollo, Arham Muhazzaf, Abdul Rahim, Studi Potensi dan Analisis Ekonomi pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Bahuluang Kecamatan Bontosikuyu, Kabupaten Kepulauan Selayar*

Mei	5,70	November	6,41
Juni	5,41	Desember	5,35

Sumber: NASA Surface Meteorology and Solar Energy Database

D. Hasil Simulasi *Homer* dan Perencanaan PLTH

Berdasarkan data-data yang telah dimasukkan maka didapatkan beberapa hasil optimal dan yang paling terbaik yakni pada kondisi pertama. Simulasi menggunakan program *Homer* didapatkan hasil terbaik dalam pemodelan sistem yang akan diterapkan pada perencanaan PLTH. Dimana persentase komposisi pembangkit dan jumlah komponen yang akan direncanakan yakni : PLTS sebesar 22 kW, PLTB sebesar 9 kW. PLTD sebesar 18 kW. Baterai 1 kWh sebanyak 200 buah, Inverter 48 Volt 25 kW.

Total daya yang dibangkitkan berdasarkan hasil simulasi yakni sebesar 49 kW hal tersebut ditinjau dari *persentase capacity factor* pada pembangkit terbaharukan yang sangat kecil. Persentase pembangkitan konvensional (PLTD) telah merupakan paling minimal dari hasil simulasi.

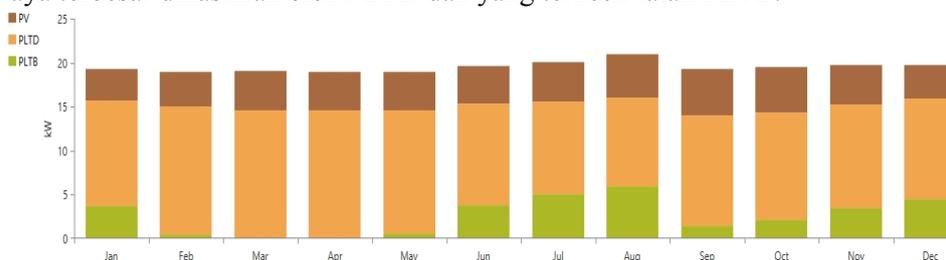
a. Kelistrikan

Data-data kelistrikan yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel produksi dan konsumsi dibawah :

Tabel 6. Produksi dan konsumsi energi (kWh/tahun)

Production	kWh/yr	%	Consumption	kWh/yr	%
PLTS Generic flat plate PV	38,794	22.70	AC Primary Load	154,769	100.00
PLTD	109,022	63.79	DC Primary Load	0	0.00
PLTB 3 kW	23,092	13.51	Total	154,769	100.00
Total	170,909	100.00			

Data produksi daya listrik setiap bulannya dapat dilihat pada gambar 6 . Daya terbesar dihasilkan oleh PLTD dan yang terkecil ialah PLTB.



Gambar 6. Grafik rata-rata produksi listrik setiap bulan

b. Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

PLTD atau Generator – Set adalah suatu pembangkit yang mempunyai keandalan yang tinggi, sehingga pada suatu sistem pembangkit listrik yang merupakan penggabungan antara beberapa jenis pembangkit dalam hal ini Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) dalam kondisi beban puncak, maka yang mensuplai daya adalah PLTD atau Generator – Set.

Berdasarkan hasil simulasi *Homer* diperoleh hasil optimal untuk kapasitas PLTD yakni sebesar 18 kW. Spesifikasi dan harga PLTD yang digunakan yakni tersedia pada lampiran. Data-data yang operasi PLTD dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 7. Data-data operasi PLTD hasil simulasi *Homer*

Quantity	Value	Units
Hours of Operation	6,206.00	hrs/yr
Number of Starts	376.00	starts/yr
Operational Life	2.42	yr
Capacity Factor	69.14	%
Fixed Generation Cost	1.66	\$/hr
Marginal Generation Cost	0.17	\$/kWh

Tabel 8. Data-data produksi listrik PLTD hasil simulasi *Homer*

Quantity	Value	Units
Electrical Production	109,022.00	kWh/yr
Mean Electrical Output	17.57	kW
Minimum Electrical Output	4.50	kW
Maximum Electrical Output	18.00	kW

Tabel 9. Data-data konsumsi bahan bakar PLTD hasil simulasi *Homer*

Quantity	Value	Units
Fuel Consumption	36,541.00	L/yr
Specific Fuel Consumption	0.34	L/kWh
Fuel Energy Input	359,566.00	kWh/yr
Mean Electrical Efficiency	30.32	%

c. Kapasitas Daya Modul Surya

Berdasarkan hasil optimasi oleh program *Homer* bahwa keadaan sistem yang paling optimal dihasilkan kapasitas PLTS yang direncanakan yakni 22 kW. Sehingga dengan memakai modul surya kapasitas 300 Wp merk *shinyoku polycrystalline*, maka dibutuhkan modul surya sebanyak 74 Unit.

Berdasarkan hasil simulasi didapatkan capacity factor 20,13 % sesuai dengan output daya yang dihasilkan tiap harinya. Data-data yang dihasilkan PLTS dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Data energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS hasil simulasi *Homer*

Quantity	Value	Units	Quantity	Value	Units
Rated Capacity	22.00	kW	Minimum Output	0.00	kW
Mean Output	4.43	kW	Maximum Output	21.19	kW
Mean Output	106.29	kWh/d	PV Penetration	25.06	%
Capacity Factor	20.13	%	Hours of Operation	4,380.00	hrs/yr
Total Production	38,794.00	kWh/yr	Levelized Cost	0.14	\$/kWh

d. Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Daya yang akan dibangkitkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah 9 kW berdasarkan hasil simulasi *Homer* pada keadaan sistem yang paling optimal. Turbin yang digunakan yakni sebanyak 3 buah dengan kapasitas 3 kW merk *Hummer*.

Pada PLTB *capacity factor* yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan PLTS yakni 29,29% hal ini disebabkan sumber angin yang cenderung kontinuu dalam menghasilkan daya listrik. Data-data selengkapnya dapa dilihat pada tabel dibawah ini :

137 *Andareas Pangkung, Apollo, Arham Muhazzaf, Abdul Rahim, Studi Potensi dan Analisis Ekonomi pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Bahuluang Kecamatan Bontosikuyu, Kabupaten Kepulauan Selayar*

Tabel 11. Data-data PLTS hasil simulasi *Homer*

Quantity	Value	Units	Quantity	Value	Units
Total Rated Capacity	9.00	kW	Minimum Output	0.00	kW
Mean Output	2.64	kW	Maximum Output	9.00	kW
Capacity Factor	29.29	%	Wind Penetration	14.92	%
Total Production	23,092.00	kWh/yr	Hours of Operation	7,618.00	hrs/yr
			Levelized Cost	0.23	\$/kWh

e. Baterai

Berdasarkan hasil simulasi *Homer*, baterai yang digunakan yakni sebanyak 200 buah tegangan nominal 12 Volt merk generic 1 kWh lead acid. Baterai tersebut digunakan bersama dengan PLTB dalam satu sistem. Tegangan baterai akan disusun parallel disesuaikan dengan keluaran CBR. Spesifikasi dan harga baterai yang digunakan yakni tersedia pada lampiran. Data-data penggunaan baterai generic lead acid dapat kita lihat pada tabel 12.

Tabel 12. Penggunaan baterai hasil simulasi *Homer*

Quantity	Value	Units	Quantity	Value	Units
Nominal Capacity	200.00	kWh	Energy In	35,349.00	kWh/yr
Usable Nominal Capacity	120.00	kWh	Energy Out	28,345.00	kWh/yr
Autonomy	6.79	hr	Storage Depletion	73.85	kWh/yr
Lifetime Throughput	800.00	kWh	Losses	6,929.70	kWh/yr
Battery Wear Cost	0.42	\$/kWh	Annual Throughput	31,691.00	kWh/yr
Average Energy Cost	0.15	\$/kWh	Expected Life	5.05	yr

f. Inverter

Spesifikasi inverter harus sesuai dengan *Battery Charge Regulator (BCR)* yang digunakan. Tegangan keluaran (*output*) dari inverter yang tersambung ke beban adalah 220 VAC. Berdasarkan hasil simulasi *Homer*, inverter yang digunakan yakni sebanyak 25 kW dengan kapasitas merk *leonics STP219CPH*. Karena yang tersedia hanya *leonics 15 kW* sehingga 10 kW menggunakan inverter *Power-One Aurora*. Inverter tersebut digunakan bersama PLTS dalam satu sistem. Spesifikasi dan harga baterai yang digunakan yakni tersedia pada lampiran. Data-data penggunaan inverter *Leonics STP219CPH* dapat kita lihat dibawah ini :

Tabel 13. Penggunaan inverter hasil simulasi *Homer*

Quantity	Inverter	Rectifier	Units	Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Capacity	25.00	24.00	kW	Hours of Operation	7,032.00	1,718.00	hrs/yr
Mean Output	6.53	1.23	kW	Energy Out	57,176.00	10,744.00	kWh/yr
Minimum Output	0.00	0.00	kW	Energy In	59,559.00	11,430.00	kWh/yr
Maximum Output	21.40	8.50	kW	Losses	2,382.50	685.81	kWh/yr
Capacity Factor	26.11	6.13	%				

g. Battery Charge Regulator (BCR)

Berdasarkan spesifikasi panel surya yang digunakan yakni :

- Pmax (max. power) = 300 Wp x 74 panel = 22,2 kWp
- Vmp (max power voltage) = 36,2 Volt
- Voc (open circuit voltage) = 43,4 Volt

Spesifikasi input BCR *Leonics Salarcon SCB 48120 (L)* berdasarkan konfigurasi yang diizinkan yakni :

- Max PV Power = 6.600 Wp
- Vmp (max power voltage) = 64 - 116 Volt
- Voc (open circuit voltage) = ≤145 Volt

Sehingga jenis BCR untuk PLTS yang kami gunakan yakni *Leonics Salarcon SCB 48120 (L)* sebanyak 4 buah. Sedangkan Berdasarkan spesifikasi turbin yang digunakan sehingga yakni :

- P = 3 kW x 3 Turbin = 9 kW
- I = 21,4 A
- V = 140 VDC

Sehingga untuk PLTB diperlukan 2 buah BCR *Leonics Salarcon SCB 48120 (L)*.

h. Perincian Biaya

Biaya-biaya yang digunakan oleh semua komponen (sistem) selama 25 Tahun ditampilkan pada tabel dibawah :

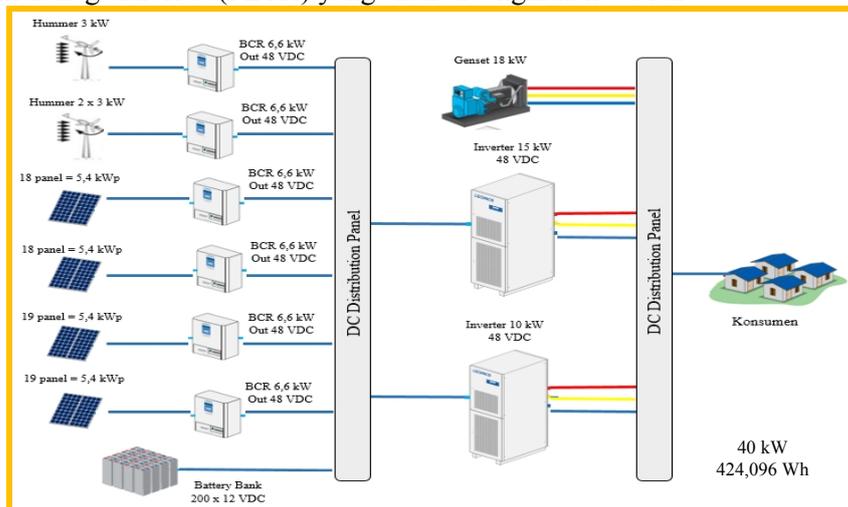
Tabel 14. Perincian Biaya perencanaan PLTH hasil simulasi *Homer*

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
PLTS Generic flat plate PV	\$66,000.00	\$0.00	\$2,844.10	\$0.00	\$0.00	\$68,844.00
PLTB 3 kW	\$54,000.00	\$17,216.00	\$6,980.90	\$0.00	(\$9,702.10)	\$68,494.00
PLTD	\$9,000.00	\$45,489.00	\$43,323.00	\$283,432.00	(\$1,415.80)	\$379,829.00
Baterai Generic 1kWh Lead Acid	\$60,000.00	\$122,810.00	\$25,855.00	\$0.00	(\$694.45)	\$207,970.00
Converter	\$15,000.00	\$13,252.00	\$0.00	\$0.00	(\$1,796.70)	\$26,455.00
System	\$204,000.00	\$198,766.00	\$79,003.00	\$283,432.00	(\$13,609.00)	\$751,592.00

Berdasarkan tabel diketahui bahwa biaya total sistem \$751.592, dimana biaya lebih besar berasal dari biaya bahan bakar PLTD dan baterai untuk PLTS.

E. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH)

Berdasarkan data-data yang telah diperoleh, maka skematik Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) yang akan dibangkitkan adalah :



Gambar 7. Skematik rencana penerapan PLTH pada Pulau Bahuluang

F. Analisis Finansial

Berdasarkan hasil simulasi *Homer* total konsumsi energi pertahun yakni sebesar 154.769 kWh/tahun sehingga dapat ditentukan biaya per kWh berdasarkan

139 *Andreas Pangkung, Apollo, Arham Muhazzaf, Abdul Rahim, Studi Potensi dan Analisis Ekonomi pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Bahuluang Kecamatan Bontosikuyu, Kabupaten Kepulauan Selayar*

pengeluaran pertahun. Hasil simulasi *Homer* didapatkan total pengeluaran selama 25 Tahun sebesar \$751.592 sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Pengeluaran per tahun} &= \frac{751.592}{25} \\ &= \$30.064 \end{aligned}$$

Jadi biaya energi/kWh:

$$\begin{aligned} \text{Biaya per kWh} &= \frac{\text{Biaya Pengeluaran pertahun}}{\text{Total energi per tahun}} \\ &= \frac{30.064}{154.769} \\ &= \$0,19/\text{kWh} \\ &= \text{Rp. 2.812/kWh} (\$1 = \text{Rp. 14.800}) \end{aligned}$$

Sehingga biaya per/kWh yang harus dijual ke PLN agar perencanaan dapat terlaksanakan yakni ($\text{NPV} \geq 0$). Kami mencoba menghitung dengan memasukkan nilai jual per kWh sebesar Rp. 3.500 sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan/kWh} &= \text{Nilai jual ke PLN (Rp/kWh)} - \text{Biaya Produksi (Rp/kWh)} \\ &= \text{Rp. 3.500} - \text{Rp. 2.812} \\ &= \text{Rp. 688 / kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan per tahun} &= (\text{Keuntungan/kWh}) \times \text{Total energi per tahun} \\ &= 688 \times 154.769 \\ &= \text{Rp. 106.481.072} \end{aligned}$$

a. Menghitung NPV

$$\text{NPV} = (\text{Arus kas net} \times \text{faktor diskonto}) - \text{investasi awal}$$

Diketahui data-data :

- Suku bunga dasar kredit korporasi 7 % (*sumber : bi.go.id*) Agustus 2015
- Lama investasi = 25 Tahun
- Investasi awal (total capital cost) = \$204.000 = Rp. 3.019.200.000

Sehingga faktor diskonto selama 25 tahun dengan suku bunga 7% bila pendapatan setiap tahunnya sama ialah 11,65. Nilai tersebut didapatkan berdasarkan interpolasi tabel faktor diskonto. Jadi NPV ialah:

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= (\text{Rp. 106.481.072} \times 11,65) - 3.019.200.000 \\ &= \text{Rp. -1778.695.511 (tidak layak)} \end{aligned}$$

b. Menghitung IRR

Diketahui data-data :

- Suku Bunga rendah = 6%
- Suku Bunga Tinggi = 8%
- Faktor diskonto rendah (6%) = 12,78
- Faktor diskonto tinggi (8%) = 10,67

$$\text{Internal Rate of Return (IRR)} = \text{Ir} + \{ \text{NPVr} / (\text{NPVr} - \text{NPVt}) \} (\text{It} - \text{Ir})$$

Dimana :

- Ir = Suku Bunga rendah (%)
- It = Suku Bunga tinggi (%)
- IRR = (%)
- NPVr = PV bunga rendah
- NPVt = PV bunga tinggi

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{NPVr} &= (\text{Arus kas net} \times \text{faktor diskonto rendah}) - \text{investasi awal} \\ &= (\text{Rp. 106.481.072} \times 12,78) - 3.019.200.000 \\ &= \text{Rp. -1.658.371.900} \end{aligned}$$

$$\text{NPVt} = (\text{Arus kas net} \times \text{faktor diskonto tinggi}) - \text{investasi awal}$$

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Rp. } 106.481.072 \times 10,67) - 3.019.200.000 \\
 &= \text{Rp. } -1.883.046.962 \\
 \text{IRR} &= I_r + \{ \text{NPV}_r / (\text{NPV}_r - \text{NPV}_t) \} (I_t - I_r) \\
 &= 0,06 + \{ -1.658.371.900 / (-1.658.371.900 - (-1.883.046.962)) \} (0,08 - 0,06) \\
 &= -0,08 \\
 &= -8 \% \text{ (lebih besar dari suku bunga = tidak layak)}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan terlihat bahwa penjualan listrik ke PLN sebesar Rp. 3500 didalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid PLTH dengan kapasitas 49 kW di di pulau Bahuluang Kabupaten Kepulauan Selayar tidak layak dari segi ekonomi. Hal tersebut disebabkan sumber energi yang digunakan yakni energi terbarukan yang mempunyai biaya investasi yang sangat tinggi dan *capacity factor* yang rendah yaitu PLTS dan PLTB. Ditambah lagi menggunakan sumber energi konvensional yakni PLTD yang mempunyai biaya bahan bakar yang tinggi. Berdasarkan perhitungan yang sama diatas NPV dan IRR akan layak apabila penjualan/kWh = Rp. 4.600

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan perencanaan yang telah dilakukan, maka kami kemudia dapat menarik kesimpulan yakni :

1. Total kebutuhan energi listrik untuk Pulau Bahuluang ialah sebesar 38,89 KW atau sekitar 40 KW (Pembulatan).
2. Besarnya batasan daya listrik yang digunakan setiap Rumah, Mesjid, Sekolah dasar, Kantor, dan Pustu ialah sebesar 450 Watt dengan menggunakan MCB (Mini Circuit Breaker) dengan spesifikasi Arus CL (Current Limit) 2.
3. Hasil optimasi dengan menggunakan Homer yakni besarnya perencanaan daya tiap pembangkit ialah :
 - PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sebesar 22 KW
 - PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin) sebesar 9 KW
 - PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) sebesar 18 KW
4. Berdasarkan hasil optimasi Homer, maka didapatkan produksi dan konsumsi energi (kWh/tahun) untuk tiap pembangkit adalah :
 - PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sebesar 38,794 kWh/yr atau 22,70 %
 - PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin) sebesar 23,092 kWh/yr atau 13,51 %
 - PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) sebesar 109, 022 kWh/yr atau 63,79 %
 - Besarnya total biaya investasi yang dikeluarkan dalam kurun waktu 25 tahun PLTH (Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid) ialah sebesar \$751.592 (Telah termasuk biaya Operasi dan Maintenance).
 - Untuk mencapai kelayakan investasi ($\text{IRR} > 7\%$), maka besarnya biaya energi listrik yang dijual ialah sebesar Rp.4.600 /kWh.

B. Saran

1. Diharapkan perencanaan ini dapat diimplementasikan, mengingat di Pulau Bahuluang telah terpasang PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) skala rumah.

- 141 *Andareas Pangkung, Apollo, Arham Muhazzaf, Abdul Rahim, Studi Potensi dan Analisis Ekonomi pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Bahuluang Kecamatan Bontosikuyu, Kabupaten Kepulauan Selayar*
2. Diharapkan ada penelitian lebih lanjut mengenai sumber daya energi surya dan angin di pulau bahuluang (Pengambilan sampel selama 1 tahun) mengingat data yang kami kumpulkan hanya mengacu dari beberapa data yang sampelnya dalam kurun waktu harian saja.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Arash Asrari, Abolfazl Ghasemi, Mohammad Hossein Javidi., (2012). Economic evaluation of hybrid renewable energy system for rural electrification in Iran – A case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 3123-3130.
- Dinas Pertambangan & Energi Kab. Kep. Selayar. 2009. Data kecepatan angin PLTB Selayar. Selayar
- Deepak Kumar Lal, Bibhuti Bhusan Dash, A. K. Akella., (2011). Optimization of PV / Wind / micro-hydro / diesel hybrid power system in HOMER for the study area. *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, vol. 3, no. 3, 307-325.
- Lambert, *at all*. 2006. Micropower System Modelling With HOMER, dalam *Integration of Alternative Sources of Energy*. Ed. Felix A. Farret dan M Godoy Simoes. John Wiley & Sons, Inc.
- RPJMD. 2012. Rencana Pembangunan jangka panjang Menengah. Desa Khusus Bahuluang.
- Rizky, Angga. 2009. *Analisa Hasil Simulasi Homer Untuk Perancangan Sistem Energi Terbarukan Pada BTS (Base Transceiver Station) Pecatu Bali*. Departemen Teknik Elektro FTUI.
- SWERA. 2014. Get Data For HOMER. (Online). (<http://en.openei.org/apps/swera/>, diakses 13 September 2014)
- Tandipau, 2013. *Simulasi Biaya Pada Model Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Pada Pulau Selayar Menggunakan Perangkat Lunak HOMER*. Jurusan Teknik Mesin PNUP.