

PERENCANAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN SUMBER ENERGI TERBARUKAN (HOMER) DI DAERAH PESISIR PANTAI PANGANDARAN

Abil Wali Akbar¹, Nurul Hiron², Nidar Nadrotan³
(Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia)¹²³
Email : abilwaliakbar@gmail.com¹

Abstract

Pangandaran Subdistrict is an area located in the lowlands near the coast, located in the southernmost area of Pangandaran, North: Ciamis Regency, West: Tasikmalaya Regency, South: Indian Ocean, East: Cilacap Regency which is $7^{\circ} 41'56.4''S$ (South Latitude) $108^{\circ} 39'25.2''E$ (East Longitude) and is a major tourist area in Pangandaran Regency. It consists of eight villages with an area of 344,072 hectares with a population density of 20,417 families. The Pangandaran region has the potential for renewable energy namely solar energy, wind energy and sea wave energy based on data obtained from the National Aeronautics and Space Administration (NASA) and the Meteorology, Climatology and Geophysics (BMKG) with an average solar radiation of 4.6 kWh / m² / day, wind speed of 4.42 m / s and sea wave speed of 30.49 m / s, then with the help of the HOMER Energy software, hybrid-based power generation system planning can be. Homer is software used to design an energy system. plan can be plan Homer works based on 3 things, namely simulation, optimization, and synergy analysis, it can be seen the most effective, efficient and optimal combination of power systems.

Keywords: Hybrid Energy, Hybrid Power Plants, OWC, Photovoltaic, Wind Turbine

Abstrak

Kecamatan Pangandaran merupakan kawasan yang berada pada dataran rendah yang dekat dengan pantai terletak daerah paling selatan Pangandaran, Utara : Kabupaten Ciamis, Barat : Kabupaten Tasikmalaya, Selatan : Samudera Hindia, Timur : Kabupaten Cilacap tepatnya yaitu $7^{\circ}41'56.4''S$ (Lintang Selatan) $108^{\circ}39'25.2''E$ (Bujur Timur) dan merupakan daerah wisata utama di Kabupaten Pangandaran. Terdiri dari delapan desa dengan luas wilayahnya sebesar 344,072 hektar dengan kepadatan penduduk mencapai 20.417 kepala keluarga. Wilayah Pangandaran memiliki potensi energi baru terbarukan yaitu energi matahari, energi angin dan energi gelombang laut berdasarkan data yang didapat dari *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dengan rata-rata radiasi matahari 4,6 kWh/m²/hari, kecepatan hembusan angin 4,42 m/s dan kecepatan gelombang laut 30,49 m/s, maka dengan bantuan *software HOMER Energy* dapat dilakukan perencanaan sistem pembangkit listrik berbasis *hybrid*. Homer adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mendesain sebuah sistem energi. Homer bekerja berdasarkan 3 hal, yaitu simulasi, optimasi, dan analisa sensitifitas, dapat diketahui kombinasi power sistem yang paling efektif, efisien dan optimal.

Kata kunci: Hybrid Energy, OWC, Pembangkit Listrik Hibrid, Photovoltaic, Turbin Angin

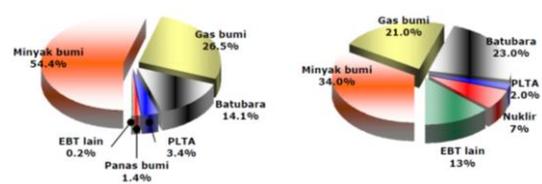
I. PENDAHULUAN

Pangandaran adalah sebuah kecamatan di Kabupaten Pangandaran, Provinsi Jawa Barat Indonesia. Kecamatan ini terletak daerah paling selatan Pangandaran, Utara : Kabupaten Ciamis, Barat : Kabupaten Tasikmalaya, Selatan : Samudera Hindia, Timur : Kabupaten Cilacap tepatnya yaitu $7^{\circ}41'56.4''S$ (Lintang Selatan) $108^{\circ}39'25.2''E$ (Bujur Timur) dan merupakan daerah wisata utama di Kabupaten Pangandaran. Kecamatan Pangandaran terdiri dari delapan desa atau kelurahan yaitu Babakan, Pagergunung, Pananjung, Pangandaran, Purbahayu, Sidomulyo, Sukaurip, dan Wonoharjo yang luas wilayahnya sebesar 344,072 Ha dengan kepadatan penduduk mencapai 20.417 kepala keluarga pada Desember 2018. [1]

II. PENGERTIAN ENERGI

Energi adalah kemampuan melakukan kerja. Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia

pada umumnya terus meningkat karena pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. [2]



Gbr 1. Energi Mix di Indonesia dan di Dunia 2005-2025.[2]

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Pembangkit listrik tenaga *hybrid* merupakan integrasi dari dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda [3]

Dalam penelitian ini integrasi pembangkit listrik yang dipilih adalah pembangkit listrik konvensional yang besumber dari Pembangkit Listrik Negara (PLN) dengan pembangkit listrik berbasis energi baru terbarukan (*renewable*).

Hybrid Inverter System

Pemakaian *hybrid inverter system* ini berguna agar kelebihan daya dari sistem pembangkit dapat dialirkan kembali pada jaringan PLN. Sehingga daya yang berlebih dapat dijual sesuai kesepakatan bersama. Terdapat dua jenis sistem pada *Hybrid inverter sistem* yaitu *on grid dan of grid*. [4]

HOMER (Hybrid Optimization Model for Energy Renewables)

HOMER adalah *software* model simulasi yang mensimulasikan sistem yang layak untuk semua kemungkinan kombinasi peralatan yang dipertimbangkan pertimbangan.

Homer bekerja berdasarkan 3 hal, yaitu simulasi, optimasi, dan analisa sensitifitas. Ketiga hal tersebut bekerja secara beruntun dan memiliki fungsi masing-masing, sehingga didapat hasil yang optimal.

Net Present Cost (NPC)

Net presen cost (NPC) adalah semua biaya yang digunakan dalam proyek pembangunan komponen baik pemasangan maupun dalam pengoprasian suatu proyek

$$NPC = Capital Cost + Replacement Cost + O\&M Cost - Salvage$$

Dimana :

- Capital Cost* =biaya komponen
- Replacement Cost* =biaya ganti komponen
- O&M Cost* =biaya oprasional dan perawatan
- Salvage* =biaya yang tersisa dari komponen

Cost of Energy (COE)

Cost of energy merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan energi listrik per 1 kWh. COE dapat diketahui dengan membagi biaya tahunan dengan produksi energi tahunan oleh pembangkit hibrid. Nilai COE dapat diketahui dengan persamaan

$$COE = \frac{TAC}{E_{etotserved}}$$

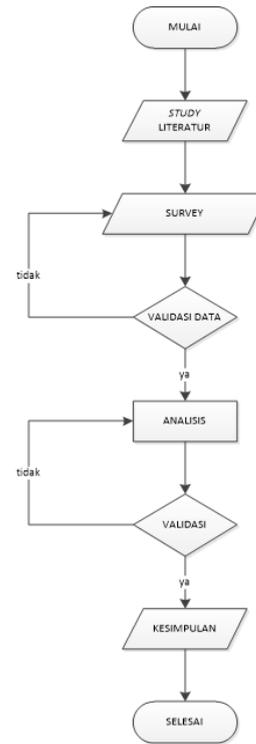
Dimana :

TAC (*total annulized cost*) =biaya total tahunan pembangkit hibrid

Etot served =total energi tahunan untuk beban (kWh)

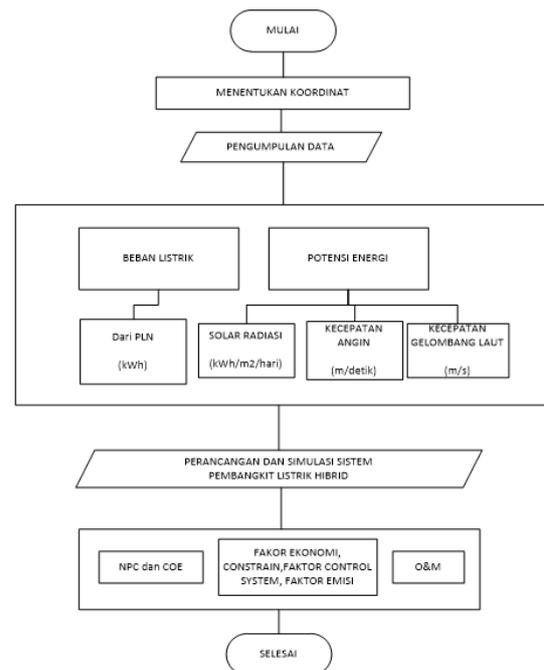
III. PERANCANGAN SISTEM PLTH

A. Flowchart Penelitian



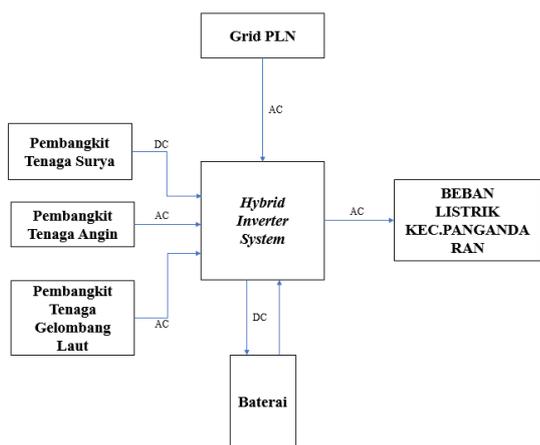
Gbr 2. Flowchart penelitian

B. Diagram Metodologi Penelitian



Gbr 3. Diagram Metodologi Penelitian

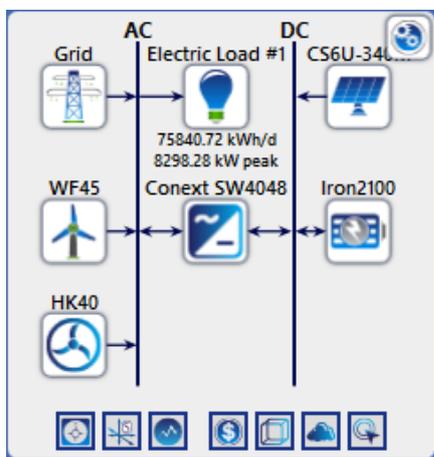
C. Blok Sistem Tenaga Hybrid On Grid



Gbr 4. Blok sistem tenaga hybrid on grid

Skema pada rancangan perencanaan PLTH tersusun dari komponen-komponen utama dari sistem perencanaan untuk pembangkit listrik di Kecamatan Pangandaran adalah *Wind Turbine*, *Wave Turbine* dan *Photovoltaic*, sedangkan komponen pendukungnya yaitu konverter, baterai bank dan AC DC Bus.

IV. KOMPONEN TENAGA HYBRID



Gbr 5. Konfigurasi Sistem Pembangkit Listrik Hybrid pada HOMER

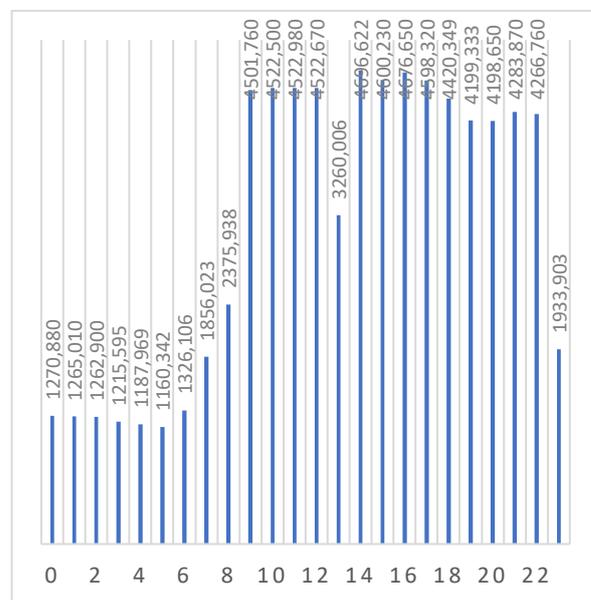
Tbl 1. Biaya pengganti, lifetime dan oprasi pemeliharaan komponen

Satuan Komponen	Biaya Pengganti	Lifetime	Operasi dan Pemeliharaan
Turbin Angin	Rp. 6.960.134.403,65	20 tahun	Rp. 100.000.000,00
Panel Surya	Rp. 3.890.606,02	25 tahun	Rp. 100.000,00
Turbin Gelombang Laut	Rp. 194.878.911,79	10 tahun	Rp. 1.000.000,00
Inverter	Rp. 22.202.776,71	10 tahun	Rp. 500.000,00

Baterai	Rp. 673.720.577	343.224 kWh	Rp. 1.000.000,00
---------	-----------------	-------------	------------------

Profil Beban Listrik

Data beban listrik Kecamatan Pangandaran dari PLN Pangandaran mencapai penjualan hingga 75.840,72 kWh/hari dan menghasilkan pola beban listrik seperti pada gambar di bawah ini :



Gbr 6. Beban Listrik per jam selama 1 hari

Beban Listrik Kecamatan Pangandaran per jam selama satu hari mencapai beban puncak hingga 4676,6 kW dan beban minimal 1160,3 kW.

A. Sumber Daya Energi Matahari

Data radiasi didapatkan melalui "Get Data Via Internet" dimana Homer akan secara otomatis mengakses situs resmi Badan Antariksa Amerika Serikat (*NASA Surface Meteorologi*), kemudian akan didapatkan rata-rata radiasi matahari pertahun sekitar 4,6 kWh/m²/d. Tabel 4.3 menunjukkan nilai radiasi matahari di lingkungan pesisir pantai Pangandaran dan sekitarnya, berdasarkan pengamatan NASA.

Tbl 2. Rata-rata radiasi matahari per bulan selama 1 tahun

Mounth	Daily radiation (kWh/m ² /d)
January	4,370
February	4,500
Mart	4,640
March	4,600
April	4,540
May	4,350
June	4,450
July	4,740
August	5,030
September	4,840
October	4,490

November	4,600
December	4,370
Average/year	4,6

Puncak radiasi tertinggi matahari di Kecamatan Pangandaran ada pada bulan agustus mencapai hingga 5,05 kWh/m²/d dan radiasi terkecil pada bulan mei yaitu 4,350 kWh/m²/d. Rata-rata radiasi matahari dalam satu tahun sebesar 4,6 kWh/m²/d.

B. Sumber Daya Energi Angin

Data kecepatan angin didapatkan melalui akses situs resmi Badan Antariksa Amerika Serikat (*NASA Surface Meteorologi*). Didapatkan rata-rata kecepatan angin selama 1 tahun sebesar 4,42m/s.

Tbl 3. Rata-rata kecepatan angin per bulan selama 1 tahun

Mounth	Average (m/s)
January	3,820
February	3,940
Mart	3,140
March	3,540
April	4,670
May	5,170
June	5,960
July	6,040
August	5,580
September	4,390
October	3,690
November	3,040
December	3,820
Average/year	4,42

Puncak radiasi tertinggi matahari di Kecamatan Pangandaran ada pada bulan agustus mencapai hingga 5,05 kWh/m²/d dan radiasi terkecil pada bulan mei yaitu 4,350 kWh/m²/d. Rata-rata radiasi matahari dalam satu tahun sebesar 4,6 kWh/m²/d.

C. Sumber Daya Energi Gelombang Laut

Data kecepatan gelombang air laut didapatkan melalui internet dengan mengakses situs BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) didapatkan rata-rata kecepatan gelombang 30,5 m/dt.

Tbl 4. Rata-rata kecepatan gelombang laut per bulan selama 1 tahun

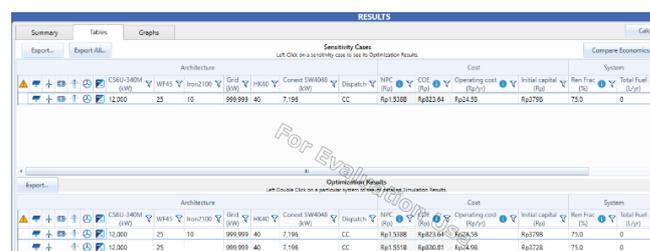
Bulan /2018	[v]Kecepatan Gelombang (m/dt)
Januari	25.70119522
Februari	31.43648208
Maret	25.70119522
April	28.72192513
Mei	31.43648208

Juni	28.72192513
Juli	36.35070423
Agustus	40.60151324
September	31.43648208
Oktober	28.72192513
November	25.70119522
Desember	31.43648208

Rata-rata 30,49729224

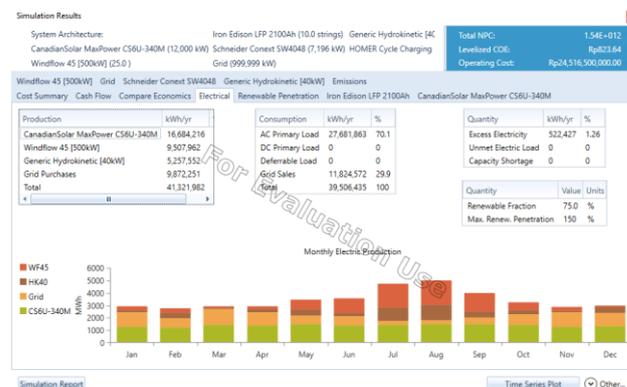
Tabel rata-rata kecepatan gelombang laut per bulan selama 1 tahun menunjukkan kecepatan gelombang tertinggi ada pada bulan agustus mencapai hingga 40,6 m/dt dan kecepatan gelombang terendah ada pada bulan januari, maret dan november dengan nilai kecepatan 25,7 m/dt.

Hasil Optimasi



Gbr 7. Hasil optimasi untuk sistem tenaga hybrid on grid

Konfigurasi sistem terhubung dengan jaringan PLN dan komponen energi terbarukan berupa 0,34 kW panel surya, 500 kW turbin angin, 48 V battery bank, 40 kW turbin gelombang laut dan konverter. Berdasarkan total *Net Present Cost* (NPC) terendah yaitu sebesar Rp 1.538.000.000,00 dan *Initial Capital Cost* Rp 379.000.000.000,00 dan *Cost of Energy* (COE) Rp 823,64. Hasil simulasi *renewable fraction*, Homer mendapatkan nilai 75,0%.



Gbr 8. Hasil produksi listrik masing-masing komponen

Produksi energi pada sistem ini didominasi oleh PV, hal ini dapat dilihat dari warna hijau yang mendominasi setiap bulannya secara keseluruhan sistem menghasilkan energi listrik sebesar 41.321.982 kWh/yr, sedangkan total keseluruhan konsumsi beban ditambah penjualan listrik sebesar 39.506.435 kWh/yr.

Hasil Analisis

Pada analisis sensitifitas ini faktor yang paling berpengaruh adalah nilai perubahan ekonomi berdasarkan angka kenaikan inflasi. Nilai masing-masing kategori dilakukan analisa sensitifitas untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya perubahan nilai inflasi pada beberapa tahun kedepan, dari setiap perubahan akan menentukan konfigurasi dari sistem. Sistem pembangkit energi *hybrid on grid* Pesisir Pantai Pangandaran akan dilakukan 2 nilai kategori analisis sensitifitas yaitu analisis sensitifitas kenaikan persentasi inflasi dan penurunan persentasi inflasi sebesar 5% dan 3%.

Tbl 5. Perbandingan kondisi-kondisi sensitifitas kecepatan angin dan gelombang terhadap radiasi matahari optimasi analisis sensitifitas

Kondisi	Sensitifitas	NPC (Rp)	COE (Rp)
1	Kenaikan nilai faktor ekonomi dengan nilai inflasi 5%	Rp 1,755 Triliun	Rp 763,72
2	Kenaikan nilai faktor ekonomi dengan nilai inflasi 3%	Rp 1,33 Triliun	Rp 896,62

Faktor Emisi

Pada sistem pembangkit tenaga *hybrid on grid* di Pesisir Pantai Pangandaran ini ketika konfigurasi sistem optimal menghasilkan emisi karbon dioksida sebesar 6.239.263 kg/yr, 0 carbon monoksida, 27.050 kg/yr sulfur dioksida dan 13.229 nitrogen oksida ditunjukan pada gambar 9.

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	6,239,263	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	27,050	kg/yr
Nitrogen Oxides	13,229	kg/yr

Gbr 9. Emisi

Analisis Nilai Ekonomis pada Sistem Pembangkit

A. Kondisi 1 (hanya terhubung jaringan PLN)

Tbl 6. Nilai ekonomi dari grid PLN pada kondisi 1

Parameter	Nilai
Total produksi energi (kWh/tahun)	27.681.826 kWh/tahun
Konsumsi energi (kWh/tahun)	27.681.826 kWh/tahun
Net Present Cost (Rp)	Rp 1.931.000.000.000,00
Cost of Energy	Rp 1476,00
Renewable Penetration (%)	0%

Annualized cost	Rp
	40.858.429.492,80

Nilai konsumsi energi merupakan pemakaian energi yang berasal dari beban elektronik yang dipakai sebesar 27.681.826kWh/tahun. Dari hasil optimasi yang terhubung jaringan PLN dengan *Net Present Cost* memiliki nilai sebesar Rp 1.931.000.000.000,00 *Cost of Energy* sebesar Rp 1476,00.

$$COE = \frac{40.858.429.492,80}{27.681.826}$$

$$COE = Rp 1476,00$$

B. Kondisi 2 (sistem tenaga *hybrid on grid* energi terbarukan)

Tbl 7. Nilai ekonomis sistem tenaga *hybrid on grid* energi terbarukan

Parameter	Nilai
Total produksi tahunan (kWh/tahun)	41.321.982 kWh/tahun
Konsumsi Energi	39.506.435 kWh/tahun
Net Present Cost (Rp)	Rp 1.538.000.000.000,00
Cost of Energy	Rp 823,64
Renewable Penetration (%)	75,0%
Annualized cost	Rp32.539.070.747,09

Nilai konsumsi energi merupakan pemakaian energi yang berasal dari beban elektronik yang dipakai sebesar 39.506.435 kWh/tahun. Dari hasil optimasi yang terhubung jaringan PLN dengan *Net Present Cost* memiliki nilai sebesar Rp Rp 1.538.000.000.000,00.

$$COE = \frac{32.539.070.747,09}{39.506.435}$$

$$COE = Rp 823,64$$

Perbandingan Nilai Ekonomis

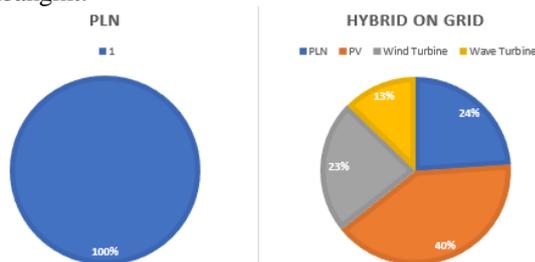
Tbl 8. Perbandingan kondisi 1 (jaringan PLN), dan kondisi 2 (sistem tenaga *hybrid on grid* energi terbarukan)

Parameter	Sistem Pembangkit	
	Kondisi 1	Kondisi 2
Total produksi (kWh)	27.681.826 kWh/tahun	41.321.982 kWh/tahun
Produksi <i>grid</i> (kWh)	27.681.826 kWh/tahun	9.872.251 kWh/tahun
Produksi <i>renewable energy</i> (kWh)	0	31.449.731 kWh/tahun
Konsumsi energi (kWh/tahun)	27.681.826 kWh/tahun	39.506.435 kWh/tahun
Grid sales (kWh)	0	11.824.572 kWh
Net present cost (Rp)	Rp 1.931.000.000.000,00	Rp 1.538.000.000.000,00
Cost of Energy	Rp 1.476,00	Rp 823,64

(Rp/kWh)		
<i>Renewable fraction</i>	0%	75,0%

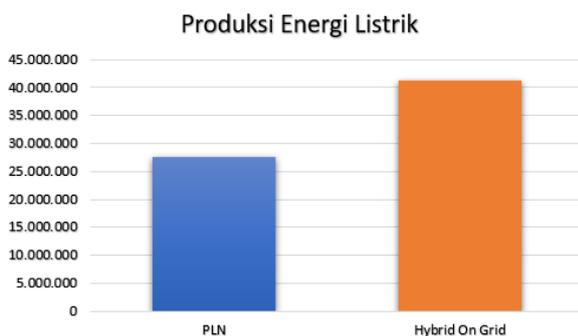
Berdasarkan tabel 8 perbandingan nilai ekonomis pada kondisi 1 dan kondisi 2 pada proyeksi jangka panjang nilai-nilai pada kondisi 2 lebih murah dan ekonomis. Kelayakan perencanaan kondisi 2 dapat dilihat dari produksi energi, nilai NPC dan COE yang lebih menguntungkan.

Konfigurasi yang baik adalah konfigurasi dengan *net present cost* paling rendah. *Net present cost* merupakan nilai saat ini dari semua biaya yang muncul selama masa pakai dikurangi semua pendapatan yang diperoleh selama masa pakai sedangkan *cost of energy* merupakan biaya rata-rata per kWh dari energi listrik yang tergantung yang dihasilkan oleh sistem pembangkit.



Gbr 10. Grafik persentase produksi energi kondisi 1 dan kondisi 2

Perbandingan grafik persentasi produksi listrik pada gambar 4.9 yaitu pada kondisi satu (jaringan PLN) listrik 100% disuplai oleh PLN dengan jumlah produksi listrik 27,6 gW/tahun, sedangkan pada kondisi 2 (*hybrid on grid*) yaitu terdiri dari 24% PLN, 40% PV, 23% turbin angin dan 13% turbin ombak laut dengan jumlah produksi listrik mencapai 41,3 gW/th.



Gbr 11. Grafik perbandingan produksi energi listrik

Grafik persentasi produksi listrik menunjukkan bahwa produksi listrik untuk pembangkit listrik tenaga *hybrid on grid* dengan jumlah produksi listrik lebih besar dari beban listrik Kecamatan Pangandaran, kelebihan energi pada kondisi 2 (*hybrid on grid*) dapat dijual pada PLN dan disimpan pada *battery bank*.

SISTEM JARINGAN PLN			SISTEM PEMBANGKIT HYBRID ON GRID		
Quantity	Value	Units	Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	17,494,937	kg/yr	Carbon Dioxide	6,239,263	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr	Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr	Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr	Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	75,848	kg/yr	Sulfur Dioxide	27,050	kg/yr
Nitrogen Oxides	37,094	kg/yr	Nitrogen Oxides	13,229	kg/yr

Gbr 12. Perbandingan emisi sistem jaringan PLN dan sistem pembangkit *Hybrid on grid*

Pada sistem jaringan PLN di Pesisir Pantai Pangandaran ini ketika konfigurasi sistem optimal menghasilkan emisi karbon dioksida sebesar 17.495.937 kg/tahun, 0 karbon monoksida, 75.848 kg/tahun sulfur dioksida dan 37.094 kg/tahun nitrogen dioksida. Sedangkan sistem pembangkit *hybrid on grid* ketika konfigurasi sistem optimal hanya menghasilkan emisi karbon dioksida sebesar 6.239.263 kg/tahun, 0 carbon monoksida, 27.050 kg/tahun sulfur dioksida dan 13.229 kg/tahun nitrogen oksida.

V. KESIMPULAN

1. Pesisir Pantai Pangandaran di Kecamatan Pangandaran memiliki potensi sumber daya matahari, angin dan gelombang air laut yang cukup besar dengan rata-rata radiasi matahari 4,6 kWh/m²/d, kecepatan angin 4,42 m/s, dan kecepatan gelombang air laut 30,49 m/s. Hasil simulasi HOMER didapatkan nilai radiasi matahari terendah pada bulan januari sebesar 4,35 kWh/m²/d, radiasi matahari tertinggi pada bulan agustus mencapai 5,03, kecepatan angin terendah pada bulan november sebesar 3,04 m/s kecepatan angin tertinggi pada bulan juni mencapai 5,9 m/s dan kecepatan gelombang air laut terendah ada pada bulan januari, maret serta november sebesar 25,7 m/s, kecepatan gelombang tertinggi pada bulan agustus mencapai 36,35 m/dt.
2. *Net present cost* (NPC) mencakup biaya keseluruhan sistem selama jangka waktu tertentu, konfigurasi yang optimal ditentukan oleh besaran *net present cost* (NPC) yang terendah. Hasil simulasi HOMER mendapatkan konfigurasi sistem yang optimal dari *net present cost* terendah berupa sistem yang terhubung jaringan PLN dan komponen energi terbarukan berupa 0,34 kW panel surya, 500 kW turbin angin, 2100 Ah 48V baterai, 40 kW turbin gelombang laut dan konverter 3 kW dengan *net present cost* sebesar Rp 1,538 triliun, *initial capital cost* Rp 379 miliar dan *cost of energy* Rp 823,64/kWh. Mendapatkan nilai *renewable fraction* mencapai 75,0%. Sedangkan konfigurasi sistem dengan *net present cost* (NPC) tertinggi berupa sistem yang terhubung jaringan PLN dan komponen energi terbarukan berupa 0,34 kW panel surya, 500 kW turbin angin, 40 kW turbin gelombang laut dan konverter 3 kW dengan *net present cost* sebesar Rp 1,551 triliun, *initial capital cost* Rp 372 miliar dan *cost of energy* Rp 830,81/kWh. Mendapatkan nilai *renewable fraction* mencapai 75,0%.

3. Berdasarkan hasil yang diperoleh dengan simulasi menggunakan HOMER, perencanaan sistem pembangkit listrik *hybrid on grid* di Pesisir Pantai Kecamatan Pangandaran memiliki potensi energi yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik yang berasal dari panel surya, turbin angin dan turbin gelombang air laut terhubung jaringan PLN dengan total produksi 41.321.982 kWh/tahun dan jika dibandingkan sistem pembangkit jaringan PLN dengan total produksi 27.681.826 kWh/tahun sistem *hybrid on grid* memiliki kelebihan yaitu mendapatkan *net present cost* lebih rendah yaitu 1,5 triliun sedangkan pada jaringan PLN mencapai 1,9 triliun dalam jangka waktu 25 tahun, kelebihan energi dapat dijual kembali ke PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] DINAS KOMINFO, "Informasi Pangandaran," 2019, 2013. [Online]. Available: <http://pangandarankab.go.id/>.
- [2] Y.Daryanto, "Kajian Potensi angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu," *Blueprint*, no. April, 2007.
- [3] O. A. Rosyid, B. Besar, T. Energi, and K. P. Serpong, "Pembangkit listrik tenaga surya hibrida untuk listrik pedesaan di indonesia," vol. 01, no. 01, pp. 31–38, 2011.
- [4] H. H. Pradana and H. Mubarak, "Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Tenaga Surya Dan Angin Di Fakultas Teknologi Industri," *Kurvatek*, vol. 3, no. 2, p. 101, 2019.

BIOGRAFI PENULIS



Abil W Akbar, lahir di daerah pedesaan tepatnya di Banjarwaru Priangan Timur 19 November tahun 1995, menempuh pendidikan S1 Teknik Elektro di Universitas Siliwangi Tasikmalaya tahun 2015 sampai dengan 2019, dan konsentrasi penelitian pada bidang Energi Baru Terbarukan (EBT) *hybrid* pada tahun 2018. Kesibukannya saat ini yaitu menjadi anggota *team* dalam proyek pengembangan teknologi persinyalan perkeretaapian Indoneisa di PT.LEN INDUSTRI Bandung Jawa Barat.