

Analisis Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid dengan Homer Pro di Pantai Liang Ambon Maluku

Ramadhan Saifullah Wahid, Fahmi Anas, Maulana Rizal Afandi,
Khoirul Anam.

*Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Wijayakusuma
Purwokerto, Banyumas, Indonesia*

INFORMASI NASKAH

Diterima : 27 Mei 2023
Direvisi : 12 Oktober 2023
Disetujui : 15 Oktober 2023
Terbit : 19 Oktober 2023

Email korespondensi:
sw.ramadhan@gmail.com

Laman daring:
[https://doi.org/10.37525/
sp/2023-2/453](https://doi.org/10.37525/sp/2023-2/453)

ABSTRAK

Pantai Liang di Pulau Ambon, Maluku, merupakan sebuah lokasi yang memiliki potensi sumber daya energi terbarukan, terutama energi matahari dan angin. Artikel ini menjelaskan penelitian yang dilakukan untuk mengembangkan sistem pembangkit listrik tenaga hybrid di Pantai Liang. Sistem tersebut terdiri dari komponen energi surya dan turbin angin, dan telah dioptimalkan menggunakan perangkat lunak HOMER. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi yang optimal adalah sistem terhubung dengan jaringan PLN, dengan net present cost (NPC) sebesar Rp 854 miliar, initial capital cost Rp 328 miliar, dan cost of energy (COE) sebesar Rp 822,03 per kWh. Selain itu, penelitian juga membandingkan sistem ini dengan sistem pembangkit listrik lainnya, termasuk sistem off grid, dan menunjukkan keunggulan sistem on grid dalam hal efisiensi dan kelayakan ekonomi. Artikel ini memberikan wawasan tentang potensi energi terbarukan di Pantai Liang dan relevansinya dalam memenuhi kebutuhan energi yang terus tumbuh.

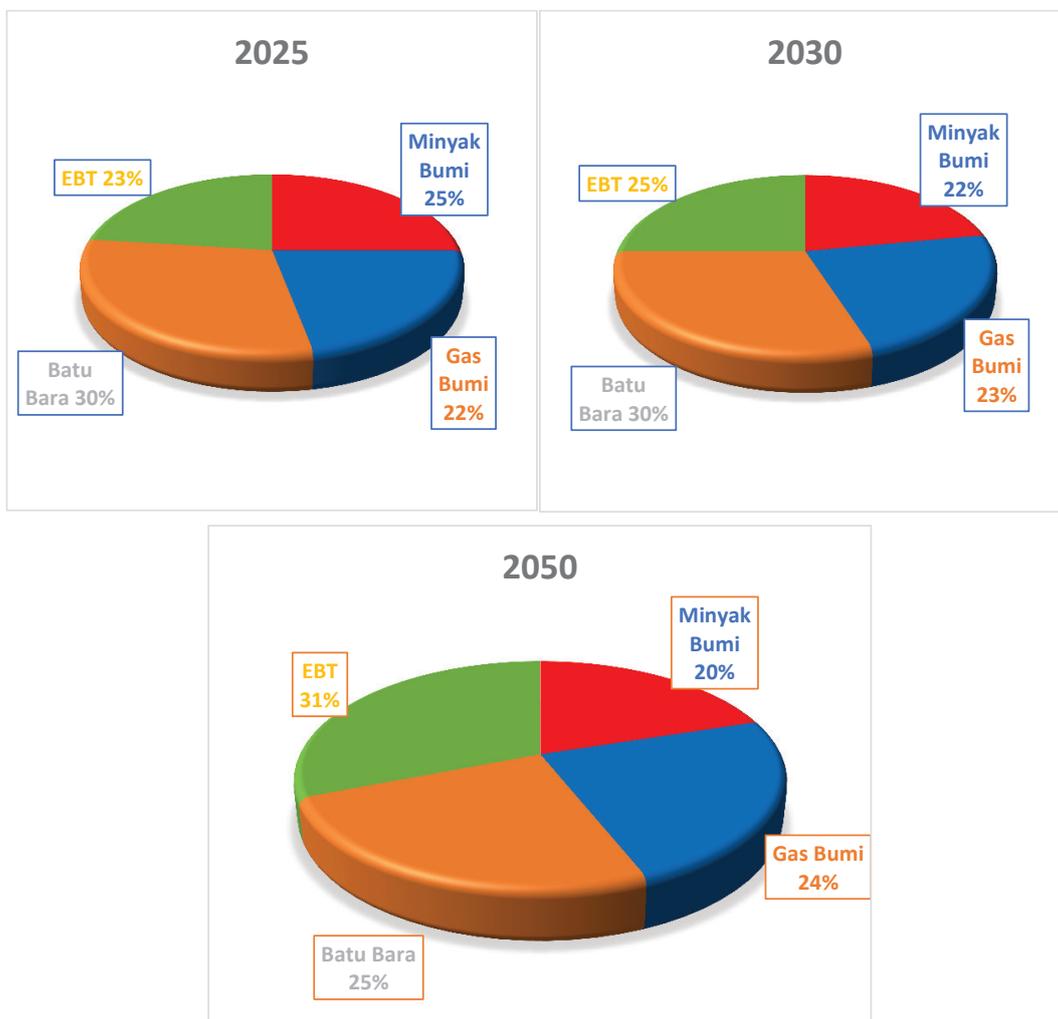
Kata kunci: Hybrid Energy, Pembangkit Listrik Hibrid, Photovoltaic, Turbin Angin, HOMER Energy



PENDAHULUAN

Pantai Liang merupakan pantai yang terletak di Liang, Salahutu, Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Pantai ini terletak 40 km dari pusat Kota Ambon, tepatnya yaitu pada titik koordinat F8WV+24 yang merupakan daerah wisata di Maluku yang pernah dinobatkan sebagai pantai terindah se-Indonesia pada tahun 1900 oleh UNDP-PBB. Pantai Liang memiliki potensi energi baru terbarukan yaitu energi matahari dan angin yang direncanakan untuk mensuplai listrik di Kecamatan Teluk Ambon. Kecamatan Teluk Ambon memiliki luas wilayah 93,68 km². Terdiri dari 8 kelurahan yaitu Negeri Laha 17 km², Negeri Tawiri 5,68 km², Negeri Hative Besar 30 km², Desa Wayame 7,5 km², Negeri Rumah tiga 28,39 km², Kelurahan Tihu 0,33 km², Desa Poka 2,78 km², dan Desa Hunuth/Durian Patah 2 km². Jumlah pelanggan listrik di Kecamatan Teluk Ambon 8.633, dan listrik yang terjual ditahun 2021 sebesar 52.846.468 kWh.

Energi adalah suatu kemampuan untuk menghasilkan usaha/kerja. Dengan pertumbuhan ekonomi dan penduduk, permintaan energi terus tumbuh sebanding dengan konsumsi energi itu sendiri, terutama di Indonesia dan global. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid menjadi solusi dalam mengatasi tantangan ini.



Gambar 1. Energi Mix di Indonesia dan di Dunia 2025, 2030, 2050

Pembangkit listrik tenaga hybrid adalah pembangkit energi listrik yang memanfaatkan dua atau lebih sistem pembangkit listrik melalui sumber energi yang berbeda. Dalam penelitian ini, integrasi sistem pembangkit listrik yang dipilih adalah pembangkit listrik konvensional yang besumber dari Pembangkit Listrik Negara (PLN) dengan pembangkit listrik berbasis energi baru terbarukan (renewable energy).



Salah satu bentuk pembangkit listrik berbasis energi baru terbarukan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), yang mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik melalui turbin dan merubahnya menjadi energi listrik melalui generator dengan menggunakan kecepatan angin sebagai media yang menggerakkan turbin.

Untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan mengatasi masalah surplus, digunakan Hybrid Inverter System. Sistem inverter hibrida memungkinkan kelebihan daya dari sistem pembangkit listrik PLN diumpankan kembali ke jaringan, sehingga surplus listrik bisa terjual dengan lancar. Terdapat dua jenis sistem pada Hybrid inverter sistem, yaitu on-grid dan off-grid.

Dalam pengembangan solusi ini, perangkat lunak pemodelan simulasi yang sangat membantu adalah HOMER (Hybrid Optimization Model for Energy Renewables). HOMER mensimulasikan sistem yang layak untuk semua kemungkinan kombinasi perangkat yang dipertimbangkan, bekerja berdasarkan simulasi, optimasi, dan analisa sensitivitas. Ketiga hal tersebut bekerja secara beruntun dan memiliki fungsi masing-masing, sehingga didapat hasil yang optimal.

Untuk mengukur efisiensi dan kelayakan proyek, diperlukan pemahaman tentang konsep Net Present Cost (NPC), yang mencakup semua biaya yang dikeluarkan dalam suatu proyek pengembangan komponen, seperti biaya komponen, biaya ganti komponen, biaya operasional, dan biaya yang tersisa dari komponen.

Selain itu, perlu juga memperhitungkan Cost of Energy (COE), yaitu biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan energi listrik per 1 kWh, yang dapat dihitung dengan membagi biaya tahunan dengan produksi energi tahunan oleh pembangkit hybrid. Nilai COE dapat diketahui dengan persamaan :

$$COE = \frac{TAC}{E_{tot\ Served}}$$

Dimana :

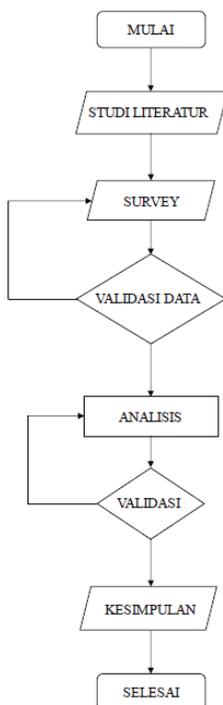
TAC (total annualized cost) = biaya total tahunan pembangkit hybrid

Etot Served = total energi tahunan untuk beban

Semua ini merupakan langkah-langkah penting dalam mengembangkan dan menerapkan solusi pembangkit listrik tenaga hybrid untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus tumbuh.

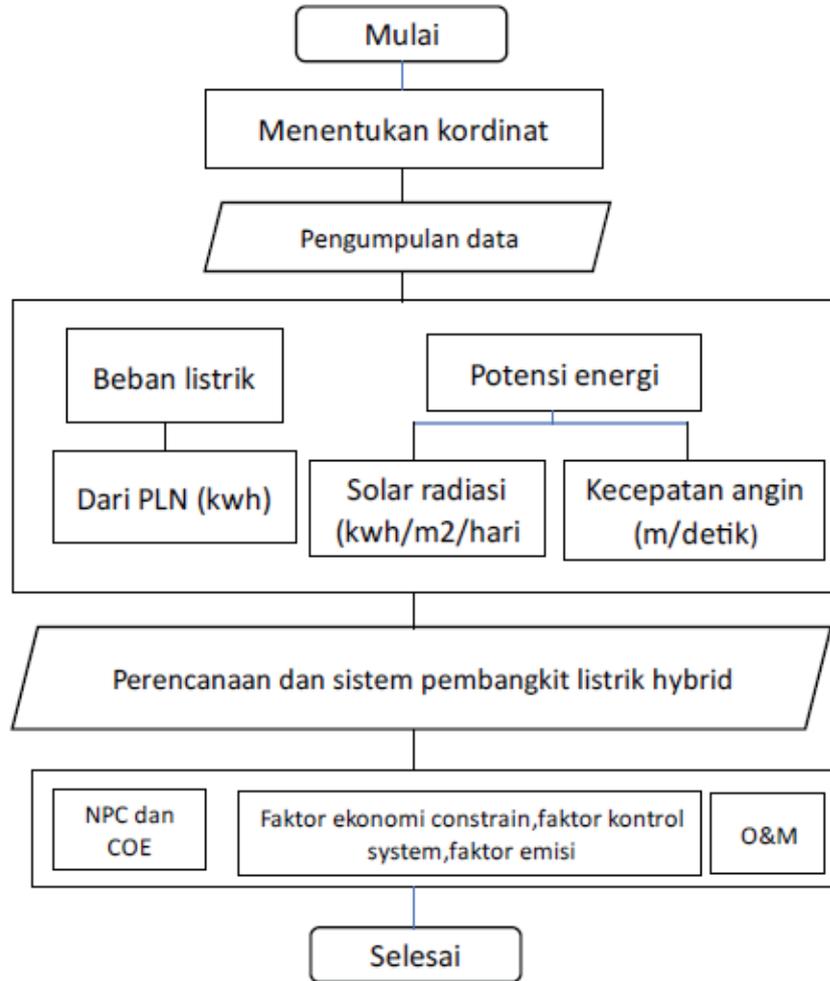
METODE PENELITIAN

A. Flowchart Penelitian



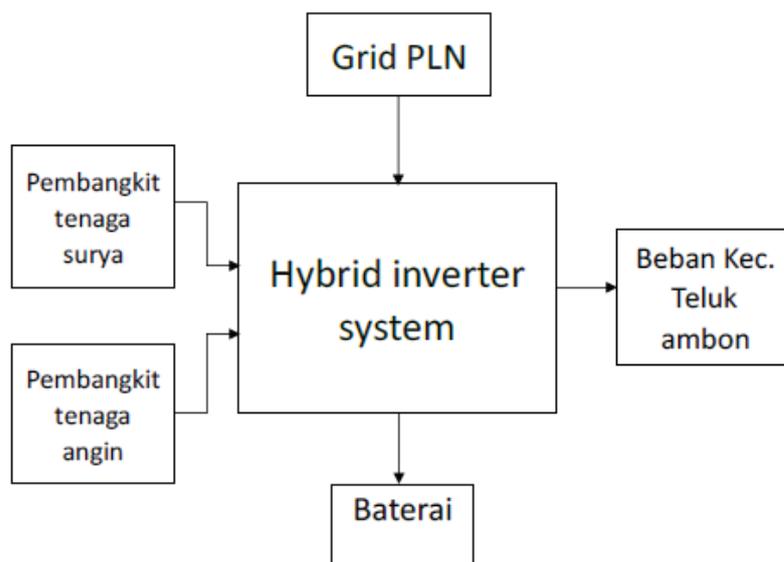
Gambar 2. Flowchart Penelitian

B. Diagram Metodologi Penelitian



Gambar 3. Diagram Metodologi Penelitian

C. Blok Sistem Tenaga Hybrid On Grid



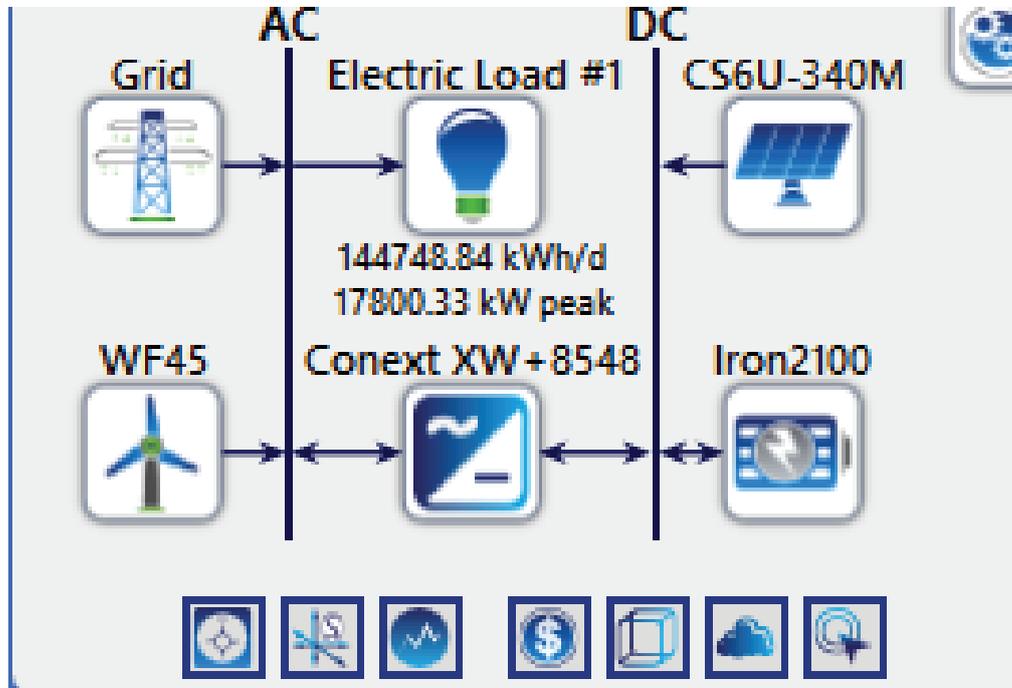
Gambar 4. Blok Sistem Tenaga Hybrid On Grid



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

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Komponen Tenaga Hybrid



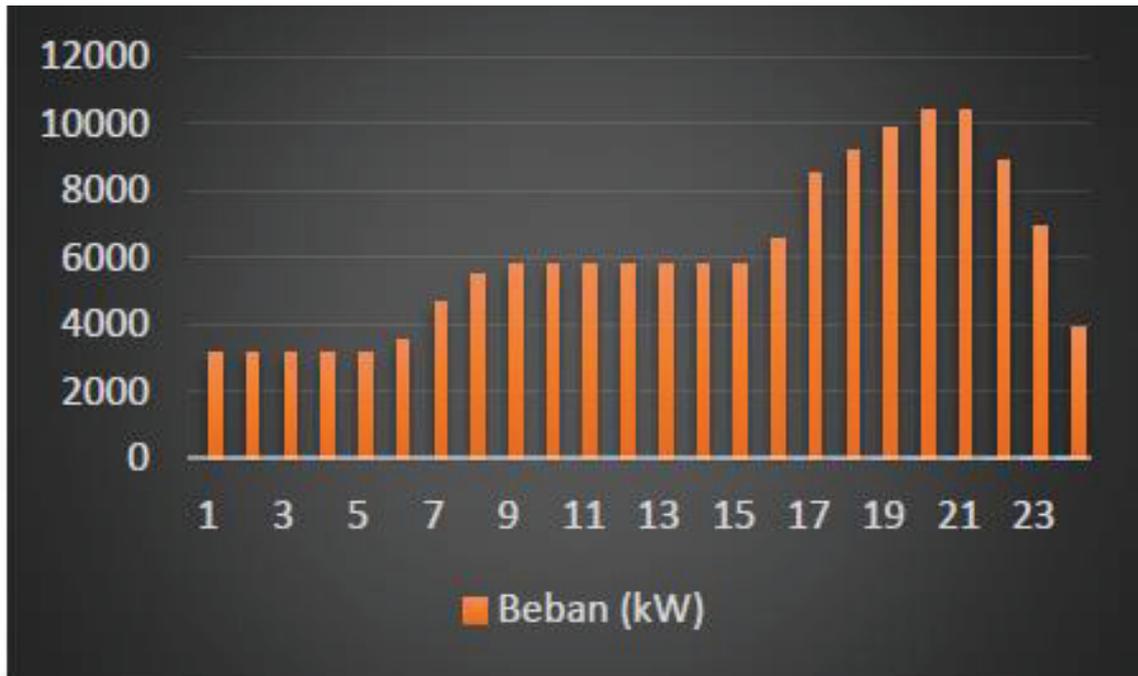
Gambar 5. Konfigurasi Sistem Pembangkit Listrik *hybrid* pada HOMER

Tabel 1. Biaya pengganti, lifetime dan operasi pemeliharaan komponen

Satuan Komponen	Biaya Pengganti	Lifetime	Operasi dan Pemeliharaan
Turbin Angin	Rp3.195.000.000,-	20 tahun	Rp100.000.000,-
Panel Surya	Rp5.331.923,-	25 tahun	Rp200.000,-
Inverter	Rp71.000.000,-	10 tahun	Rp1.000.000,-
Baterai	Rp118.000.000,-	343.224 kWh	Rp5.000.000, -

Profil Beban Listrik

Data beban listrik Kecamatan Teluk Ambon dari PLN Wilayah Maluku mencapai penjualan hingga 144.748,84 kWh/hari dan menghasilkan pola beban listrik seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 6. Beban Listrik per jam selama 1 hari

Beban Listrik Kecamatan Teluk Ambon per jam selama satu hari mencapai beban puncak hingga 10.400 kW pada pukul 19.00-20.00 dan beban minimal 3120 kW pada pukul 00.00-04.00.

1. 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 5,43 kWh/m²/d. Tabel 2 menunjukkan nilai radiasi matahari di lingkungan pesisir pantai Liang kota Ambon dan sekitarnya, berdasarkan pengamatan NASA

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

Month	Daily radiation (kWh/m ² /d)
January	5,34
February	5,3
March	5,62
April	5,57
May	5,21
June	4,72
July	4,69
August	5,35
September	5,83
October	6,11
November	6,04
December	5,39
Average/year	5,43



Puncak radiasi tertinggi matahari di Pantai Liang ada pada bulan Oktober mencapai hingga 6,11 kWh/m²/d dan radiasi terkecil pada bulan Juli yaitu 4,69 kWh/m²/d. Rata-rata radiasi matahari dalam satu tahun sebesar 5,43 kWh/m²/d.

2. 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 3,86 m/s.

Tabel 3. Rata-rata kecepatan angin perbulan selama 1 tahun.

Month	Average (m/s)
January	3,53
February	3,64
March	3,02
April	3,00
May	4,06
June	5,10
July	5,49
August	5,35
September	4,36
October	3,34
November	2,43
December	2,94
Average/year	3,86

Cara yang termudah untuk memenuhi kebutuhan format makalah dalam Swara Patra adalah dengan memanfaatkan dokumen *template* ini dan mengganti kata-kata yang ada di dalamnya dengan kalimat Anda sendiri.

Hasil Optimasi :

A. Kondisi *On Grid*

Optimization Results														
Architecture						Cost			System					
CS9U-340M (kW)	WF45	Iron2100	Grid (kW)	Conest 2XW-8548 (kW)	Dispatch	NPC (Rp)	COE (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren. Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (Rp)	Production (kWh/yr)	Capital Cc (Rp)
103			999,999		CC	Rp8468	Rp797,10	Rp40,38	Rp3298	60,2	0			320,084,9
07	7		999,999	2,38	LF	Rp8478	Rp823,54	Rp42,08	Rp3118	58,4	0			300,014,9
60,9	96		999,999	106	CC	Rp8468	Rp828,54	Rp42,28	Rp3098	58,2	0	954,400,536	97,767	306,720,0
585	99	11	999,999	139	LF	Rp8558	Rp827,03	Rp41,38	Rp3288	59,6	0	8,867,078,144	906,321	316,309,0
		8	999,999	20,6	CC	Rp9768	Rp1,445	Rp76,38	Rp0,00	0	0			
		3	999,999	05,8	LF	Rp9778	Rp1,448	Rp76,18	Rp4,838	0,532	0	3,790,077,184	388,240	
242			999,999	24,8	CC	Rp9778	Rp1,449	Rp76,38	Rp3,328	0,241	0	2,953,692,800	302,774	

Gambar 7. Hasil optimasi untuk sistem tenaga *hybrid on grid*

Konfigurasi sistem terhubung dengan jaringan PLN dan komponen energi terbarukan berupa 565 kW panel surya, 99 turbin angin, 11 strings (48V) battery bank, dan 139 kW konverter. Berdasarkan total Net Present Cost (NPC) terendah yaitu sebesar Rp 854.970.200.000,- dan Initial Capital Cost Rp 328.000.000.000,- dan Cost of Energy (COE) Rp 822,03,-. Hasil simulasi renewable fraction, Homer mendapatkan nilai 59,6%.



Gambar 8. Hasil produksi listrik masing-masing komponen (*on grid*)

Produksi energi pada sistem ini didominasi oleh Wind Turbine, hal ini dapat dilihat dari warna coklat yang mendominasi setiap bulannya secara keseluruhan sistem menghasilkan energi listrik sebesar 81.858.420 kWh/Tahun, sedangkan total keseluruhan konsumsi beban ditambah penjualan listrik sebesar 81.496.368 kWh/Tahun.

B. Kondisi *Off Grid*

Optimization Results											
Left Double Click on a particular system to see its detailed simulation results.											
Architecture						Cost			System		
	CS6U-340M (kW)	WF45	Inv2100	Conect XW-9540	Dispatch	NPC (Rp)	COE (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren. frac (%)	Total Fuel (l/yr)
	49,298	19	3,595	16,191	CC	Rp2,172B	Rp3,222	Rp58,48	Rp1,427B	100	0
	44,717		3,525	16,721	CC	Rp2,288B	Rp3,398	Rp59,79	Rp1,528B	100	0

Gambar 9. Hasil optimasi untuk sistem tenaga hybrid *off grid*

Konfigurasi sistem tanpa terhubung dengan jaringan PLN dan komponen energi terbarukan berupa 49.298 kW panel surya (0,340WP), 19 buah 500 kW turbin angin, 39 strings 48 V battery bank, dan konverter 16.191 kW. Berdasarkan total Net Present Cost (NPC) terendah yaitu sebesar Rp2.172.281.000.000,- dan Initial Capital Cost Rp1.427.000.000.000,- dan Cost of Energy (COE) Rp 3.222,-. Hasil simulasi renewable fraction, Homer mendapatkan nilai 100%.



Gambar 10. Hasil produksi listrik masing-masing komponen (*off grid*)

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 88.417.347 kWh/Tahun, sedangkan total keseluruhan konsumsi beban ditambah penjualan listrik sebesar 52.882.876 kWh/Tahun.



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 dan off grid pada Pesisir Pantai Liang Ambon dilakukan analisis sensitifitas kenaikan persentasi inflasi dan penurunan persentasi inflasi sebesar 1,87%.

Tabel 4. Kondisi sensitifitas kecepatan angin terhadap radiasi matahari optimasi analisis sensitifitas

Kondisi	Sensitifitas	NPC (Rp)	COE (Rp)
<i>On grid</i>	Kenaikan nilai faktor ekonomi dengan nilai inflasi 1,87%	Rp 854 Miliar	Rp 822,03
<i>Off Grid</i>	Kenaikan nilai faktor ekonomi dengan nilai inflasi 1,87%	Rp 2.172 Triliun	Rp 3.222

Faktor Emisi :

Pada sistem pembangkit tenaga hybrid on grid di Pantai Liang ini ketika konfigurasi sistem optimal menghasilkan emisi karbon dioksida sebesar 20.788.545 kg/yr, 0 carbon monoksida, 90.128 kg/yr sulfur dioksida dan 44.077 nitrogen oksida ditunjukkan pada gambar 11.

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	20,788,545	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	90,128	kg/yr
Nitrogen Oxides	44,077	kg/yr

Gambar 11. Emisi PLTH *On grid*

Sedangkan pada sistem pembangkit tenaga hybrid off grid di Pantai Liang ini ketika konfigurasi sistem optimal menghasilkan emisi karbon dioksida sebesar 0 kg/yr, 0 carbon monoksida, 0 kg/yr sulfur dioksida dan 0 nitrogen oksida ditunjukkan pada gambar 9.

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	0	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	0	kg/yr
Nitrogen Oxides	0	kg/yr

Gambar 12. Emisi PLTH *Off Grid*

Analisis Nilai Ekonomis pada Sistem Pembangkit :

A. Kondisi 1 (hanya terhubung jaringan PLN)

Tabel 5. Nilai ekonomi dari grid PLN pada kondisi 1

Parameter	Nilai
Total produksi energi (kWh/tahun)	64.560.595 kWh/tahun
Konsumsi energi (kWh/tahun)	52.846.468 kWh/tahun
<i>Net Present Cost</i> (Rp)	Rp974.144.000.000,-
<i>Cost of Energy</i>	Rp1.444,-
<i>Renewable Penetration</i> (%)	0%
<i>Annualized cost</i>	Rp76.328.306.932,-

Nilai konsumsi energi merupakan pemakaian energi yang berasal dari beban elektronik yang dipakai sebesar 64.560.595 kWh/tahun. Dari hasil optimasi yang terhubung jaringan PLN dengan Net Present Cost memiliki nilai sebesar Rp974.144.000.000,- Cost of Energy sebesar :

$$COE = \frac{76.328.306.932}{52.846.468}$$

$$COE = Rp1.444,-$$

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

Tabel 6. Nilai ekonomis sistem tenaga hybrid on grid energi terbarukan

Parameter	Nilai
Total produksi energi (kWh/tahun)	81.858.420 kWh/tahun
Konsumsi energi (kWh/tahun)	81.496.368 kWh/tahun
<i>Net Present Cost</i> (Rp)	Rp854.970.200.000,-
<i>Cost of Energy</i>	Rp822,03,-
<i>Renewable Penetration</i> (%)	59,6%
<i>Annualized cost</i>	Rp66.992.600.268,-



Nilai konsumsi energi merupakan pemakaian energi yang berasal dari beban elektronik yang dipakai sebesar 81.496.368 kWh/tahun. Dari hasil optimasi yang terhubung jaringan PLN dengan Net Present Cost memiliki nilai sebesar Rp854.970.200.000,-

$$COE = \frac{66.992.600.268}{81.496.368}$$

COE = Rp.822,03,-

C. Kondisi 3 (sistem tenaga hybrid off grid energi terbarukan)

Tabel 7. Nilai ekonomis sistem tenaga hybrid off grid energi terbarukan

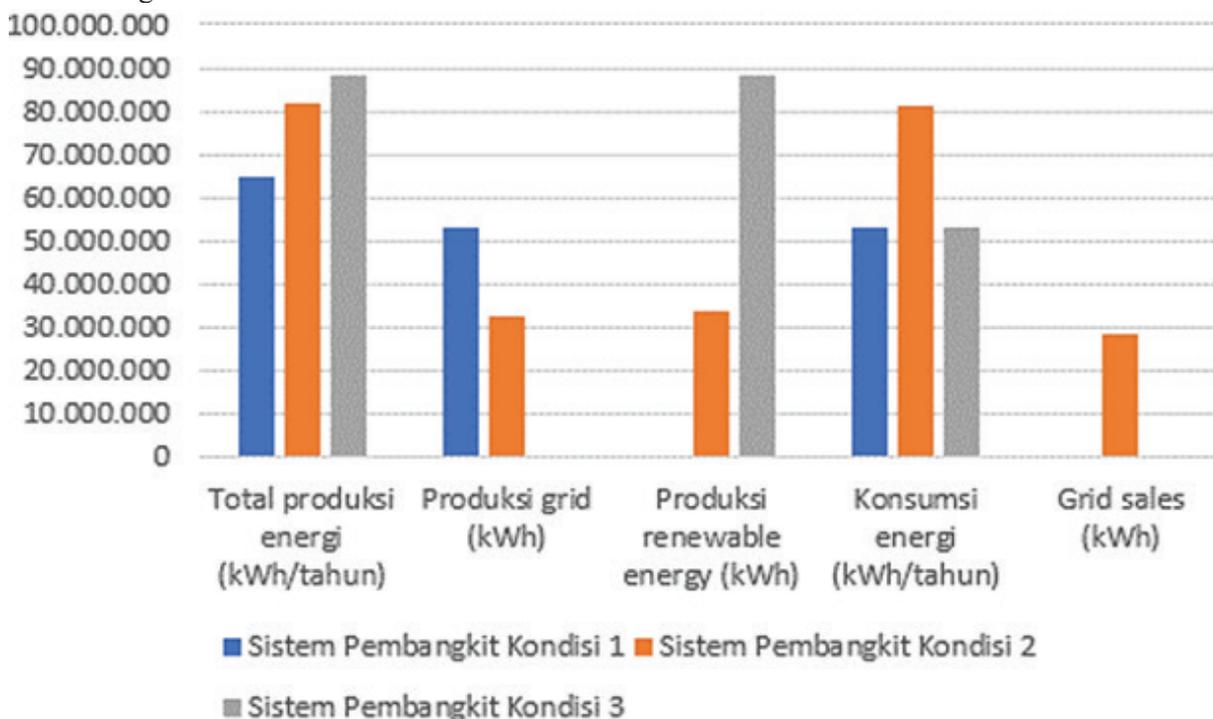
Parameter	Nilai
Total produksi energi (kWh/tahun)	88.417.347 kWh/tahun
Konsumsi energi (kWh/tahun)	52.882.876 kWh/tahun
Net Present Cost (Rp)	Rp2,172,281,000,000,-
Cost of Energy	Rp3.222,-
Renewable Penetration (%)	100%
Annualized cost	Rp170.212.681.850,-

Nilai konsumsi energi merupakan pemakaian energi yang berasal dari beban elektronik yang dipakai sebesar 52.882.876 kWh/tahun. Dari hasil optimasi yang terhubung jaringan PLN dengan Net Present Cost memiliki nilai sebesar Rp2,172,281,000,000,-

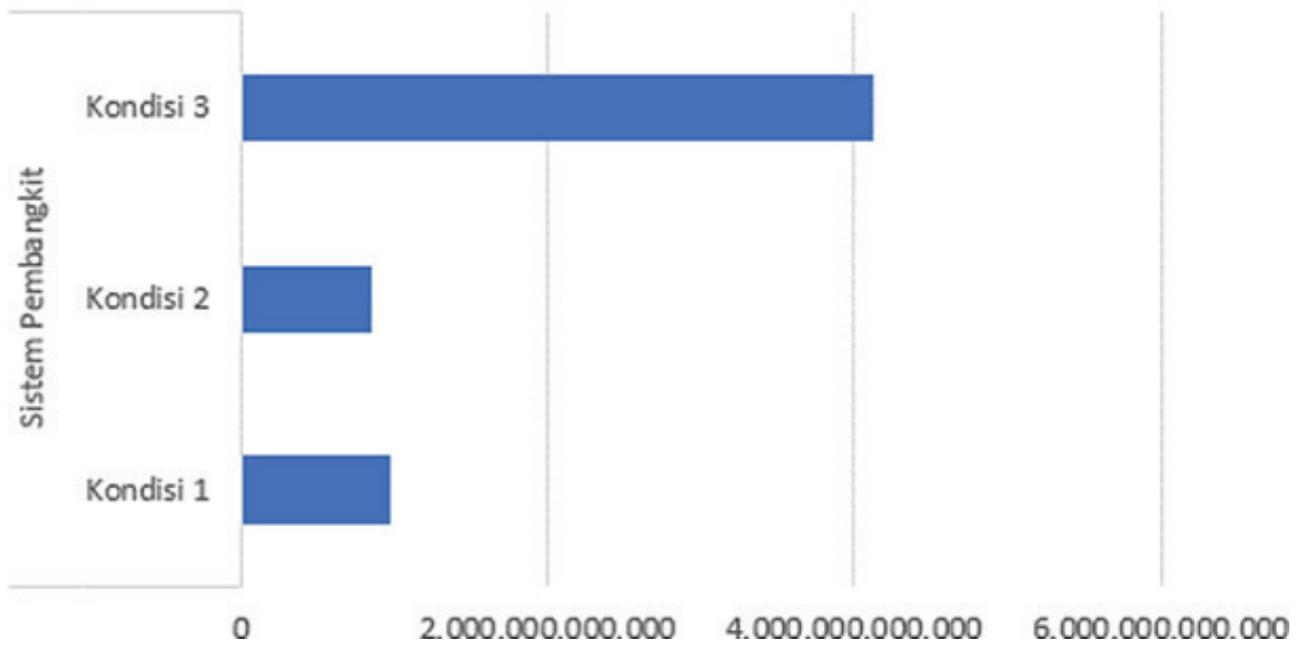
$$COE = \frac{170.212.681.850}{52.882.876}$$

COE = Rp3.222,-

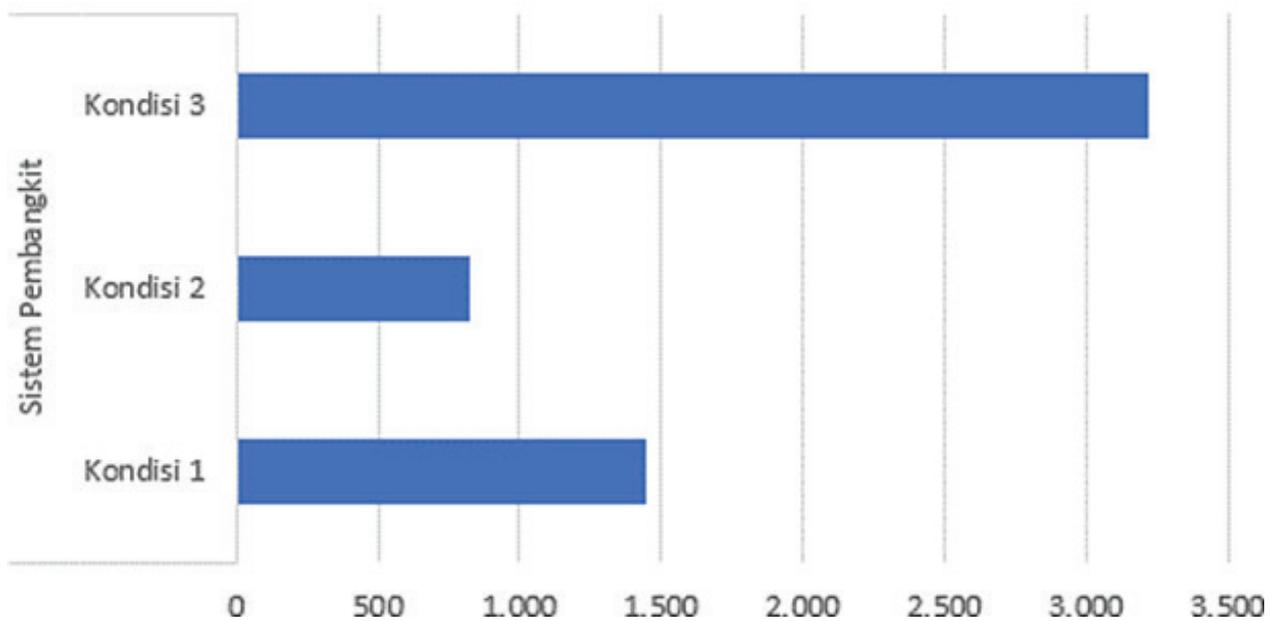
Perbandingan nilai ekonomis



Gambar 13. Perbandingan nilai ekonomis sistem pembangkit kondisi 1 (jaringan PLN), kondisi 2 (sistem tenaga hybrid on grid energi terbarukan), dan kondisi 3 (sistem tenaga hybrid off grid energi

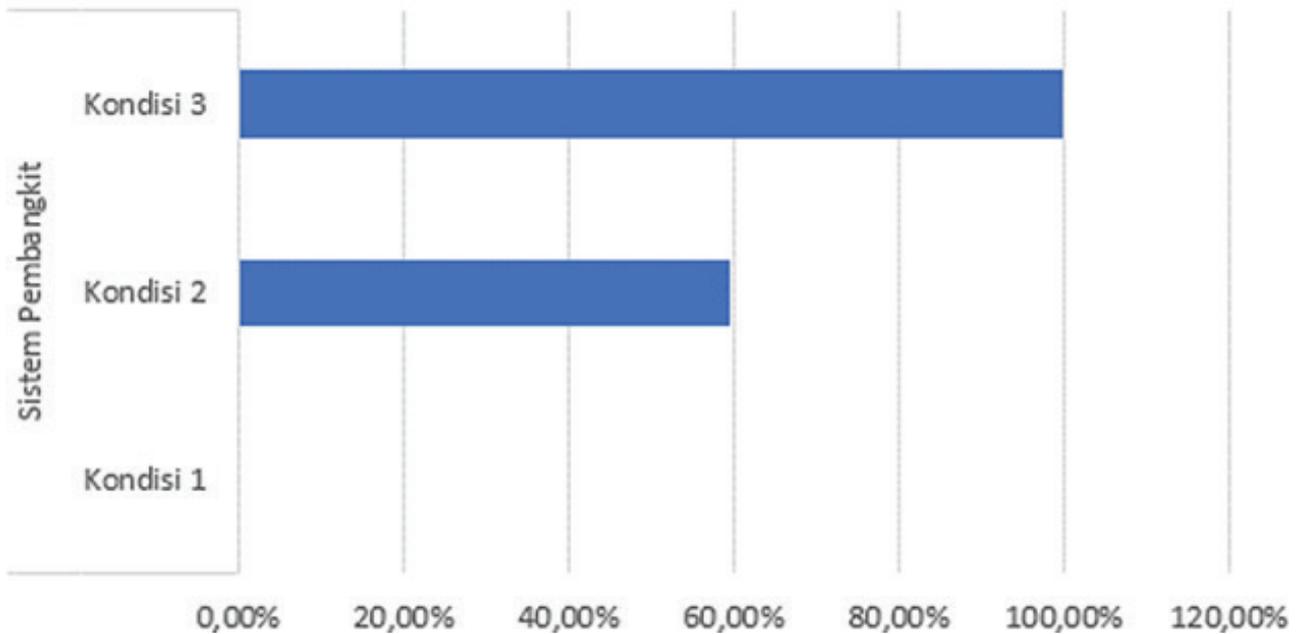


Gambar 14. Perbandingan *Net Present* kondisi 1 (jaringan PLN), kondisi 2 (sistem tenaga *hybrid on grid* energi terbarukan), dan kondisi 3 (sistem tenaga *hybrid off grid* energi terbarukan)



Gambar 15. Perbandingan *Cost of Energy* kondisi 1 (jaringan PLN), kondisi 2 (sistem tenaga *hybrid on grid* energi terbarukan), dan kondisi 3 (sistem tenaga *hybrid off grid* energi terbarukan)

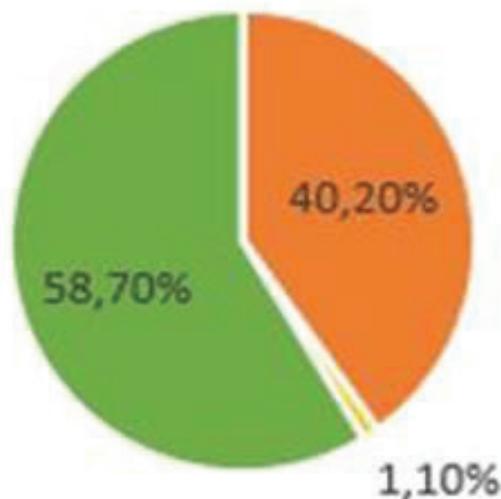




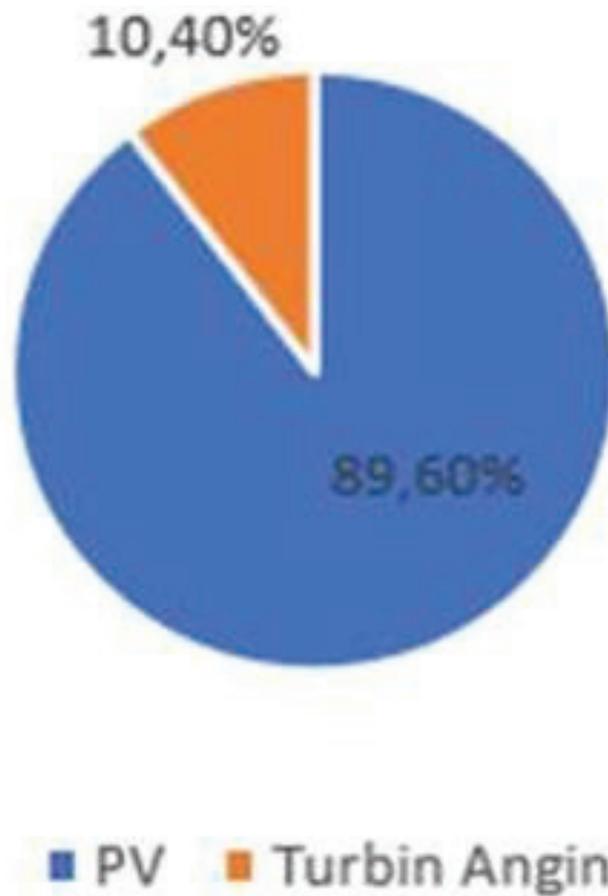
Gambar 16. Perbandingan Renewable Fraction kondisi 1 (jaringan PLN), kondisi 2 (sistem tenaga hybrid on grid energi terbarukan), dan kondisi 3 (sistem tenaga hybrid off grid energi terbarukan)

Berdasarkan tabel 8 perbandingan nilai ekonomis pada kondisi 1, kondisi 2, dan kondisi 3 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 NPC paling rendah. Net present cost (NPC) merupakan nilai saat ini dari semua biaya yang muncul selama masa pakai dikurangi semua pendapatan yang diperoleh selama masa pakai sedangkan cost of energy (COE) merupakan biaya rata-rata per kWh dari energi listrik yang tergantung yang dihasilkan oleh sistem pembangkit.



Gambar 17. Grafik persentase produksi energi kondisi *on grid*



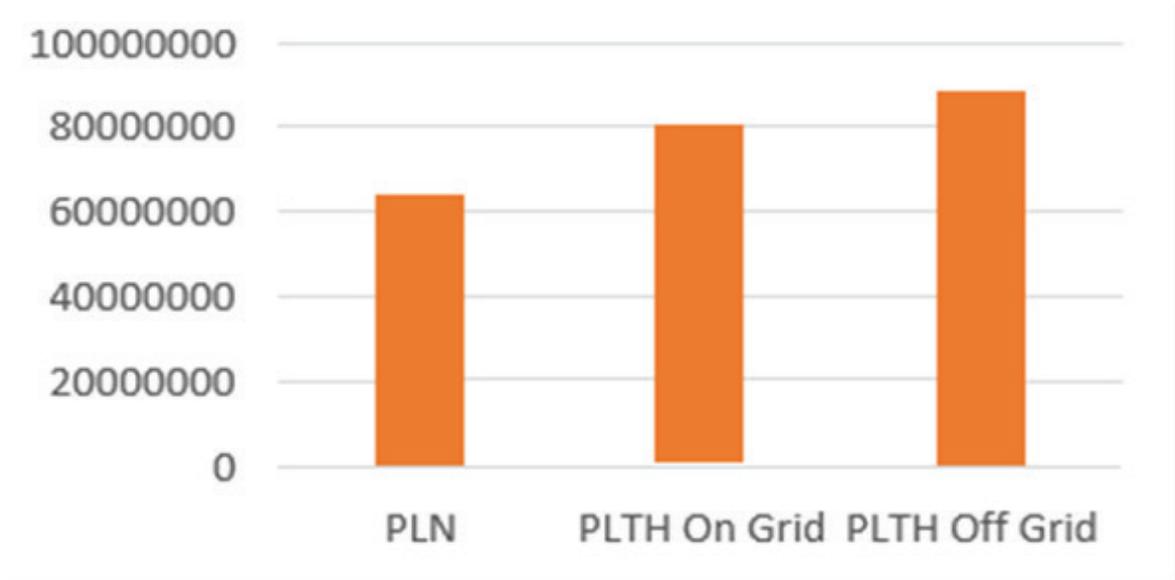
Gambar 18. Grafik persentase produksi energi kondisi *off grid*



Gambar 19. Grafik persentase produksi energi kondisi grid

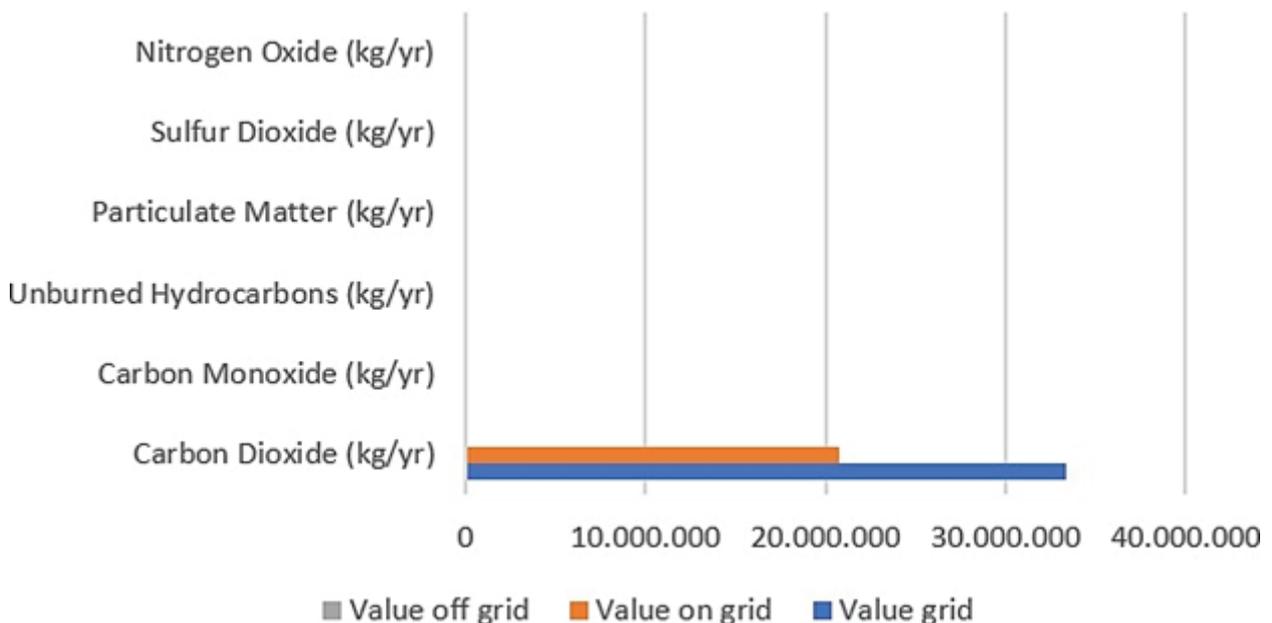


Perbandingan grafik persentasi produksi listrik pada gambar 10 yaitu pada kondisi satu (jaringan PLN) listrik 100% disuplai oleh PLN dengan jumlah produksi listrik 64,5 gW/tahun, pada kondisi 2 (hybrid on grid) yaitu terdiri dari 40,2% PLN, 1,1% PV, 54,7% turbin angin dengan jumlah produksi listrik mencapai 81,8 gW/th, sedangkan untuk kondisi 3 (hybrid off grid) yaitu terdiri 89,6% PV dan 10,4% turbin angin dengan jumlah produksi listrik mencapai 88,4 gW/tahun.



Gambar 20. Grafik perbandingan produksi energi listrik

Grafik persentasi produksi listrik menunjukkan bahwa produksi listrik untuk pembangkit listrik tenaga hybrid off grid dengan jumlah produksi listrik lebih besar dari beban listrik Kecamatan Teluk Ambon, kelebihan energi pada kondisi 2 (hybrid on grid) dapat dijual pada PLN dan disimpan pada battery bank, sedangkan untuk kondisi 3 (hybrid off grid) hanya disimpan pada baterai.



Gambar 21. Perbandingan emisi sistem jaringan PLN, sistem pembangkit *Hybrid on grid*, sistem pembangkit *Hybrid off grid*

Pada sistem jaringan PLN di Pantai Liang Ambon ini ketika konfigurasi sistem optimal menghasilkan emisi karbon dioksida sebesar 33.390.662 kg/tahun, 0 karbon monoksida, 144.763 kg/tahun sulfur dioksida dan 70.797 kg/tahun nitrogen dioksida. Sistem pembangkit hybrid on grid. ketika konfigurasi sistem optimal hanya menghasilkan emisi karbon dioksida sebesar 20.788.545 kg/tahun, 0 carbon monoksida, 90.128 kg/tahun sulfur dioksida dan 44.077 kg/tahun nitrogen oksida. Sedangkan untuk pembangkit hybrid off grid tidak menghasilkan. emisi apapun.

KESIMPULAN

Pantai Liang di Pulau Ambon memiliki potensi sumber daya matahari dan angin yang cukup besar dengan rata-rata radiasi matahari 5,43 kWh/m²/d dan kecepatan angin 3,86 m/s. Hasil simulasi HOMER didapatkan nilai radiasi matahari tertinggi pada bulan Oktober sebesar 6,11 kWh/m²/d dan radiasi matahari terendah pada bulan Juli mencapai 4,69 kWh/m²/d, untuk kecepatan angin tertinggi pada bulan Juli sebesar 5,10 m/s sedangkan kecepatan angin terendah pada bulan November mencapai 2,43 m/s.

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 dengan jaringan PLN dan komponen energi terbarukan 565 kW panel surya, 99 turbin angin, 11 strings (48V) battery bank, dan 139 kW konverter dengan net present cost sebesar Rp 854 Miliar, initial capital cost Rp328 miliar dan cost of energy Rp822,03,-/kWh. Mendapatkan nilai renewable fraction mencapai 59,6%. Sedangkan konfigurasi sistem dengan net present cost (NPC) tertinggi berupa sistem yang tidak terhubung jaringan PLN dan komponen energi terbarukan berupa 49.298 kW panel surya (0,340 wP), 19 buah 500 kW turbin angin., 39 strings (48V) battery bank dan konverter 16.191 kW dengan net present cost sebesar Rp 4.123 Triliun, initial capital cost Rp 1,4 Triliun dan cost of energy Rp3.222,-/kWh. Mendapatkan nilai renewable fraction mencapai 100%.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dengan simulasi menggunakan HOMER, perencanaan sistem pembangkit listrik hybrid on grid di Pantai Liang Pulau Ambon memiliki potensi energi yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik yang berasal dari panel surya dan turbin angin terhubung jaringan PLN dengan total produksi 81.858.420 kWh/tahun dan jika dibandingkan sistem pembangkit jaringan PLN dengan total produksi 64.560.595 kWh/tahun sistem hybrid on grid. memiliki kelebihan. yaitu mendapatkan net present cost lebih rendah yaitu 854 miliar sedangkan pada jaringan PLN mencapai 974 miliar dalam jangka waktu 25 tahun, kelebihan energi dapat dijual kembali ke PLN. Sedangkan untuk total produksi sistem pembangkit hybrid off grid yaitu sebesar 88.417.347 kWh/tahun, dari ketiga kondisi tersebut sistem inilah yang memproduksi energi paling besar. Namun, dikarenakan nilai NPC yang bernilai 4.123 Triliun. Maka sistem tersebut dikatakan tidak optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Liang, P. (2023). Pantai Liang. Pemerintah Kota Ambon. <https://ambon.go.id/pantai-liang/>
- Keadaan Geografis. (2023). Keadaan Geografis. Pemerintah Kota Ambon. <https://ambon.go.id/keadaan-geografis/#:~:text=Kota%20Ambon%20merupakan%20Ibukota%20Provinsi,5%20dari%20luas%20Pulau%20Ambon.>
- BADAN PUSAT STATISTIK KOTA AMBON BPS -Statistics of Ambon Municipality KOTA AMBON DALAM ANGKA. (n.d.). diakses 12 Oktober, 2023, dari <https://ambonkota.bps.go.id/publication/download.html?nrbvfeve=ZDRhMWE5NTU0MzU5OTNiYWJlYWExNzc3&xzmn=aHR0cHM6Ly9hbW-VjbmtvdGEuYnBzLmdvLmlkL3B1YmxpY2F0aW9uLzlwMjlvMDIvMjUvZDRhMWE5NTU0MzU5OTNiYWJlYWExNzc3L2tvdGEtYW1ib24tZGFsYW0tYW5na2EtMjAyMi5odG1s&twoadf-noarfeauf=MjAyMy0xMC0xMiAwOTYMD0Mw%3D%3D>
- Abil Wali Akbar, Nurul Hiron, & Nidar Nadrotan. (2019). PERENCANAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN SUMBER ENERGI TERBARUKAN (HOMER) DI DAERAH PESISIR PAN-



- TAI PANGANDARAN. *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 1(1). <https://doi.org/10.37058/jeee.v1i1.1191>
- Pembangkit Listrik Tenaga Bayu sebagai Sumber Alternatif pada Mesjid Tengku Bullah Universitas Malikussaleh. (2022). *Rekayasa Elektrikal Dan Energi*, 5(1). <https://doi.org/10.30596/rele.v5i1.10788>
- Huda, M. N., & Itmi Hidayat Kurniawan. (2023). Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Tenaga Angin Dan Tenaga Surya) Di Daerah Widuri Kabupaten Pematang Menggunakan Perangkat Lunak Homer. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 5(1), 33–33. <https://doi.org/10.30595/jrre.v5i1.14708>
- Hidayanti, D., & Galih Dewangga. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin dan Surya dengan Penggerak Otomatis pada Panel Surya. *Eksergi: Jurnal Teknik Energi*, 15(3), 93–93. <https://doi.org/10.32497/eksergi.v15i3.1784>
- hendra hardianto pradana, & Husein Mubarak. (2018). SIMULASI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HIBRID TENAGA SURYA DAN ANGIN DI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI. *Kurvatek: Journal Technology of Civic, Electrical, Mechanical, Geology, Mining and Urban Design*. <https://doi.org/10.33579/krvtek.v3i2.1103>
- Ahmad Munawir Siregar, M. Ikhwan Syahtaria, & Laksmo, R. (2022). PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DI KOTA SIBOLGA DALAM RANGKA Mendukung KETAHANAN ENERGI DAERAH. *Ketahanan Energi*, 8(1). <https://jurnalprodi.idu.ac.id/index.php/KE/article/view/1082/914>
- BMKG Maritim Ambon, “BULETIN METEOROLOGI MARITIM.” pp. 1–40, 2022.



