

Kaji Prospek Pemanfaatan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Energi Angin dan Matahari di Desa Langi Kepulauan Simeulue

Anan Niazi Usman, Ahmad Syuhada, Hamdani

Program Studi Magister Teknik Mesin, Program Pascasarjana Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf, No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111

ananniazi@gmail.com

Abstract

Langi is a rural area in Simeulue distric having not yet received electricity by national grid. To enhance daily activity of Langi villager in term of lighting and utilities, local diesel generators used as main power. Increasing fuel cost effect to production cost of diesel generator. Since this type of power source is not viable option economically. This study investigates feasibility of hybrid system to provide electricity in Langi. The hybrid system uses combination of diesel generator, solar panels and wind turbines. Meteorology Agency reports wind speed average 3-3.67 m/sec at 10 meters above sea level and daily average radiation about 2.5-4.5 kWh/m²/day. Those data used as initial input to simulated power hybrid system using HOMER software. The simulation results show that appropriate combination applied in Langi is a unit of solar panels 55 kW, 10 unit wind turbines with the capacity 30 kW, 2 unit diesel generators with capacity 110 kW and 30 kW, and a 40 kW inverter. Refer to Langi village electricity demand around 220.807 kWh/year, so electricity producing by the hybrid system able to supply around 399 088 kWh/year.

Keyword: hybrid system, electricity production, simulated and optimized HOMER.

1. Pendahuluan

Simeulue merupakan salah satu kabupaten baru hasil pemekaran di propinsi Aceh. Kabupaten ini terdiri dari sekitar 41 pulau besar dan kecil, termasuk pulau Simeulue dengan total luas wilayah mencapai 205.148,63 ha. Saat ini, wilayah kabupaten Simeulue dibagi dalam 8 (delapan) kecamatan, yaitu Simeulue Timur, Simeulue Tengah, Simeulue Barat, Teupah Selatan, Salang, Teupah Barat, Teluk Dalam dan Alafan [1].

Berdasarkan hasil studi yang dilakukan BRR NAD-Nias pada tahun 2008, diperoleh informasi bahwa terdapat 24 desa yang tersebar dalam 7 kecamatan di Kabupaten Simeulue yang belum memperoleh pelayanan energi listrik dari PLN. Salah satunya adalah desa Langi kecamatan Alafan [2].

Desa Langi merupakan ibukota kecamatan Alafan yang berjarak 132 km dari pusat kabupaten. Penyediaan energi listrik di Desa Langi selama ini memanfaatkan generator diesel milik masyarakat setempat. Biaya produksi energi listrik yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan biaya listrik yang disediakan oleh PLN. Hal ini disebabkan tingginya harga bahan bakar dan kondisi geografis desa Langi yang merupakan daerah kepulauan. Sehingga menyebabkan kurangnya minat masyarakat untuk mengembangkan kegiatan ekonomi produktif.

Pemanfaatan potensi sumber energi terbarukan yang dimiliki desa Langi sebagai pembangkit energi listrik menjadi pilihan yang layak untuk dikaji. Letak Desa Langi yang berhadapan dengan Samudera

Indonesia memiliki potensi energi angin (bayu) dan matahari yang patut untuk dikembangkan.

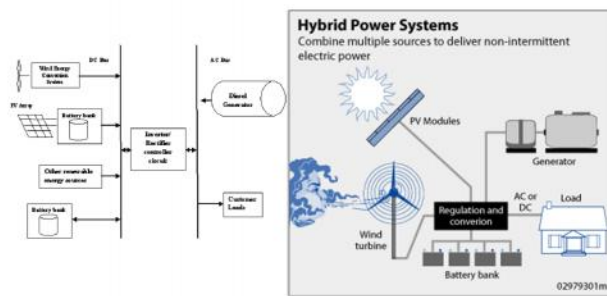
Studi ini mengkaji kelayakan pemanfaatan potensi energi terbarukan terutama energi angin, energi surya dan generator diesel yang menjadi salah satu program pemerintah saat ini dalam upaya pengadaan listrik di desa terpencil dan kepulauan. Oleh karena itu analisis yang dilakukan adalah mengkaji pemanfaatan sistem hibrida, energi angin, energi surya dan generator diesel di desa Langi Kecamatan Alafan Kabupaten Simeulue.

2. Teori Dasar dan Metodologi

2.1 Sistem Hibrida

Sistem pembangkit listrik hibrida merupakan sistem pembangkit yang terdiri dari lebih dari satu pembangkit listrik, atau gabungan antara pembangkit listrik konvensional seperti generator diesel atau gas dengan pembangkit listrik yang bersumber pada energi terbarukan seperti tenaga angin, tenaga surya atau tenaga mikrohidro.

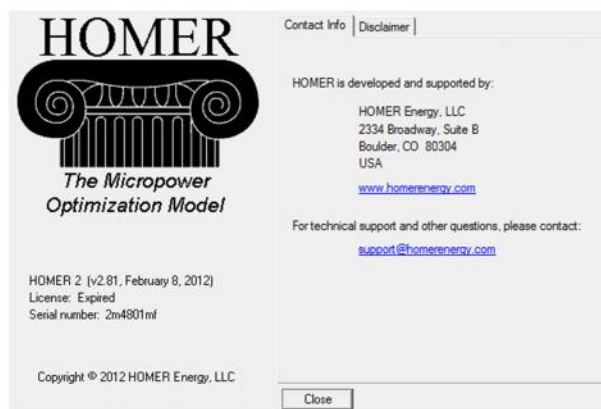
Pada umumnya sistem pembangkit listrik hibrida terdiri dari sumber energi (turbin angin, panel surya, mikrohidro, biomassa, generator diesel atau bensin), pengubah arus AC atau DC (inverter, converter), penyimpanan energi (bateri) dan sistem kendali berbasis mikroprosesor untuk keperluan monitoring dan otomatisasi manajemen sistem, sebagaimana terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Komponen sistem pembangkit energi hibrida [4]

2.2 Program Aplikasi HOMER

HOMER merupakan simulasi pemodelan komputer yang dikembangkan oleh The National Renewable Energy Laboratory (NREL) Amerika Serikat untuk optimasi desain sistem pembangkit listrik. HOMER adalah singkatan The Hybrid Optimization Model for Electric Renewables. Tampilan muka software homer ditunjukkan pada gambar 2.

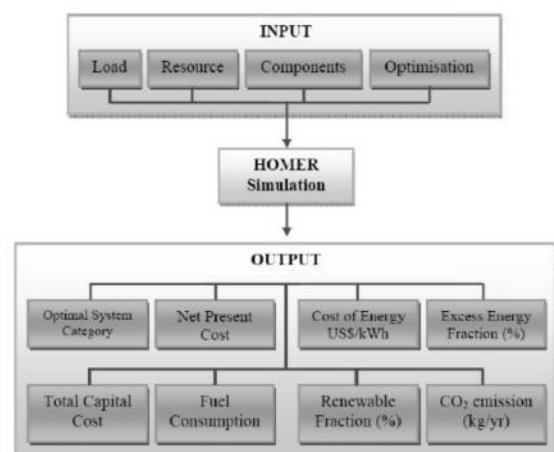


Gambar 2. Tampilan Software Homer [3]

Pada dasarnya Program Aplikasi HOMER bekerja atas tiga prinsip yaitu simulasi, optimasi dan analisa sensitivitas. Pada tahapan proses simulasi Program Aplikasi HOMER menentukan unjuk kerja konfigurasi dari sistem hibrida, mengkombinasikan ukuran spesifik komponen sistem dan strategi operasi kerja dari komponen-komponen tersebut. Tahapan proses simulasi memiliki dua tujuan utama, pertama menentukan kelayakan dari sistem berdasarkan kombinasi sumber energi dan beban yang berbeda. Kedua, memperkirakan siklus biaya dari sistem (*life cycle cost*), yaitu total biaya pemasangan dan operasi sistem hibrida. Pada tahapan proses optimasi, Program Aplikasi HOMER mensimulasikan sejumlah konfigurasi sistem untuk memperoleh konfigurasi sistem optimal yang terbaik. Pada Program Aplikasi HOMER konfigurasi sistem optimal yang terbaik adalah yang memenuhi beberapa ketentuan diantaranya adalah biaya investasi awal yang terendah (*total Net Present Cost*). Pada tahapan

proses analisa sensitivitas, Program Aplikasi HOMER memberikan keleluasaan pada setiap perancang untuk memasukkan nilai sekumpulan nilai untuk satu variabel masukan. Variabel masukan yang diinput dalam berupa multiplikasi nilai disebut variabel sensitivitas, dengan demikian tahapan proses sensitivitas, perangkat lunak HOMER menampilkan multiplikasi optimasi dalam rentang variabel yang mempengaruhi nilai masukan seperti harga bahan bakar, suku bunga, tarif dasar listrik, umur komponen, beban, dan variabel pembangkit listrik terbarukan lainnya [9].

HOMER mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik stand-alone maupun grid-connected yang dapat terdiri dari kombinasi turbin angin, photovoltaic, mikrohidro, biomassa, generator (diesel/bensin), microturbine, fuel-cell, baterai, dan penyimpanan hidrogen. Program ini juga dapat digunakan untuk melayani beban listrik maupun termal [6]. Arsitektur simulasi dan optimasi Program Aplikasi HOMER ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur simulasi dan optimasi HOMER [6]

2.3 Metodologi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan sebagaimana berikut:

1. Pengumpulan data awal mengenai kebutuhan energi listrik di Desa Langi dilakukan mengacu pada data beban listrik yang diterbitkan oleh BRR-NAD-Nias dalam Laporan Studi Potensi Energi Listrik Alternatif di Perdesaan Propinsi Nangroe Aceh Darussalam tahun 2008. Dilanjutkan dengan pembuatan daftar beban listrik dan profil beban dengan menghitung dan mempertimbangkan beban puncak dan konsumsi energi perhari.
2. Studi potensi energi angin dan radiasi matahari. Penentuan lokasi desa Langi dilakukan berdasarkan citra satelit yang diperoleh dari Google Earth dan Google Map. Sedangkan penentuan potensi energi angin dan matahari

bersumber pada data Surface Meteorology and Solar Energy (SMSE) yang diterbitkan oleh NASA.

- Desain system program Homer, dilakukan dengan memasukkan parameter awal berupa besaran daya, jenis dan biaya generator diesel dan konverter, data rata-rata radiasi matahari dan angin. Penentuan kaji ekonomi berupa penentuan biaya investasi awal, biaya pengembalian, biaya operasional dan biaya perawatan. Penentuan suplai energi yang harus dipenuhi dan dampak terhadap lingkungan dengan menentukan besar emisi gas rumah kaca (EGRK).

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Kondisi Kelistrikan Desa Langi

Kondisi social demografi desa Langi direpresentasikan dengan topografi wilayah lereng pembukitan yang menjorok ke laut dan pesisir pantai. Pola pemukiman penduduk mengelompok dan hanya sebagian kecil lainnya terpencar. Sumber mata pencaharian mayoritas penduduk adalah dari sektor pertanian, perkebunan dan perikanan laut. Jarak jaringan listrik PLN yang terdekat dari Desa Langi Kecamatan Alafan berdasarkan informasi dari PLN Ranting Simeulue adalah 23 km dengan jumlah penduduk 182 kepala keluarga.

Pada umumnya besarnya energi listrik yang dibutuhkan untuk keperluan di desa Langi dikelompokkan atas beban rumah tangga, beban komersial, beban industri dan beban untuk fasilitas umum. Secara terperinci besarnya beban, jumlah jam penggunaan dan total energi listrik yang dibutuhkan setiap hari ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Prakiraan dan Jenis Beban Listrik

	Tipe Beban	Daya (Watt)	Qty	Jam	Energi (Wh/hari)	Total Energi (kWh/hari)
Rumah Kecil / Sedang	Radio	30	1	7	210	4,46
	Tv	100	1	9	900	
	Lampu	25	4	6	600	
	Kipas Angin	50	2	5	500	
	Peralatan Lainnya	75	2	15	2250	
Rumah Besar	Radio	30	1	7	210	4.01
	Tv	100	1	9	900	
	Lampu	25	6	6	900	
	Kipas Angin	50	2	5	500	
	Peralatan Lainnya	100	1	15	1500	
Puskesmas	Kulkas	100	1	8	800	2.4
	Lampu	20	4	5	400	
	Tv	80	1	9	720	
	Peralatan Lainnya	20	1	24	480	
Rumah Ibadah (masjid)	Lampu	20	10	7	1400	1,9
	Kipas Angin	50	4	2	400	
	Peralatan Lainnya	50	1	2	100	

Fasilitas Umum	Lampu Penerangan Jalan	20	10	12	2400	2,4
----------------	------------------------	----	----	----	------	-----

3.2 Penghitungan Beban Puncak

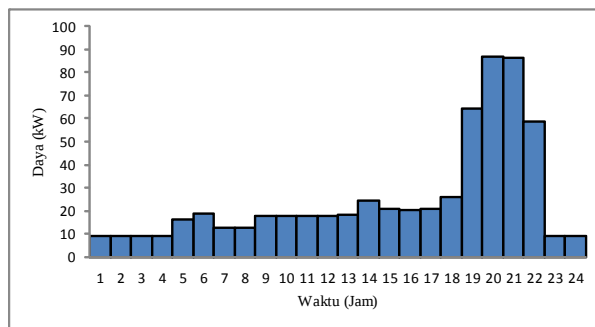
Desa langi didiami oleh 182 kepala keluarga dengan jumlah bangunan rumah tempat tinggal mencapai 182 buah. Jumlah rumah tersebut terbagi atas 17 buah rumah dengan klasifikasi rumah besar dan 165 rumah sisanya adalah rumah kecil atau sedang. Bangunan lainnya yang memanfaatkan energi listrik untuk keperluannya adalah 1 rumah ibadah (mesjid), 1 puskesmas dan lampu penerangan jalan. Hasil perhitungan kebutuhan energi dapat ditabulasikan sebagaimana terlihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Energi Listrik Desa Langi

No.	Kebutuhan	Total (watt)
1.	Perumahan Penduduk	91.000
2.	Fasilitas Umum	3.300
3.	Penggunaan oleh industri kecil	9.430
4.	Pengembangan masa depan (20%)	20.746
	Total Kebutuhan Daya listrik	124.476

Untuk setiap perumahan penduduk disediakan daya listrik sebesar 500 Watt (2 Ampere) dengan rincian, untuk penerangan 100 Watt dan peralatan elektronik lainnya 400 Watt. Sedangkan untuk kebutuhan pada fasilitas umum disediakan masing-masing 300 Watt. Untuk penggunaan oleh industri kecil adalah 10 % dari total kebutuhan perumahan dan fasilitas umum. Sedangkan untuk pengembangan masa yang akan datang disediakan 20 % dari total perumahan, fasilitas umum dan industri kecil.

Profil beban kebutuhan listrik setiap hari ditunjukkan pada gambar 4. Mengacu pada profil tersebut dapat diketahui bahwa beban puncak pemakaian listrik oleh masyarakat untuk penerangan dan aktivitas lainnya diperkirakan terjadi pada jam 19.00 sampai dengan jam 22.00. Selanjutnya penggunaan listrik mulai berkurang dimana hanya untuk penerangan saja berlaku hingga jam 5.00 pagi. Peningkatan penggunaan listrik dimulai kembali pada jam 6.00 pagi seiring dengan dimulainya kembali aktivitas masyarakat, akan tetapi peningkatan ini tidak signifikan. Pada siang hari pemakaian listrik untuk perumahan hanya 20 % dari beban maksimum. Maka pemakaian listrik rata-rata perhari adalah 154 kWh/hari, dengan daya rata-rata 25,2 kW, daya puncak mencapai 86,64 kW, faktor beban 54,3 %.



Gambar 4. Profil rata-rata beban kebutuhan listrik setiap hari

3.3 Simulasi dan Pemodelan Data Sumber Energi

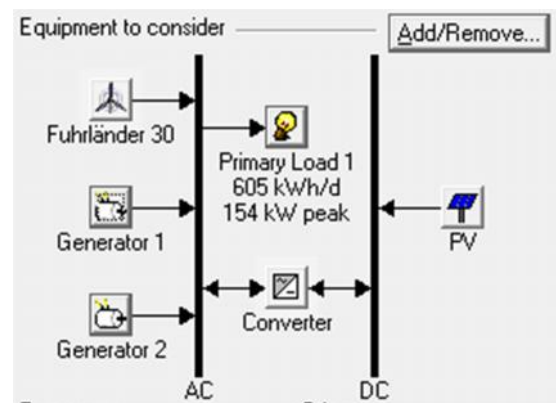
Untuk mengestimasi biaya dari sebuah sistem pembangkit tenaga hibrida dikehendaki ketersediaan informasi energi terbarukan dalam rentang waktu setahun dan detail rinci komponen-komponen yang digunakan. Ketersediaan sumber-sumber energi terbarukan yang tersedia di lokasi akan menjadi pembahasan. Detail setiap komponen termasuk biaya investasi awal, biaya penggantian, biaya operasional dan perawatan, Biaya diesel (*diesel cost*) dan beberapa batasan masukan yang akan dijadikan parameter dibahas.

Tabel 3. Parameter sumber penghasil listrik

Simbol	Parameter			
		1	2	3
A	Radiasi Sinar Matahari (kWh/m ² /d)	2,5	3,96	4,5
B	Kecepatan Angin (m/s)	3	3,5	3,67
C	Harga Bahan Bakar (US\$/L)	1,2	1,5	1,7
D	Minimum Renewable Fraction (%)	0	20	40

HOMER mensimulasi sistem dengan kombinasi yang berbeda dari sumber-sumber energi yang tersedia tersebut. Luaran yang dihasilkan meliputi Capital Cost, Net Present Worth, biaya energi per kWh, ukuran komponen dan karakteristik listrik lainnya. Pada penelitian ini, sumber energi yang tersedia adalah energi surya (photovoltaic/PV), energi angin (turbin angin) dan generator diesel. HOMER mensimulasi perbedaan kombinasi dari sumber energi tersebut dan akan menghasilkan kombinasi optimal yang terbaik.

Data desain simulasi dimasukkan ke perangkat lunak Homer yang akan memberikan gambaran ketersediaan energi terbarukan, kebutuhan beban listrik, biaya dan ukuran komponen sistem hibrida (susunan panel surya, turbin angin dan generator diesel).



Gambar 5. Diagram skematik penelitian menggunakan perangkat lunak Homer

Karakteristik dari setiap sumber energi dan komponen dijelaskan sebagai mana berikut :

Generator Diesel dan Konverter

Pada penelitian ini generator diesel yang digunakan adalah generator AC. Daya generator yang ditetapkan sesuai dengan kebutuhan beban puncak, pada penelitian ini daya generator yang disimulasikan terdiri dari 2 buah generator dengan kapasitas generator pertama yang dipilih sebagai masukan simulasi HOMER adalah 100 kW, 110 kW dan 120 kW. Sedangkan generator kedua 30 kW, 35 kW dan 40 kW. Harga dasar daya generator untuk kapasitas 1 kW dengan biaya investasi awal sebesar Rp. 15.000.000,- (US\$ 1,521) dan biaya pengembalianya (replacement costs) sebesar Rp. 14.500.000,- (US\$ 1,475). Biaya operasional dan perawatan sebesar Rp. 118,- per jam (US\$/hr 0.012). Umur operasional generator diesel diperkirakan 20.000 jam operasi. Harga bahan bakar diesel diprediksi adalah Rp. 11.000,- per liter (US\$/ltr 1,2).

Konverter yang digunakan berkapasitas 1 kW dengan biaya investasi awal sebesar Rp. 9.000.000,- (US\$ 900) dan biaya pengembalianya (replacement costs) sebesar Rp. 8.500.000,- (US\$ 850). Tidak ada biaya operasional dan perawatan yang dibebankan. Umur operasional konverter diperkirakan hingga berakhir operasi yaitu 15 tahun.

Energi Surya

Gerrit Jacobs, dalam publikasinya "Solar Resources in Indonesia" menyatakan bahwa kawasan Indonesia memiliki potensi yang sangat besar mengenai pemanfaatan energi surya terutama untuk penggunaan pembangkit listrik (electricity generation) dan pompa air (solar pumping). Rata-rata radiasi matahari di Indonesia setiap tahunnya adalah berkisar 4 hingga 5.5 kWh/m² per day (1kWh=1MJ/3600 x 1000). Sedangkan pada siang hari rata-rata radiasi dapat mencapai 1000W energi per setiap m² luas permukaan tanah. Berdasarkan data

meteorology dan geofisika radiasi matahari setiap bulannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Prakiraan data rata-rata radiasi matahari bulanan

BULAN	CleannessIndex	Daily Radiation (KWh/m ² /d)
Januari	0.398	3.876
Pebruari	0.432	4.396
Maret	0.405	4.26
April	0.387	3.995
Mei	0.408	4.041
Juni	0.438	4.214
Juli	0.397	3.858
Agustus	0.391	3.948
September	0.384	3.977
Oktober	0.371	3.779
Nopember	0.389	3.813
Desember	0.408	3.895

Secara umum biaya solar panel sebesar \$ 1,6 per Watt, akan tetapi biaya ini juga dipengaruhi oleh teknologi yang diterapkan pada solar panel tersebut. Biaya investasi awal sistem panel surya meliputi biaya PV array dan biaya lainnya seperti upah pekerja, biaya konstruksi dan pemasangan.

Capital Cost (1 kW) = PVs + Biaya lainnya (upah pekerja, biaya konstruksi dan pemasangan)

Capital Cost (1 kW) = Rp.30.000.000 / kW + Rp. 5.000.000 / kW = Rp. 35.000.000

Tabel 5. Prakiraan data rata-rata kecepatan angin bulanan

NO.	BULAN	Arah Angin Rata-Rata	Kecepatan Angin Rata-Rata
1	Januari	107.6	3.0
2	Pebruari	90.0	2.2
3	Maret	176.9	2.2
4	April	173.0	2.0
5	Mei	221.2	3.4
6	Juni	219.7	4.0
7	Juli	211.3	3.4
8	Agustus	219.6	2.7
9	September	219.0	3.1
10	Oktober	155.2	3.2
11	Nopember	127.7	3.0
12	Desember	107.9	3.1

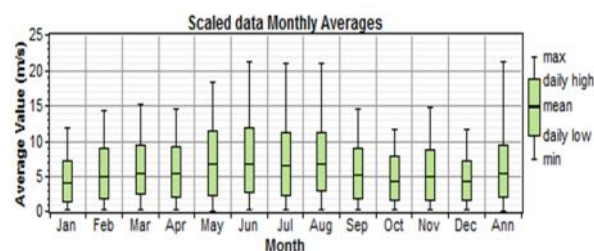
Pada penelitian direncanakan 1 unit panel surya dengan kapasitas 1 kW. Jenis surya paenl yang digunakan adalah surya panel DC. Biaya investasi awal panel surya sebesar Rp. 35.000.000,- (US\$ 3,500) dan biaya pengembaliannya (replacement costs) sebesar Rp. 30.000.000,- (US\$ 3,000). Biaya

operasional dan perawatan sebesar Rp. 250.000,- per jam (US\$/hr 25). Umur operasional surya panel diperkirakan hingga berakhirnya operasi yaitu sekitar 20 tahun.

Energi Angin

Berdasarkan data meteorologi dan Geofisika serta hasil perhitungan kecepatan angin yang dilakukan pada posisi koordinat 02°82 Lintang Utara (LU) dan 95°72 Bujur Timur (BT), dapat ditentukan prediksi kecepatan angin bulanan untuk Desa Langi adalah sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil prakiraan kecepatan angin yang ditunjukkan pada Gambar 6, terlihat bahwa kecepatan angin maksimum terjadi pada bulan Juni sampai Agustus, dan kecepatan angin rata-rata 5,472 m/s. Dan distribusi kecepatan angin berdasarkan distribusi Weibull diberikan dalam Gambar 6. Kecepatan angin 4-6 m/s memiliki frekuensi terbesar untuk terjadi yaitu 14,5%. Dan dari grafik frekuensi kumulatif diperoleh kecepatan angin 3 m/s kemungkinan dapat terjadi dengan frekuensi diatas 11 %, maka dapat disimpulkan turbin angin dengan cut in speed 3 m/s layak untuk dipasang di desa Langi kabupaten Simeulue.



Gambar 6. Prediksi Kecepatan angin rata-rata bulanan

Biaya turbin angin sangat dipengaruhi oleh teknologi yang digunakan dan tinggi tiang turbin. Biaya kerja sipil dan pemasangan turbin angin juga bervariasi tergantung pada kondisi lokasi dan ukuran turbin. Pada penelitian ini, turbin angin yang dipilih sebagai referensi pada simulasi HOMER adalah merek Fuhrlander dengan daya 30 kW bertipe AC.

Biaya investasi awal turbin angin sebesar Rp. 295.500.000,- (US\$ 30,000) dan biaya pengembaliannya (replacement costs) sebesar Rp. 290.000.000,- (US\$ 29,500). Biaya operasional dan perawatan sebesar Rp. 119.000,- per jam (US\$/hr 12). Hub turbin angin dan alat ukur kecepatan angin (anemometer) ditempatkan dengan ketinggian 25 meter. Umur operasional turbin angin diperkirakan hingga berakhirnya operasi yaitu sekitar 20 tahun.

3.4 Hasil Optimasi Sumber Energi

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak HOMER sebanyak 1280 iterasi

dengan besaran sensitivitas 81, diketahui bahwa optimasi terbaik ditunjukkan oleh dua buah pilihan dengan besaran radiasi matahari (Global Solar) 4,5 kWh/m²/hari, kecepatan angin 3 m/det, harga bahan bakar diesel 1,7 \$ per liter dan minimum fraksi 40 %.

Dari hasil optimasi simulasi dan pemodelan HOMER, diperoleh 2 (dua) kombinasi sumber energi sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 7.

Sensitivity variables

Global Solar (kWh/m²/d) 4.5 Wind Speed (m/s) 3 Diesel Price (\$/L) 1.7 Min. Ren. Fraction (%) 40

Double click on a system below for simulation results.

	PV	FL30	Gen1	Gen2	Conv.	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Gen1 (hrs)	Gen2 (hrs)
1	15	110	35			\$ 670,545	128,880	\$ 2,318,060	0.821	0.67	61,238	1,291	5,194
2	55	10	110	30	40	\$ 741,440	126,401	\$ 2,357,264	0.835	0.66	58,786	1,467	4,990

Gambar 7. Hasil Optimasi berdasarkan simulasi HOMER.

Rincian hasil optimasi simulasi dan pemodelan HOMER untuk kedua kombinasi sumber energi tersebut, dapat dirincikan sebagai berikut :

1. Kombinasi pertama, 15 (lima belas) buah turbin berkapasitas 30 kW dengan 2 (dua) generator berkapasitas 110 kW dan 35 kW.

Biaya investasi awal : \$ 670.545
 Biaya operasional : \$ 128 per tahun
 Total NPC : \$ 2.318.060
 CoE : \$ 0,813 per kWh
 Bahan Bakar Diesel : 61.238 liter

Produksi panel surya : -
 Produksi turbin angin : 288.026 kWh/tahun
 Produksi generator diesel 1 : 75.425 kWh/tahun
 Produksi generator diesel 2 : 65.907 kWh/tahun
 Total Produksi Listrik : 429.359 kWh/tahun

Emisi Gas Rumah Kaca
 Emisi CO₂ : 161.260 kg/tahun
 Emisi CO : 398 kg/tahun
 Emisi Hidrokarbon tidak terbakar : 44,1 kg/tahun
 Emisi Particular Matter : 30 kg/tahun
 Emisi SO₂ : 324 kg/tahun
 Emisi NO_x : 3.552 kg/tahun

2. Kombinasi kedua, panel surya dengan kapasitas 55 kW, 10 (sepuluh) buah turbin berkapasitas 30 kW, 2 (dua) generator berkapasitas 110 kW dan 30 kW, inverter berkapasitas 40 kW.

Biaya investasi awal : \$ 593.928
 Biaya operasional : \$ 126.401 per tahun
 Total NPC : \$ 2.357.264
 CoE : \$ 0,835 per kWh
 Bahan Bakar Diesel : 58.786 liter

Produksi panel surya : 71.473 kWh/tahun
 Produksi turbin angin : 192.017 kWh/tahun
 Produksi generator diesel 1 : 85.146 kWh/tahun
 Produksi generator diesel 2 : 50.452 kWh/tahun
 Total Produksi Listrik : 399.088 kWh/tahun

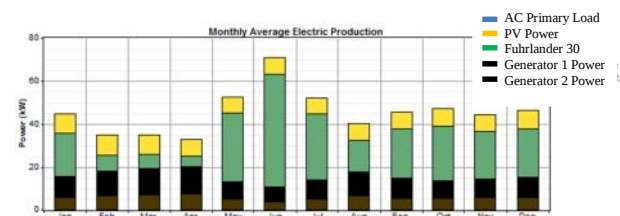
Emisi Gas Rumah Kaca

Emisi CO₂ : 154.803 kg/tahun
 Emisi CO : 382 kg/tahun
 Emisi Hidrokarbon tidak terbakar : 42,3 kg/tahun
 Emisi Particular Matter : 28,8 kg/tahun
 Emisi SO₂ : 311 kg/tahun
 Emisi NO_x : 3.410 kg/tahun

Berdasarkan data optimasi tersebut dengan mempertimbangkan kaji ekonomi dan teknikal, maka untuk memenuhi kebutuhan listrik di desa Langi kecamatan Alafan kabupaten Simeulue dengan besar beban 339 kWh perhari dan beban listrik pada saat jam puncak 77 kW, pilihan kedua menjadi pilihan yang baik untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut.

3.5 Hasil Distribusi Sumber Energi

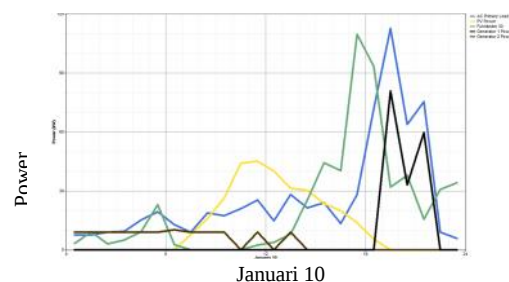
Berdasarkan hasil simulasi produksi listrik rata-rata dari sistem hibrida yang disimulasikan diperoleh distribusi sumber energi. Mengacu pada hasil optimasi sumber energi yang menunjukkan kombinasi sumber energi yang kedua sebagaimana dijelaskan pada subbab hasil optimasi merupakan kombinasi yang direkomendasikan untuk dilaksanakan pada pembangkit listrik tenaga hibrida di desa Langi, Kecamatan Alafan, Kabupaten Simeulue. Distribusi pembangkit untuk produksi listrik rata-rata ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Distribusi Produksi Listrik rata-rata perbulan.

Untuk daya bangkit yang berkisar lebih kecil dari 20 kW disediakan oleh generator. Sedangkan untuk daya bangkit lebih besar dari 20 kW disuplai oleh turbin angin dan panel surya.

Perbandingan beban harian listrik dengan desa Langi terhadap produksi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin dan panel surya berdasarkan hasil simulasi HOMER ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan beban listrik harian terhadap sumber energi.

Dari grafik diatas terlihat bahwa mulai dari jam 1 sampai jam 6 pagi, turbin angin belum beroperasi secara optimal, akan tetapi cukup untuk memenuhi beban listrik pada jam-jam tersebut. Pada jam 6 sampai jam 12 siang daya listrik yang dibangkitkan oleh turbin angin mengalami penurunan dan kondisi ini tergantikan oleh mulai beroperasinya panel surya. Pada jam 12 sampai jam 18, daya yang dibangkitkan oleh turbin angin mulai meningkat sedangkan daya yang dibangkitkan oleh panel surya mulai mengalami penurunan. Pada jam 18 hingga jam 24, kebutuhan beban listrik sebagian besar disuplai turbin angin dan generator.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian kaji prospek pemanfaatan energi angin dan matahari untuk pembangkit energi listrik dalam usaha menurunkan ketergantungan pada bahan bakar fosil di Desa Langi Kepulauan Simeulue dapat disimpulkan :

1. Penggunaan sistem hibrida energi angin–matahari-diesel dengan 40 % didukung oleh energi terbarukan (15 % matahari, 25 % angin) yang didukung oleh 2 unit turbin angin adalah konfigurasi sistem yang ekonomi untuk digunakan.
2. Hasil simulasi didapatkan dua kombinasi sistem pembangkit listrik, yaitu kombinasi pertama berupa 15 (lima belas) buah turbin berkapasitas 30 kW dengan 2 (dua) generator berkapasitas 110 kW dan 35 kW. Total Produksi Listrik yang dihasilkan sebesar 429.359 kWh/tahun dengan biaya investasi awal sebesar \$ 670.545. Kombinasi kedua berupa panel surya dengan kapasitas 55 kW, 10 (sepuluh) buah turbin berkapasitas 30 kW, 2 (dua) generator berkapasitas 110 kW dan 30 kW, inverter berkapasitas 40 kW. Total Produksi Listrik yang dihasilkan sebesar 399.088 kWh/tahun dengan biaya investasi awal \$ 593.928.
3. Hasil optimasi sistem pembangkit listrik hibrida diperoleh sistem pembangkit listrik hibrida yang terdiri dari panel surya dengan kapasitas 55 kW, 10 (sepuluh) buah turbin berkapasitas 30 kW, 2 (dua) generator berkapasitas 110 kW dan 30 kW, inverter berkapasitas 40 kW.
4. Biaya pengadaan bahan bakar jika listrik dibangkitkan oleh generator seluruhnya akan membutuhkan biaya penggunaan bahan bakar berkisar pada USD0,4 per kWh atau lebih tinggi sekitar 25 % dari sistem hibrid.
5. Total daya listrik yang dibangkitkan oleh sistem pembangkit listrik hibrida ini sebesar 399.088 kWh/tahun yang dapat memenuhi kebutuhan listrik di desa Langi sebesar 220,807 kWh/tahun.
6. Distribusi produksi energi listrik persatuan waktu dipenuhi oleh turbin angin, panel surya dan generator diesel. Panel surya bekerja

memenuhi kebutuhan listrik dimulai dari jam 7 pagi hingga jam 18 sore. Sedangkan turbin angin bekerja selama 24 jam dengan daya bangkit yang berfluktuatif terhadap kecepatan angin yang tersedia. Generator diesel bekerja mulai dari jam 18 hingga jam 22.

7. Kontribusi energi angin dalam sistem hibrid yang diusulkan lebih dominan dibandingkan dengan energi matahari.

Daftar Pustaka

- [1] BPS Kabupaten Simeulue, 2010, Simeulue Dalam Angka, Simeulue Provinsi Aceh
- [2] BRR NAD-Nias, 2008, Laporan Studi Potensi Energi Listrik Alternatif di Pedesaan Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam, Banda Aceh
- [3] Homer Energy. Available at HOMER ENERGY. info@homerenergy.com. 2334 Broadway, Suite B, Boulder, CO 80304, USA
- [4] Pembangkit Listrik Tenaga Angin, Prinsip Kerja dan Proses Konversinya (2011), tersedia <http://tugasakhirteknik.com>.
- [5] Dzulfikar Rais Mushthafa, et al, Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Maximum Power Point Tracker (MPPT) dengan Metode Gradient Approximation, Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
- [6] Kunaifi, (2010). Program Homer Untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrida Di Propinsi Riau. Seminar Nasional Informatika 2010, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- [7] L. L. Freris, 1990, Wind Energy Conversion Systems, Prentice Hall International
- [8] Gilman, P., Lambert, T. 2005. Homer the micropower optimization model software started guide. National Renewable Energy Laboratory of United States Government.
- [9] Mahdi Sadiqi. 2012. Basic Design And Cost Optimization Of A Hybrid Power System In Rural Communities In Afghanistan, Thesis Master of Science, Department of Electrical and Computer Engineering, College of Engineering, Kansas State University, Manhattan, Kansas.