

OPTIMASI POTENSI ENERGI TERBARUKAN UNTUK SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HIBRID DI DESA MARGAJAYA BENGKULU UTARA MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK HOMER

Taufik Chemistryadha Wijaya^{*)}, Mochammad Facta, and Yuningtyastuti

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} Email: chemistryadha@gmail.com

Abstrak

Desa Margajaya merupakan salah satu desa transmigrasi yang berada di Provinsi Bengkulu dengan 260 kepala keluarga, daerah tersebut kaya akan sinar matahari dengan rata-rata pertahun 4,79 kWh/m²/hari, sungai dengan debit yang cukup tinggi, yaitu pada Sungai Simpang Kebun dengan debit rata-rata pertahun sebesar 8,57 m³/dt, dan juga terdapat penghasil komoditi perkebunan berupa kelapa sawit seluas 400 hektar, yang setiap minggunya menghasilkan limbah berupa pelepah kelapa sawit, yang apabila limbah tersebut merupakan potensi biomassa yang apabila dimanfaatkan dapat menghasilkan energi listrik yang dapat mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap energi listrik yang berasal dari pembangkit yang menggunakan energi fosil. Sistem pembangkit listrik tenaga hibrid yang bersumber dari energi terbarukan berupa energi matahari, energi mikrohidro, dan energi biomassa menjadi solusi yang tepat untuk membantu pemenuhan kebutuhan energi masyarakat di desa tersebut, pemodelan pembangkit listrik hibrid ini memerlukan bantuan perangkat lunak HOMER versi 2.81. Perangkat lunak tersebut mengoptimasi berdasarkan nilai NPC terendah. Hasil dari simulasi dan optimasi HOMER menunjukkan bahwa secara keseluruhan sistem yang optimum untuk diterapkan di area studi di atas dalam jangka waktu proyek 25 tahun adalah integrasi PLTMH, PLTS dan Biomassa dengan nilai bersih sekarang (net present cost, NPC) sebesar \$ 241.217, biaya pembangkitan listrik (cost of energy, COE) sebesar \$ 0,143 per kWh, dan kelebihan energinya pertahun sebesar 302.241 kWh.

Kata kunci : Simulasi, Optimasi, NPC, COE

Abstract

Margajaya village is one of the transmigration villages in the province of Bengkulu with 260 heads of household, in that area has global solar radiation 4.79 kWh/m²/day, the average flow rate of the simpang kebun river is 8,57 m³/dt, and produces plantation commodities like palm oil of 400 hectares area, which every week produces waste like palm bunches, The waste of which is a very potential biomass. Hybrid power generation system which is sourced from renewable energy such as solar energy, micro-hydro energy, biomass energy and be the best solution to help meet the energy needs of the people in the village, modeling of hybrid power system require assistance HOMER 2.81 version. The software optimizes based on the value of the lowest NPC. The optimum hybrid system from the simulation and optimization result is consist of mycro-hydro, solar cell, and biomass for 25 years project lifetime. The optimum hybrid system has \$ 241.217 of the total Net Present Cost (NPC), Cost of Electricity is \$ 0,143/kWh., and excess electricity is 302.241 kWh/year.

Keywords : Simulation, Optimization, NPC, COE

1. Pendahuluan

Desa Margajaya adalah salah satu kawasan yang terletak di Kecamatan Padang Jaya, yang merupakan bagian dari wilayah Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu. Secara geografis, Desa Margajaya terletak antara 101°32' – 102°8' BT dan 2°15' – 4°00' LS, dengan luas wilayah 5.548,54 km². Secara administrasi ibukota kabupaten adalah Argamakmur, yang terdiri dari 18 kecamatan.

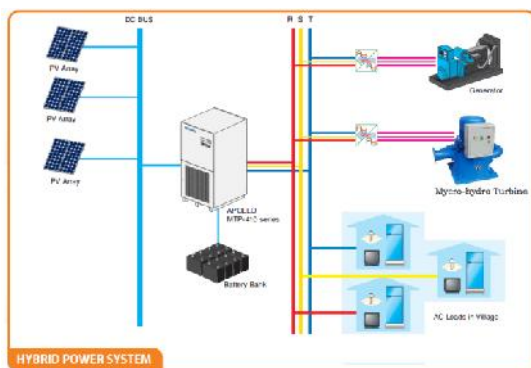
Dengan batas wilayah kabupaten yaitu : Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Muko Muko, Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Sluma dan Kota Bengkulu, Sebelah Timur berbatasan dengan Provinsi Jambi, Kabupaten Lebong dan Kepahiang, Sebelah Barat berbatasan dengan Samudra Indonesia.

Berdasarkan data badan antariksa Amerika Serikat (NASA), daerah di Desa Margajaya kaya akan sinar

matahari dengan rata-rata radiasi pertahun sebesar 4,79 kWh/m²/day. Dan juga memiliki sungai dengan debit yang cukup tinggi, yaitu pada sungai Simpang Kebun dengan debit rata-rata pertahun sebesar 8,57 m³/dt. Selain itu, Desa Margajaya merupakan salah satu Desa di Kecamatan Padang Jaya penghasil komoditi perkebunan yang berupa Kelapa Sawit dan Karet. Perkebunan ini setiap minggunya menghasilkan limbah berupa tandan-tandan dan pelepah kelapa sawit, dimana limbah ini merupakan potensi Biomassa yang jika dimanfaatkan dengan optimal dapat menghasilkan energi listrik yang dapat mencukupi konsumsi daya listrik masyarakat Desa Margajaya.

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) adalah suatu sistem pembangkit listrik yang memadukan beberapa jenis pembangkit listrik, pada umumnya antara pembangkit listrik berbasis BBM dengan pembangkit listrik berbasis energi terbarukan. Merupakan solusi untuk mengatasi krisis BBM dan ketiadaan listrik di daerah terpencil, pulau-pulau kecil dan pada daerah perkotaan. Umumnya terdiri atas: modul foto voltaik, turbin angin, generator diesel, baterai, dan peralatan kontrol yang terintegrasi. Tujuan PLTH adalah mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit sekaligus menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk kondisi-kondisi tertentu, sehingga secara keseluruhan sistem dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien. Mampu menghasilkan daya listrik secara efisien pada berbagai kondisi pembebanan.

Gambar 1 menunjukkan skema sistem hibrida Mikrohidro/PV/Diesel Generator/Baterai.



Gambar 1 Skema Pembangkit Listrik Hibrida

Konfigurasi Pembangkit listrik hibrida (PLH) seperti terlihat di atas yang meliputi beberapa komponen utama yaitu :

- a. *PV Array*, adalah gabungan dari beberapa solar panel yang dirangkai secara seri dan paralel sehingga menghasilkan nilai tegangan tertentu dengan besar daya yang diinginkan. Total energy yang dihasilkan dari PV Array ini tergantung dari:

- Jumlah Solar Panel yang dipasang atau total watt peak module
 - Intensitas matahari ($kW/m^2/day$) di tempat yang akan dipasang
- b. *Hydro turbine*, berperan untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros turbin dihubungkan dengan generator yang mengubah energi mekanis (gerak) menjadi energi listrik. Besarnya energi yang dihasilkan pada turbin hidro ditentukan oleh besar debit air, dimana ketinggian jatuh air juga sangat berpengaruh.
 - c. *Diesel Generator*, diperlukan sebagai kombinasi energi untuk dapat menyuplai daya pada pelayanan beban, terutama pada saat beban puncak atau jika kondisi energi yang disimpan di baterai sudah pada level bawah.
 - d. *Battery Bank* atau rangkaian baterai adalah bagian dari PLH yang fungsinya untuk menyimpan energi yang diperoleh dari solar panel dan turbin mikrohidro.
 - e. *Bi-Directional inverter*, merupakan pengubah dua arah yaitu merubah tegangan DC dari batere menjadi tegangan AC atau sebaliknya dari AC ke sistem DC untuk pengisian energi ke baterai (*charge battery*).

HOMER adalah suatu model sistem pembangkit skala kecil (*micropower*) untuk mempermudah dalam mengevaluasi desain dari jaringan tunggal (*off-grid*) maupun jaringan yang terkoneksi dengan sistem (*grid-connected*). Perangkat lunak ini melakukan perhitungan keseimbangan energi untuk setiap 8.760 jam dalam setahun. Kemudian menentukan konfigurasi yang layak, apakah dapat memenuhi kebutuhan listrik di bawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya instalasi dan sistem operasi selama masa proyek.

Daya output turbin mikrohidro dihitung berdasarkan persamaan:

$$P_{mh} = Q \times h \times \eta \times 9,8 \quad (1)$$

P_{mh} : daya yang dihasilkan (Watt)

h : ketinggian jatuh air (meter)

η : efisiensi turbin (%)

Q : debit air (m³/s)

$$P_{PV} = f_{PV} \cdot Y_{PV} \cdot \frac{G_T}{G_{T,STC}} \quad (2)$$

P_{PV} : daya yang dihasilkan PV (kW)

Y_{PV} : daya output pada pengujian dengan kondisi standar (kW)

f_{PV} : *PV derating factor* (%)

G_T : radiasi sesaat pada permukaan PV array (kW/m²)

$G_{T,STC}$: Radiasi sesaat menurut kondisi standar pengujian (1 kW/m²)

➤ Daya Output Generator

Daya output generator dihitung berdasarkan persamaan:

$$P_{gen} = F \cdot F_0 \cdot \frac{Y_{gen}}{F_1} \quad (3)$$

- P_{gen} : daya output generator (kW)
- F : tingkat konsumsi bahan bakar (L/jam)
- F_0 : kurva koefisien intercept bahan bakar (L/jam/kWrated)
- F_1 : slope kurva bahan bakar (L/jam/kW)
- Y_{gen} : kapasitas generator (kW)

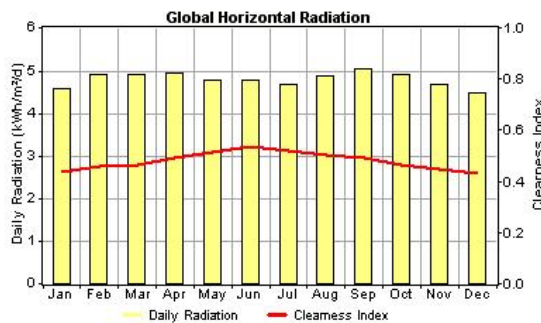
2. Metode

2.1 Perancangan Sistem

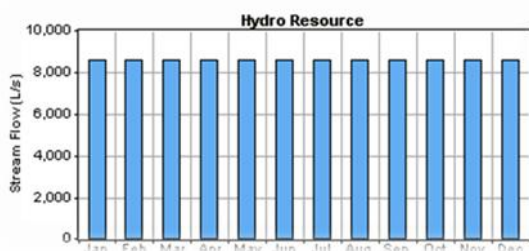
Dalam penelitian ini data-data yang diperlukan didapatkan dari :

1. Data radiasi matahari diperoleh dari database situs resmi NASA (National Aeronautics and Space Administration) dengan koordinat bujur timur 101°32' dan lintang selatan 2°15'.
2. Data debit sungai dari Tesis "Pemodelan Sistem Pembangkit Hibrid Berbasis Energi Terbarukan untuk Menuju Desa Mandiri Energi di Desa Margajaya" oleh Arief Febriansyah Juwito.

Tampilan rata-rata radiasi matahari dan rata-rata debit Sungai Bintuhan ditunjukkan Gambar 2 dan Gambar 3 berikut.



Gambar 2 Rata-rata radiasi matahari



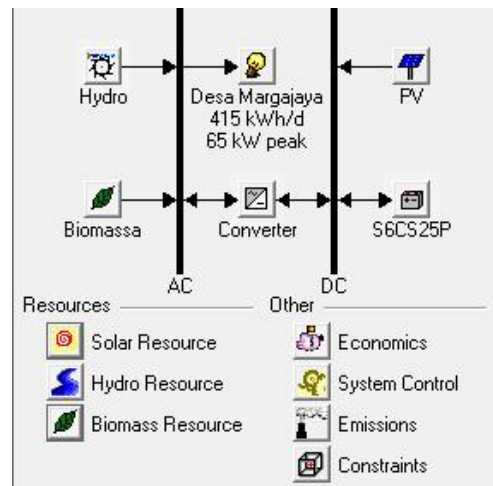
Gambar 3 Debit rata-rata Sungai Bintuhan

2.1.1 Perancangan Pembangkit Listrik Hibrida

Pada Penelitian Tugas Akhir Sistem Hibrid ini menggunakan tiga sumber energi yaitu :

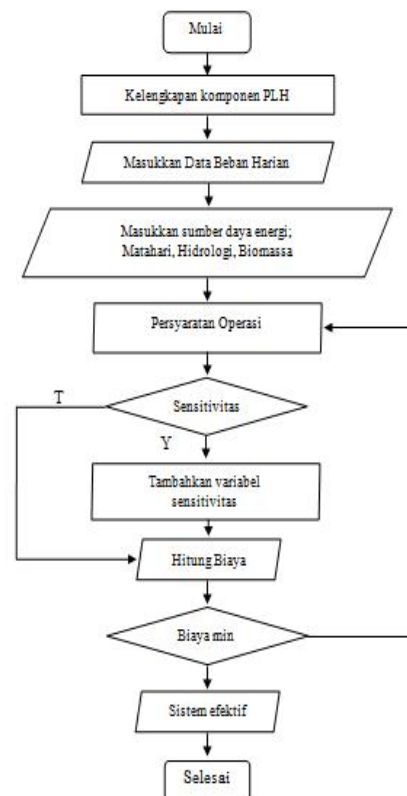
- a. Sumber energi matahari dengan melalui Panel Surya
- b. Sumber energi hidrologi dengan melalui Turbin Mikrohidro
- c. Sumber limbah kelapa sawit dengan menggunakan Biomassa

Gambar 4 adalah model sistem tenaga hibrid yang akan disimulasi dan dioptimasi oleh HOMER.



Gambar 4 Model dan Komponen

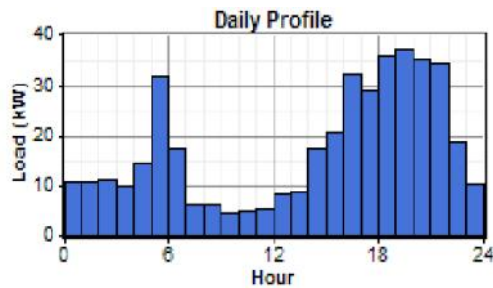
2.2 Diagram Alir Simulasi



Gambar 5 Diagram alir simulasi

2.2.1 Prakiraan Beban

Perancangan sistem tenaga hibrida ini akan disimulasikan untuk memenuhi kebutuhan listrik 260 pelanggan di Desa Margajaya dengan konsumsi beban harian per rumah tangga sebesar 415 kWh. Gambar 5 berikut menunjukkan estimasi beban harian untuk kebutuhan listrik di Desa Margajaya



Gambar 5 Estimasi Beban Desa Margajaya

2.2.2 Komponen Utama Sistem PLTH

Komponen utama sistem pembangkit hibrida terdiri panel *photovoltaic*, turbin mikrohidro, generator diesel, baterai bank dan konverter.

➤ Modul Surya (*Photovoltaic*)

Modul surya yang digunakan adalah tipe SP100-12M dengan rating daya maksimum 100 watt. Modul SP100-12M memiliki *derating factor* 90% dan masa garansi selama 20 tahun.

Tabel 1 Parameter masukan panel surya

Tipe	Modul Surya SP100-12M
Capacity	10 kW
lifetime	20 tahun
derating factor	90%
Tracking system	No
Slope (degrees)	5,2°

➤ Mikrohidro

Parameter masukan pada turbin mikrohidro adalah ketinggian jatuh air, debit desain, rasio debit maksimum dan minimum, dan efisiensi turbin.

Tabel 2 Parameter masukan turbin mikrohidro

Turbin Mikrohidro	
Kapasitas (kW)	50
Umur proyek	30 tahun
Ketinggian jatuh air	5 m
Debit desain	1700 L/s
Minimum <i>flow ratio</i>	25%
Maksimum <i>flow ratio</i>	100%
Efisiensi turbin	60%

➤ Biomassa

Biomassa yang digunakan berkapasitas 10 kW.

Tabel 3 Parameter masukan generator diesel

Deskripsi	Biomassa 10 kWAC
Kapasitas	10 kW
Lifetime	15.000 hours
Minimum load ratio	30%
Abbreviation	Bms

➤ Inverter

Inverter yang digunakan adalah *Bidirectional Inverter (Inverter – Rectifier)* tipe Apollo MTP-4110F.

Tabel 4 Parameter masukan inverter

Inverter	Apollo MTP-4110F
Rating Daya	75 kW
Efisiensi	95%
lifetime	10 tahun

➤ Baterai

Baterai yang digunakan adalah baterai kering *deep cycle* Surrette 6CS25P dengan kapasitas 1.156 Ah.

Tabel 5 Parameter masukan baterai

Baterai	Surrette 6CS25P
Kapasitas	1.156 Ah
Tegangan	6 Volt
Efisiensi	80%
Min.State of charge	40%
Lifetime	12 tahun

➤ Batasan-Batasan Pengoperasian :

- Batasan ekonomi yang digunakan untuk semua perhitungan ketika sistem disimulasikan adalah *annual real interest rate* 7.5%, umur/masa manfaat proyek selama 25 tahun.
- Dispatch strategi* yang digunakan adalah *Cycle charging* dan *maximum annual capacity shortage* sebesar 0%.
- Denda emisi adalah denda yang dikenakan terhadap perusahaan, untuk membatasi emisi-emisi yang dihasilkan sistem apabila melebihi batas yang ditetapkan. Berdasarkan data Energy Information Administration (EIA), dilakukan pinalti emisi CO₂ sebesar \$100/ton, NO₂ sebesar \$5000/t dan SO₂ sebesar \$2000/t.

2.2.3 Biaya Komponen Sistem

Biaya Komponen Sistem Hibrida Mikrohidro/PV/Biomassa ditunjukkan pada Tabel .6 Setiap komponen (mikrohidro, modul surya, biomassa, baterai dan konverter) terdiri dari biaya modal, biaya pengganti dan biaya operasional dan pemeliharaan (O&M). Biaya pengganti turbin mikrohidro dianggap tidak ada karena usia turbin mikrohidro pada umumnya mencapai 30 tahun, sedangkan usia proyek diasumsikan 25 tahun.

Tabel 6 Parameter masukan biaya ekonomi

Komponen	Modal	Biaya pengganti	O&M
Photovoltaic	\$2520/kW	\$2520/kW	\$25/thn
Biomassa	\$2.000	\$1.600	\$0.085/jam
Mikrohidro	\$105.000	0	\$2600/thn
Konverter	\$23.000	\$23.000	\$450/thn
Baterai	\$1.295	\$1.295	\$10/thn

Setelah melalui langkah – langkah diatas, HOMER akan mensimulasi dan mengoptimasi model PLH yang telah ditentukan.

3. Hasil dan Analisa

Simulasi dan optimasi dengan menggunakan HOMER menghasilkan beberapa konfigurasi yang berbeda sesuai dengan batasan minimum kontribusi energi terbarukannya. Tabel 7 berikut menunjukkan variabel masukan untuk setiap komponen PLH.

Tabel 7 Variabel sensitivitas komponen sistem

No.	Mikrohidro	PLTS	Biomassa	Baterai	Konverter
1	50	20	10	0	60
2		30		40	75
3		40		80	90
4		50		120	100
5		60		160	

Hasil konfigurasi sistem yang optimal ditentukan oleh besarnya NPC (*Net Present Cost*) terkecil, karena NPC adalah biaya keseluruhan sistem selama jangka waktu tertentu. Hasil konfigurasi sistem PLH yang optimal berdasarkan analisis Homer ditunjukkan pada Gambar 6 sebagai berikut :

	PV (kW)	Hydro (kW)	Bms (kW)	SECS2SP	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
1	50.0	40	60			\$ 175,400	5,904	\$ 241,217	0.143	1.00
2	50.0	10	40	60		\$ 195,400	5,675	\$ 258,659	0.153	1.00
3	20	50.0	40	60		\$ 225,900	6,913	\$ 302,856	0.179	1.00
4	20	50.0	10	40	60	\$ 245,800	6,683	\$ 320,298	0.190	1.00

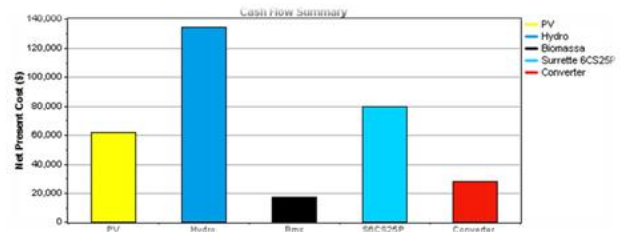
Gambar 6 Hasil optimasi Homer

Konfigurasi pembangkit listrik hibrida yang optimum terdiri dari PLTS 20 kW, PLTMH 50 kW, Biomassa 10 kW, 40 unit baterai 1.156 Ah dan inverter 60 kW dengan sistem pengisian baterai *cycle charging*. Konfigurasi ini dipilih pada baris pertama dengan total *Net Present Cost* sebesar \$241.217, biaya pembangkitan listrik (*Cost of energy*) sebesar \$ 0,143/kWh.

➤ Biaya - Biaya

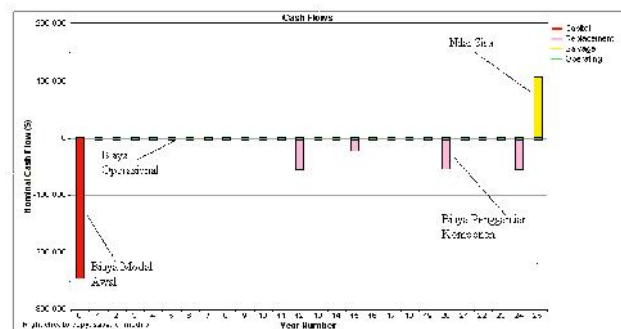
Net Present Cost (NPC) merupakan biaya keseluruhan sistem selama jangka waktu tertentu. Total NPC

mencakup semua biaya yang dikeluarkan selama proyek berlangsung, terdiri dari biaya komponen, biaya pengganti, biaya pemeliharaan, biaya bahan bakar, biaya penalti emisi, dan biaya suku bunga. Gambar 7 menunjukkan ringkasan biaya NPC sistem.



Gambar 7 Ringkasan biaya NPC system

Biaya terbesar yang harus dikeluarkan adalah biaya investasi awal yaitu sebesar \$245.800 dari total NPC, diikuti biaya penggantian komponen sebesar \$49.031, dan biaya operasional dan pemeliharaan sebesar \$43.027. Sedangkan biaya komponen terbesar terdapat pada Turbin Mikrohidro, hal ini disebabkan karena biaya investasi turbin yang besar . Kemudian Homer juga menghitung kapasitas untuk baterai, dan modul surya, pada komponen sistem hingga batas akhir proyek berlangsung.

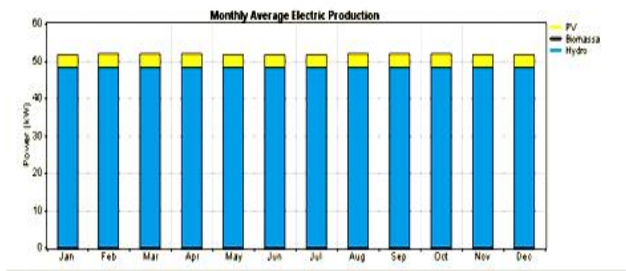


Gambar 8 Aliran biaya sistem PLH

Gambar 8 menunjukkan aliran biaya sistem PLH, dimana pengeluaran terbesar adalah pada awal proyek untuk membeli komponen-komponen sistem, kemudian pengeluaran rutin per-tahun adalah biaya operasional. Sesuai data sheet modul surya, pada tahun ke-20 terdapat pengeluaran untuk mengganti modul surya, penggantian baterai dilakukan setiap 12 tahun, penggantian konverter setiap 10 tahun, sedangkan mikrohidro dianggap tidak memiliki nilai penggantian karena umur proyek untuk mikrohidro adalah selama 30 tahun, sedangkan umur proyek 25 tahun.

➤ Produksi Listrik

Hasil produksi listrik masing-masing komponen dijelaskan secara rinci di bawah ini.



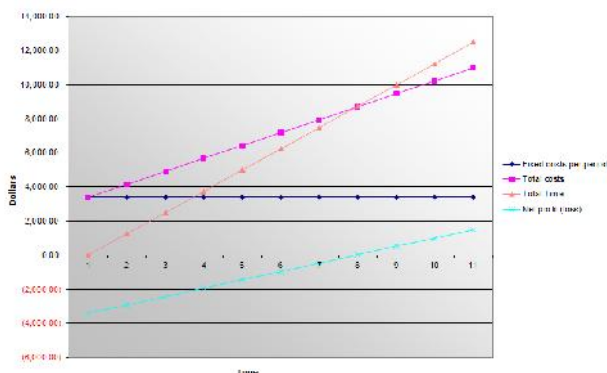
Gambar 9 Rata-rata produksi energi selama setahun

Gambar 9 di atas menunjukkan rata-rata produksi energi listrik masing-masing komponen Parameter keluaran yang terdapat pada grafik di atas adalah biru (mikrohidro), sel surya (kuning), dan biomassa (hitam). Total produksi listrik yang dihasilkan oleh sistem mikrohidro, panel surya dan biomassa rata-rata pertahun sebesar 453.883 kWh.

Excess electricity atau kelebihan listrik yang terdapat pada sistem ini adalah sebesar 302.241 kWh pertahun atau 66,7 %. Kelebihan listrik ini adalah selisih total produksi energi listrik selama satu tahun yang dihasilkan oleh sistem dan total beban yang disuplai. *Renewable Fraction* pada sistem sebesar 100 %. *Renewable Fraction* adalah persentase jumlah energi terbarukan pada sistem.

➤ **Analisa Break Even Point**

Break Even Point dapat diartikan dengan suatu metode untuk mengetahui kondisi dimana suatu usaha mampu menyeimbangkan total biaya dan total pendapatan sehingga investor memahami parameter yang dapat membuat usahanya menjadi untung, seperti ditunjukkan pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10 Payback Period masing-masing komponen hibrid

Gambar 10 menunjukkan hasil dari analisis break even point masing-masing komponen sistem hibrid. Hasil analisis break even point terlihat bahwa komponen sistem pembangkit listrik hibrid akan mengalami pengembalian modal selama 8 tahun masa investasi proyek.

➤ **Analisa Iuran Warga Terhadap Keberlangsungan PLTH**

Masing-masing peralatan PLTH mempunyai umur pemakaian yang berbeda-beda, seperti umur pemakaian komponen PLTH. Untuk itu diperlukan biaya penggantian komponen yang harus ditanggung oleh warga. Dimana di Desa Margajaya terdapat 260 kepala keluarga. Berikut rincian untuk biaya yang harus dibayarkan oleh warga dengan lama project life 25 tahun.

Tabel 8 Rincian Biaya yang harus dikeluarkan

	Rincian
Biaya penggantian komponen PLTH	Rp. 4.916.000.000,00
Total Biaya penggantian komponen PLTH	Rp. 980.620.000,00
Biaya Operasional	Rp. 860.540.000,00

Dari rincian Tabel 8 diperoleh total biaya yang harus dibayarkan oleh warga untuk penggantian baterai dan operasional pembangkit listrik hybrid dalam jangka waktu 5 tahun sebesar Rp 9.218.700.000,00. Sehingga setiap kepala keluarga harus membayar iuran sebesar Rp 275.814,00/bulan.

4. Kesimpulan

Konfigurasi sistem yang optimal ditentukan oleh besarnya Net Present Cost (NPC) yang terendah, dimana NPC mencakup biaya keseluruhan sistem selama jangka waktu tertentu. Hasil simulasi Homer mendapatkan konfigurasi sistem yang optimal berupa 50 kW Turbin Mikrohidro, 20 kW Panel Surya, 10 kW Biomassa, 40 unit Baterai sebesar 1.156 Ah, 60 kW konverter, dengan total NPC sebesar \$ 241.217 dan biaya keekonomian (COE) sebesar \$ 0,143/kWh.

Referensi

- [1]. Anayochukwu, Vincent., Potentials of Optimized Hybrid System in Powering Off-Grid Macro Base Transmitter Station Site, University of Nigeria, 2013.
- [2]. Ariani, Wisna Dwi., Analisis Kapasitas dan Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Komunal Desa Kaliwungu Kabupaten Banjarnegara. Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang, 2014
- [3]. Asidik, Nur., Studi Evaluasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Cokro Tulung di Desa Daleman Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten. UGM, Yogyakarta, 2011.
- [4]. Asosiasi Pabrikan Modul Surya Indonesia. www.apamsi.org
- [5]. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bengkulu Utara; www.bengkuluutarakab.bps.go.id
- [6]. Bank Indonesia. www.BI.go.id
- [7]. Depco Power System : www.depco.com/product
- [8]. Febriansyah Juwito, Arif., Pemodelan Sistem Pembangkit Hibrid Berbasis Energi Terbarukan untuk

- Menuju Desa Mandiri Energi di Desa Margajaya. Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2013.
- [9]. Febriansyah Juwito, Arif., Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Margajaya, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 2012.
- [10]. Getting Started Guide for Homer Legacy Version 2.68, National Renewable Energy Laboratory of US, 2011.
- [11]. Gilman, Paul., Lilienthal Peter., Micro power System Modeling with Homer. Mistaya Engineering Inc, National Renewable Energy Laboratory of US, 2006.
- [12]. Haryanto, Agus., Fauzan M Inu., Lanya, Budianto., Kinerja Teknis dan Biaya Pembangkit Listrik Mikrohidro (Technical and Cost Performance of Microhidro Power Plant). Universitas Lampung, Lampung, 2013.
- [13]. Herlina, Analisis Dampak Lingkungan dan Biaya Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Pulau Sebesi Lampung Selatan. Thesis, Universitas Indonesia, Depok, 2009.
- [14]. Ismail., Supriono., Analisis Ekonomi Energi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Meragun (Desa Meragun, Kec. Nanga, Kab. Sekadau). Jurnal ELKHA Vol. 5, No. 1. PT. PLN (Persero), Universitas Tanjungpura, Kalimantan Barat, 2013.
- [15]. Kaplan Hydro Turbine : http://hecong.en.alibaba.com/product/1032829348218709989/50KW_Kaplan_hydro_turbine.html
- [16]. Kumar L, Deepak., Bhusan D, Bibhuti., Akella, A.K., Optimization of PV/Wind/Micro-Hydro/Diesel Hybrid Power System in Homer for the study Area, International Journal on Electrical Engineering and Informatics, India, 2011
- [17]. NASA Surface Meteorology and Solar Energy, www.eosweb.larc.nasa.gov
- [18]. Rolls Battery. www.rollsbattery.com/products
- [19]. Sulasno, Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [20]. Susilo, Guspan Hidi., Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Diesel dan Energi Terbarukan di Pulau Enggano Bengkulu Utara Menggunakan Perangkat Lunak Homer. Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang, 2014.