

OPTIMASI PENGGUNAAN SUMBER ENERGI LISTRIK DI DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS DIPONEGORO DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK HOMER

Andre Barry Prawira^{*)}, Bambang Winardi dan Agung Nugroho

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: andrebarry22@gmail.com

Abstrak

Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro terletak di Semarang, Jawa Tengah. Lokasi ini memiliki iradiasi yang cukup besar, hal ini dapat dimanfaatkan untuk membangun pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). PLTS adalah sistem pembangkit yang memanfaatkan sinar matahari yang nantinya akan dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan PV. HOMER adalah suatu model sistem pembangkit skala kecil untuk mempermudah dalam mengevaluasi desain dari jaringan tunggal (off-grid) maupun jaringan yang terkoneksi dengan sistem (grid-connected). HOMER memungkinkan pemodelan untuk membandingkan banyak opsi desain yang berbeda berdasarkan manfaat teknis dan ekonomi mereka. Dengan menggunakan HOMER diharapkan dapat mengetahui konfigurasi sistem pembangkit yang optimal juga dapat mengetahui besar potensi energi terbarukan di Teknik Elektro. Hasilnya dengan menggunakan HOMER di dapat konfigurasi yang optimal yaitu photovoltaic (PV)-Grid, dengan 255.530 kWh/tahun untuk daya yang dihasilkan oleh PV dan 158.788 kWh/tahun daya yang disuplai oleh grid untuk memenuhi permintaan beban sebesar 414.319 kWh/tahun.

Kata kunci : energi terbarukan, PLTS, HOMER, grid, photovoltaic

Abstract

The department of electrical engineering university diponegoro located in Semarang, central Java. This location having irradiated large enough, this can be used to build solar power generating stations (plts). Plts is a system power station who use of sunlight that will be being converted into electrical energy use pv. To homer was some kind of model a system of the operation of its a small scale to make it easy for in is the need of evaluation a design of a worldwide network of only begotten or unique son (off-grid) as well as the tissue on which it is connected with a system of (grid-connected). Homer made it possible for modeling in order to compare many an option a different design berdasarkan of the benefits of the technical skills nor the their economic. By the use of homer competition is expected can understand my insight into the operation of its the system configuration of optimal able to find out also large potential energy of renewable in electrical engineering. The results using homer in be optimum configuration of photovoltaic (PV) -grid, with 255.530 / program for power that year produced by pv 158.788 / years and given resources supplied by the grid to meet a demand 414.319 / program of the year.

Keywords: renewable energy, plts, homer, the grid, photovoltaic,

1. Pendahuluan

Universitas Diponegoro adalah salah satu kampus negeri yang terletak di Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Secara Geografis, Universitas Diponegoro terletak pada posisi 7°03'04.5" Lintang Selatan dan 110°26'27.5" Bujur Timur. Universitas Diponegoro terdiri dari 11 Fakultas dan 2 sekolah, dengan rincian 21 Program Studi Diploma (D3), 51 Program Studi Sarjana, 35 Program Studi Magister (S2), 18 Program Pendidikan Dokter Spesialis, 3 Program Profesi dan 13 Program Studi Doktor (S3). Salah satu Program Sarjana yang ada di Universitas Diponegoro adalah S1 Teknik

Elektro yang merupakan salah satu Jurusan di Fakultas Teknik.[1]

Bedasarkan data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang, Daerah Kota Semarang yang merupakan wilayah Teknik Elektro Universitas Diponegoro berada, memiliki rata-rata radiasi matahari sebesar 7,96 kWh/m²/d, dan juga memiliki rata-rata suhu sebesar 28,1°C[2]. Dimana hal ini data ini dapat dimanfaatkan dengan optimal untuk menghasilkan energi listrik yang dapat membantu menghemat biaya konsumsi listrik di Teknik Elektro Universitas Diponegoro.

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Fotovoltaik mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor...

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*). HOMER memungkinkan pemodelan untuk membandingkan banyak opsi desain yang berbeda berdasarkan manfaat teknis dan ekonomi mereka. Perangkat lunak ini melakukan perhitungan keseimbangan energi untuk setiap 8.760 jam dalam setahun. Kemudian menentukan konfigurasi yang layak apakah dapat memenuhi kebutuhan listrik dibawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya instalasi dan sistem operasi selama masa proyek.[3]

Studi sejenis yang pernah dilakukan adalah, Taufik Chemistryadha Wijaya melakukan studi kelayakan sistem tenaga hibrida di Desa Margajaya Bengkulu Utara dengan mengoptimalkan tenaga biomassa, surya, mikrohidro dan baterai[4]. Dan penelitian Lambertus Sinaga yang melakukan studi kelayakan sistem tenaga hibrida di Pulau Nyamuk Karimun Jawa Jawa Tengah dengan mengoptimalkan tenaga biomassa, surya, angin dan diesel generator sebagai tenaga cadangan.[5]

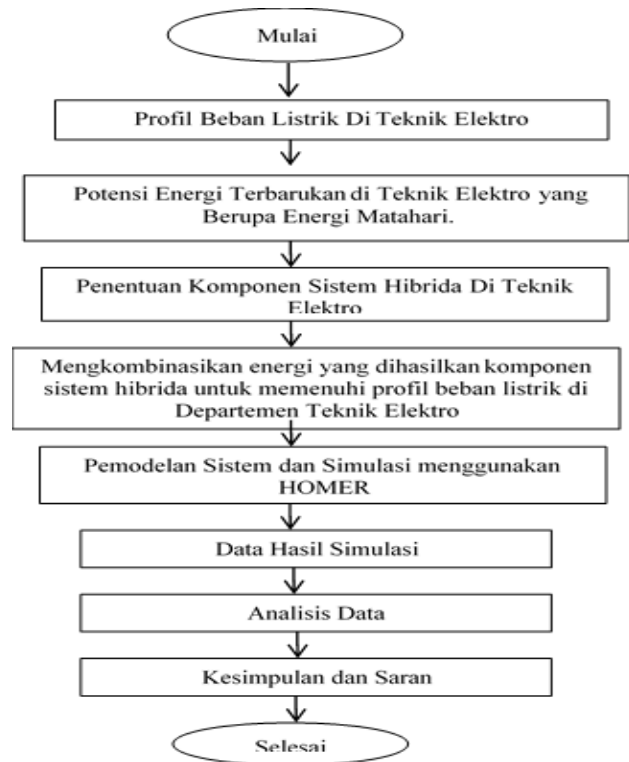
Tujuan pembuatan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui besar potensi energi matahari yang terdapat di Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
2. Mengetahui beban harian, beban puncak, beban rata-rata, dan faktor beban.
3. Mengetahui modal awal untuk membangun PLTS
4. Mengetahui pembelian dan penjualan energi listrik menggunakan sistem hibrida.
5. Menganalisis kinerja masing-masing komponen sistem pembangkit listrik saat bekerja bersama-sama dengan menggunakan perangkat lunak HOMER untuk kondisi *on-grid*.
6. Menentukan konfigurasi sistem pembangkit listrik hibrida yang optimal, dilihat dari biaya produksi energi listrik atau NPC (*Net Present Cost*) dan ketersediaan sumber energi terbarukan di Teknik Elektro Undip menggunakan perangkat lunak HOMER untuk kondisi *on-grid*.

2. Metode

2.1. Perancangan Simulasi PLTS di Departemen Teknik Elektro

Diagram alir perancangan simulasi PLTS di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram alir metode perancangan[10]

2.2. Data Sistem

Data sistem perancangan simulasi PLTS ini terdiri dari beberapa bagian penting, yaitu alat elektronik yang terpasang di Teknik Elektro, profil beban listrik di Teknik Elektro, dan potensi energi terbarukan di Teknik Elektro.

2.2.1. Profil Beban

Penelitian ini menggunakan data beban dari Departemen Teknik Elektro Undip, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Selama ini Teknik Elektro hanya dialiri listrik oleh PLN saja.

Tabel 1. Alat Elektronik di Teknik Elektro

Alat Elektronik	Jumlah	Watt/Unit
Lampu TL	13	36 w
Lampu TL	142	18 w
AC Panasonic CS PN18RKP 2KP	5	1940 w
AC National	8	1500 w
Komputer Lenovo Putih	35	120 w
Lampu SL	158	23 w
Lampu LED	59	10.5 w
AC Daikin	2	1500 w
AC Panasonic CS PC18NKP 2PK	16	1920 w
Komputer Lenovo Hitam	26	220 w
Dispenser Miyako	1	420 w
Monitor Samsung PS 42E7s	1	310
AC Panasonic CS PN18SKP 2PK	15	1660 w
Kipas Maspion	9	45 w
Kulkas Polytron SCP 15 series	2	160 w
LCD Epson EB X36	2	277 w
Amplifier TOA ZA 1025	10	25 w
CCTV	7	12 w
LCD SONY VPL EW255	3	314 w
LCD Epson EB 1955	3	337 w
LCD Acer XD1150	3	243 w
Pompa Air GrundFos JD Basic 5	3	1500 w
Kipas Cosmos	1	46 w
Kipas Maspion F 167 S	1	55 w
Lampu Sorot Goll CEIP65	4	550 w
Dispenser Royal RCA 2111 IX	2	500 w
Canon IR 3300	2	1350 w
Kulkas Polytron SCP 15 series	1	160 w

Tabel 2. Profil Beban Weekdays

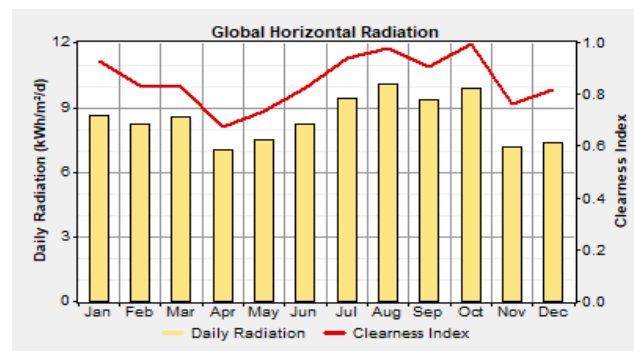
Jam	Beban (kWh)
00.00-01.00	0.37
01.00-02.00	0.37
02.00-03.00	0.37
03.00-04.00	0.37
04.00-05.00	0.37
05.00-06.00	0.37
06.00-07.00	6.33
07.00-08.00	66.93
08.00-09.00	125.967
09.00-10.00	125.967
10.00-11.00	125.967
11.00-12.00	125.967
12.00-13.00	120.287
13.00-14.00	125.967
14.00-15.00	125.967
15.00-16.00	127.532
16.00-17.00	127.532
17.00-18.00	62.434
18.00-19.00	0.37
19.00-20.00	0.37
20.00-21.00	0.37
21.00-22.00	0.37
22.00-23.00	0.37
23.00-00.00	0.37

Tabel 3. Profil Data Weekend

Jam	Beban (kWh)
00.00-01.00	0.37
01.00-02.00	0.37
02.00-03.00	0.37
03.00-04.00	0.37
04.00-05.00	0.37
05.00-06.00	0.37
06.00-07.00	6.33
07.00-08.00	1.927
08.00-09.00	2.017
09.00-10.00	2.017
10.00-11.00	2.017
11.00-12.00	2.017
12.00-13.00	2.017
13.00-14.00	2.017
14.00-15.00	2.017
15.00-16.00	2.017
16.00-17.00	6.517
17.00-18.00	1.927
18.00-19.00	0.37
19.00-20.00	0.37
20.00-21.00	0.37
21.00-22.00	0.37
22.00-23.00	0.37
23.00-00.00	0.37

2.2.2. Potensi Energi Matahari

Potensi energi Matahari sebagai sumber energi dinyatakan dalam data indeks kecerahan (*Clearnex Incex*) dan radiasi sinar matahari (*Solar Radiation*) yaitu rata-rata global radiasi matahari pada permukaan horizontal, dinyatakan dalam kWh/m², untuk setiap hari dalam satu tahun [6]. Data *surface meteorology and solar energy (SMSE)* dari Badan Meteorologi, klimatologi, dan Geofisika (BMKG) telah digunakan sebagai sumber informasi radiasi Matahari di Teknik Elektro. Berikut ini adalah grafik potensi energi Matahari Teknik Elektro.



Gambar 2. Potensi energi Matahari di Teknik Elektro

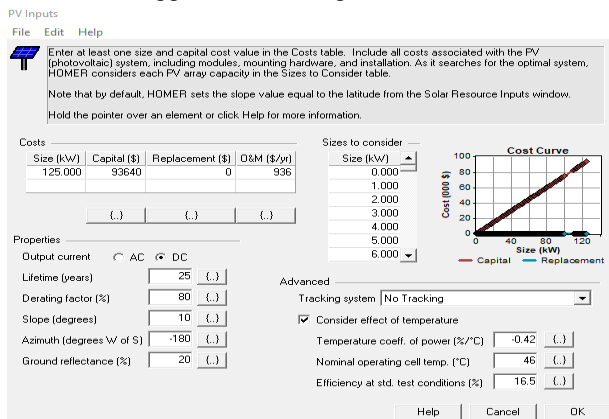
2.2.3. Komponen Utama Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

Semua harga investasi yang digunakan pada simulasi ini didapat di Teknik Elektro yang telah dikonversikan ke dalam mata uang US\$ dengan nilai kurs transaksi Bank Indonesia, yaitu kurs jual US\$ 1 sebesar Rp 14.515 .

A. Panel Surya (PV)

HOMER memodelkan PV array sebagai peralatan yang memproduksi energi DC. Daya Ppv (DC) yang dibangkitkan oleh modul surya dengan mengabaikan efek temperatur pada PV.

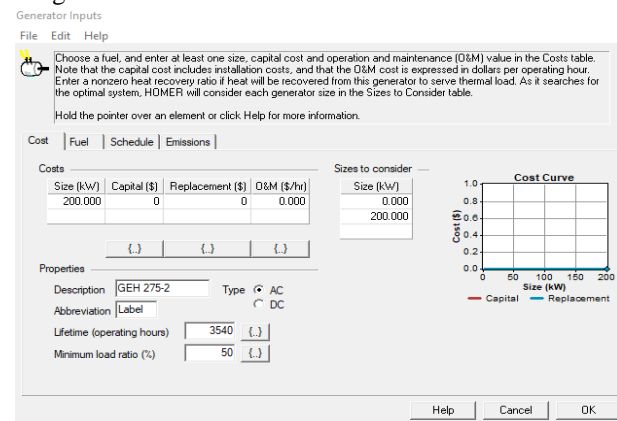
Biaya dari PV array ditentukan melalui biaya modal yang dimiliki (\$), biaya pengganti komponen (\$), dan biaya operasi & pemeliharaan (\$/yr). Biaya pengganti adalah biaya untuk mengganti sel surya apabila mengalami kerusakan hingga batas waktu garansi.



Gambar 3. Parameter masukan panel surya[11]

B. Generator Diesel

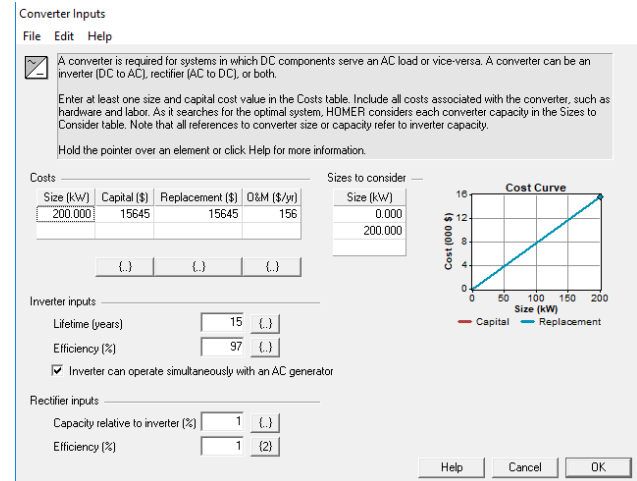
HOMER dapat memodelkan sistem tenaga listrik sebanyak tiga generator, dengan keluaran berupa AC/DC, dan bahan bakar yang berbeda. Kurva bahan bakar menggambarkan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh generator untuk menghasilkan listrik.



Gambar 4. Parameter masukan generator diesel

C. Konverter

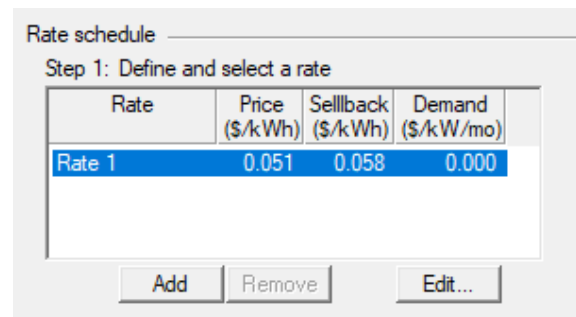
Konverter yang digunakan adalah jenis *Grid Tie Inverter* yang digunakan dalam sistem PLTS *OnGrid* tipe GTIB-100-G1.2 dai Princeton Power System . Pemilihan *inverter* jenis ini dengan pertimbangan karena spesifikasi dari *inverter* ini dapat terhubung dengan jaringan listrik PLN, sehingga dapat menentukan kapan harus mengambil listrik dari PLN dan kapan memasok listrik hasil PLTS ke jaringan PLN.



Gambar 5. Parameter masukan inverter[12]

D. Grid

Perencanaan sistem pembangkit hibrida kali ini di buat dengan sistem *on-grid* sehingga membutuhkan aliran listrik dari PLN. Di HOMER sendiri parameter yang dimasukkan adalah harga pembelian dan juga harga penjualan listrik tersebut.



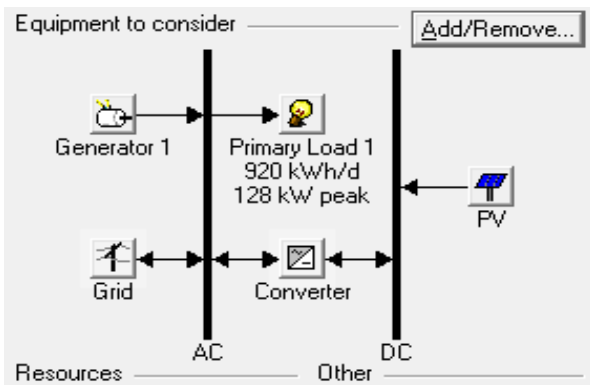
Gambar 6. Parameter masukan Grid

3. Hasil dan Analisis

3.1. Hasil Optimasi HOMER

Proses optimasi dilakukan setelah proses simulasi selesai dilakukan. Proses simulasi awal ini bertujuan untuk menentukan variabel ukuran optimum pada masing-

masing komponen utama yang terpasang saat beroperasi sendiri.



Gambar 7. Konfigurasi sistem pembangkit hibrida saat optimasi

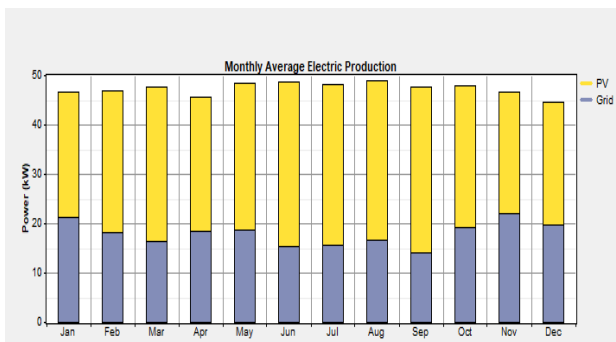
	PV (kW)	Label (kW)	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Label (hrs)
	125	250	200	1000	\$ 109,285	5,036	\$ 164,449	0.045	0.62		0
	125	200	1000		\$ 109,285	5,036	\$ 164,449	0.045	0.62		
		250		1000	\$ 0	17,015	\$ 186,383	0.051	0.00		0
				1000	\$ 0	17,015	\$ 186,383	0.051	0.00		

Gambar 8. Konfigurasi optimum sistem PLTH hasil optimasi HOMER

HOMER mengurutkan hasil konfigurasi berdasarkan nilai NPC (*Net Present Cost*) terkecil karena NPC merupakan biaya keseluruhan sistem selama jangka waktu tertentu. Hasil konfigurasi sistem PLTH yang optimum ditunjukkan pada Gambar 8.

Konfigurasi pembangkit listrik hibrida yang optimum yaitu terdiri dari panel surya (photovoltaic) 125 kW, konverter 200 kW, dan grid. Dengan nilai NPC paling rendah yang \$164.449.

3.2. Produksi Listrik Saat Bersistem Hibrida



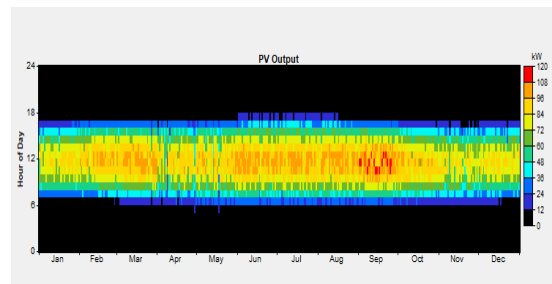
Gambar 9. Rata-rata produksi energi listrik pada sistem

Gambar 9 di atas menunjukkan rata-rata produksi energi listrik masing-masing komponen. Parameter keluaran yang terdapat pada grafik di atas adalah sel surya (kuning), dan

Grid (Ungu). Total produksi listrik yang dihasilkan oleh sistem panel surya dan grid rata-rata pertahun sebesar 414.319 kWh.

Excess electricity atau kelebihan listrik yang terdapat pada sistem ini adalah sebesar 0.000989 kWh pertahun atau 0.00 %. 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 0.617 %. *Renewable Fraction* adalah persentase jumlah energi terbarukan pada sistem.

3.2.1. Daya Yang Dihasilkan PLTS



Gambar 10. Daya yang dihasilkan PLTS

Gambar 10 merupakan daya yang dihasilkan oleh PLTS yang terjadi selama setahun yang terjadi dalam rentang waktu 24 jam dengan hasil simulasi yang menunjukkan bahwa daya output akan maksimal pada pukul 10.00-15.00 dengan total produksi energi pertahun sebesar 255.530 kWh.

3.2.2. Daya Yang Dihasilkan Grid

Tabel 4 adalah hasil simulasi dari HOMER yang menunjukkan angka Energi yang di beli (*Energy Purchased*), Energi yang terjual (*Energy Sold*), *Net Purchases*, *Peak Demand*, *Energy Charge* dan *Demand Charge*.

Dapat dilihat di kolom energi terjual dan energi yang dibeli, di setiap bulannya terjadi perbedaan angka, hal ini bisa saja terjadi karna pengaruh beban tiap bulannya dan iradiasi matahari tiap bulannya sehingga mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh PV. Hal ini dikarenakan listrik yang akan dijual kembali ke grid adalah berasal dari daya yang dihasilkan oleh PV. Dapat dilihat pada *Energy Purchased* menunjukkan angka 158.788 kWh sedangkan *Energy Sold* menunjukkan angka 70.870 kWh.

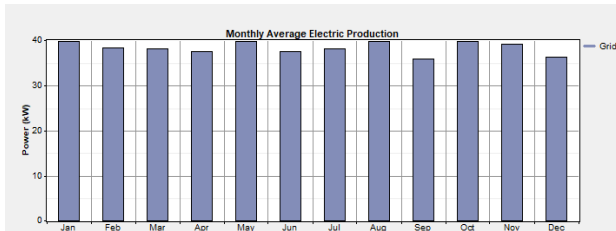
Net Purchased adalah Kwh tetap yang dibeli (jikalau positif) atau dijual (jikalau negatif). *Net Purchased* didapatkan melalui hasil pengurangan dari *Energy Purchased* dan *Energy Sold*. Dapat dilihat di gambar 10 pada kolom *Net Purchased* menunjukkan angka 87.918 kWh.

Sedangkan *Energy Charge* adalah harga yang harus dibayarkan setiap bulannya. Angka ini diperoleh dengan cara *Energy Purchased* dikalikan dengan harga beli per kWh nya setelah itu dikurangi hasil dari *Energy Sold* dikalikan harga jual per kWh nya. Dapat dilihat di gambar 10 pada kolom *Energy Charge* menunjukkan angka \$3.944

Tabel 4. Hasil Simulasi Grid Pada HOMER

	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
Jan	16,040	4,428	11,611	114	556	0
Feb	12,365	5,120	7,244	109	330	0
Mar	12,369	6,439	5,931	104	254	0
Apr	13,404	5,291	8,113	110	373	0
May	13,883	5,884	7,998	114	363	0
Jun	11,105	7,352	3,753	104	137	0
Jul	11,584	6,834	4,751	100	191	0
Aug	12,451	6,263	6,188	100	268	0
Sep	10,207	7,730	2,477	105	70	0
Oct	14,429	5,397	9,032	116	419	0
Nov	15,999	4,674	11,325	123	540	0
Dec	14,952	5,457	9,495	117	442	0
Annual	158,788	70,870	87,918	123	3,944	0

3.3 Produksi Listrik Sebelum Bersistem Hibrida



Gambar 11. Produksi energi listrik pada sistem Grid-Beban

Gambar 11 menunjukkan bahwa total sumber daya listrik yang dihasilkan berasal dari Grid. Total Produksi listrik yang dihasilkan oleh sistem Grid pertahun sebesar 335.781.

Tabel 5 adalah hasil simulasi dari HOMER , gambar di atas menunjukkan angka Energi yang dibeli (*Energy Purchased*) , Energi yang terjual (*Energy Sold*) , *Net Purchases*, *Peak Demand*, *Energy Charge* dan *Demand Charge*.

Dapat dilihat pada kolom *energy sold* bernilai 0 , hal ini dikarenakan tidak adanya energi listrik yang dapat dijual kembali ke grid, dikarenakan tidak adanya sumber energi lain selain grid yang menghasilkan energi listrik. Sedangkan pada kolom *energy charge* terlihat harga yang harus dibayarkan setiap bulannya dan total per tahunnya adalah \$17.015 hal ini sesuai dengan harga *Operating Cost* pada hasil optimasi grid-beban.

Tabel 5. Hasil simulasi Grid

Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)
Jan	29,546	0	29,546	128	1,497	0
Feb	25,731	0	25,731	128	1,304	0
Mar	28,312	0	28,312	128	1,435	0
Apr	27,040	0	27,040	128	1,370	0
May	29,546	0	29,546	128	1,497	0
Jun	27,040	0	27,040	128	1,370	0
Jul	28,312	0	28,312	128	1,435	0
Aug	29,546	0	29,546	128	1,497	0
Sep	25,806	0	25,806	128	1,308	0
Oct	29,546	0	29,546	128	1,497	0
Nov	28,275	0	28,275	128	1,433	0
Dec	27,078	0	27,078	128	1,372	0
Annual	335,781	0	335,781	128	17,015	0

4. Kesimpulan

Bedasarkan hasil simulasi HOMER dapat diliat daya yang harus disuplai oleh sistem PLTS ini untuk memenuhi kebutuhan beban adalah sebesar 920 kWh/hari dengan beban puncak 128, beban rata-rata 38,3 Kw, dan faktor beban 0,300 dan hasil optimasi pada homer menunjukan konfigurasi yang paling optimal yaitu PV-Grid-Generator-Inverter dan Grid-PV-Inverter. Karna memiliki nilai NPC yang paling rendah yaitu \$ 164.449.Sementara Modal awal yang harus dikeluarkan untuk mengawali perencanaan sistem PLTH ini sebesar \$ 109.285.Daya yang dihasilkan saat bersistem PV-Grid adalah 255.530 kWh/tahun untuk PV dan 158.788 kWh/tahun untuk Grid.Konsumsi daya pertahun saat bersistem PV-Grid adalah sekitar 406.659 kWh/tahun.

Energi daya yang dibeli setiap tahun nya adalah sebesar 158.788 kWh, sedangkan energi yang terjual sebesar 70.870 kWh. Dan energi yang harus dibayarkan sebesar \$3.944.

Referensi

- [1]. Universitas Diponegoro, 2018. Lokasi Univeritas Diponegoro. <https://www.undip.ac.id/language/id/lokasi> (diakses pada 15 Juli 2018)
- [2]. Data IntensitasPenyinaran dan Radiasi Matahari 2015-2017. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Jawa Tengah ,Stasiun Klimatologi Semarang 2014.
- [3]. T. Lambert, P. Gilman, dan P. Lilienthal, “Micropower system modeling with HOMER”, Mistaya Engineering Inc, National Renewable Energy Laboratory, USA, 2012.
- [4]. T. C. Wijaya, “Optimasi potensi energi terbarukan untuk sistem pembangkit *hybrid* di Desa Margajaya Bengkulu Utara menggunakan perangkat lunak HOMER”, Skripsi, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2014.

- [5]. Lambertus Sinaga, "Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Surya, Angin, Biomassa, dan Diesel di Pulau Nyamuk Karimunjawa Jawa Tengah Dengan Menggunakan Perangkat Lunak HOMER" Skripsi, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [6]. Agus, S, I Kadek, Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1 MWp Terinterkoneksi Jaringan Di Kayubih, Bangli. Denpasar, Universitas Udayana, 2008.
- [7]. Jurnal Taufik Wijaya "Optimasi potensi energi terbarukan untuk sistem pembangkit *hybrid* di Desa Margajaya Benngkulu Utara menggunakan perangkat lunak HOMER"
- [8]. ABB, *Technical Application Papers N0.10Photovoltaic Plants*, Bergamo Italy, 2008,
- [9]. Omran, Walid, *Performance Analysis of Grid-Connected Photovoltaic Systems*, *Electrical and Computer Engineering University of Waterloo*, 2010.
- [10]. "Getting started guide for HOMER legacy version 2.68", National Renewable Energy Laboratory of USA, USA. 2011.
- [11]. Spesifikasi Panel Surya YL320P-35b
- [12]. Spesifikasi Inverter Princeton Power System tipe GTIB 100 GI2
- [13]. Universitas Diponegoro, 2018. Lokasi Univeritas Diponegoro. <https://www.undip.ac.id/language/id/lokasi> (diakses pada 15 Juli 2018)