

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) UNTUK ANALISIS BIAYA DAN POTENSI DAYA DI DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS DIPONEGORO

Alfredo Bastianta Bukit^{*}), Trias Andromeda, dan Enda Wista Sinuraya

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

^{*}E-mail: alfredobukit@students.undip.ac.id

Abstrak

Departemen Teknik Sipil Universitas Diponegoro adalah salah satu tempat yang berpotensi untuk pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Perencanaan pemasangan PLTS menggunakan program Helioscope dan Homer. Helioscope merupakan sebuah program berbasis web yang memungkinkan para insinyur untuk melakukan simulasi lengkap perencanaan berupa tampilan 3D. Data hasil simulasi Helioscope tersebut digunakan untuk penentuan jumlah PV dan potensi daya sebagai input pada HOMER. HOMER adalah suatu perangkat lunak untuk pemodelan sistem pembangkit skala kecil. Dengan menggunakan HOMER, diharapkan perencanaan PLTS menggunakan konfigurasi yang paling optimal dilihat dari potensi daya dan biaya hasil simulasi. Konfigurasi yang paling tepat dipasang di Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro adalah konfigurasi *Grid*-PLTS-generator dengan PV 300WP. Produksi energi yang dihasilkan sistem adalah 381.145 kWh/tahun dengan jumlah PV 622 buah. Produksi energi PV adalah 288.141 kWh/tahun dan *Grid* 101.647 kWh/tahun. Berdasarkan biaya, perkiraan pengeluaran 5 tahun pertama jika menggunakan skema 5 *Grid*PLTS-Generator adalah Rp2.050.995.835. Perkiraan pendapatan 20 tahun berikutnya jika menggunakan skema 5 *Grid* PLTS-Generator adalah Rp2.292.508.582.

Kata kunci: PLTS, PV, Helioscope, HOMER, Grid

Abstract

Diponegoro University Civil Engineering Department is one of the potential places for the installation of a Solar Power Plant (PLTS). Planning for PLTS installation using the Helioscope and Homer program. Helioscope is a web-based program that allows engineers to carry out a complete simulation of planning in the form of a 3D view. Helioscope simulation data is used to determine the amount of PV and potential power as input to the HOMER. HOMER is a software for modeling small-scale generating systems. By using HOMER, it is hoped that the PLTS planning will use the most optimal configuration seen from the power potential and the cost of the simulation results. The most appropriate configuration to be installed at the Diponegoro University Civil Engineering Building is the Grid-PLTS-generator configuration with PV 300WP. The energy production generated by the system is 381,145 kWh /year with a total PV of 622 units. PV energy production is 288,141 kWh / year and Grid 101,647 kWh/year. Based on costs, the estimated expenditure for the first 5 years using the 5 Grid-PLTS-Generator scheme is IDR 2,050,995,835. The estimated income for the next 20 years using the 5 Grid PLTS-Generator scheme is IDR 2,292,508,582.

Keywords : Solar Plant, PV, Helioscope, Homer, The Grid

1. Pendahuluan

Kebutuhan konsumsi energi di Indonesia meningkat setiap tahun karena pembangunan di Indonesia sudah membaik dari tahun ke tahun. Selain itu, kemajuan teknologi dan juga laju pertumbuhan ekonomi juga mempengaruhi penggunaan energi di setiap kalangan. Kebutuhan-kebutuhan energi di negara Indonesia secara langsung mempengaruhi produksi agar terus berkembang dan meningkat. Solusi untuk mengatasi masalah peningkatan energi termasuk mengurangi penggunaan energi fosil adalah dengan memanfaatkan energi terbarukan. [1].

Produksi energi listrik di Indonesia sebagian besar masih menggunakan energi fosil untuk memenuhi kebutuhan energi. Meskipun penggunaan fosil sangat efisien, tentu saja penggunaan energi fosil masih memiliki kelemahan, antara lain berdampak buruk bagi lingkungan dimulai dari polusi, pencemaran air oleh limbah dan juga polusi suara akibat mesin-mesin berkapasitas besar dalam prosesnya.

Energi fosil merupakan energi yang tak dapat diperbaharui sehingga sewaktu-waktu dapat habis. Produksi energi terbarukan merupakan energi yang dihasilkan oleh alam

dan dapat dipakai berulang ulang, contohnya energi air, energi matahari, energi angin dan lain-lain. Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian ESDM menyusun Rencana Umum Energi Nasional dengan menargetkan bauran Energi Baru dan Terbarukan (EBT) mencapai 23% pada tahun 2025. Sementara menurut PLN, Penggunaan EBT baru mencapai 12,1% pada Oktober 2019 [2].

Indonesia adalah negara tropis yang memiliki potensi yang tinggi untuk memanfaatkan energi terbarukan tersebut, termasuk potensi energi matahari atau energi surya. Sebagai sumber energi alternatif, potensi energi surya sangat besar dibuktikan dengan tingkat radiasi rata-rata yang relatif tinggi yaitu sebesar 5,5 kWh/m²/hari[3]. Pemanfaatan *photovoltaic* sangatlah cocok untuk memanfaatkan energi surya berdasarkan data tersebut. Penggunaan perangkat-perangkat pembangkitan energi surya tersebut juga relatif mudah dan dapat diterapkan di berbagai tempat, seperti bangunan sekolah, perumahan, industri dan sarana publik lainnya.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan Pembangkit yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik [4].

Salah satu tempat yang berpotensi untuk diadakannya PLTS adalah di gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Teknik Sipil adalah salah satu program studi di Universitas Diponegoro yang terletak di kecamatan Tembalang, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Berdasarkan data *National Aeronautic and Space Administration (NASA)*, wilayah Universitas Diponegoro memiliki rata-rata radiasi matahari sebesar 7,96 kWh/m²/hari, dan suhu rata-rata sebesar 28,1°C[3]. Berdasarkan data ini pemanfaatan PLTS dapat dilaksanakan secara maksimal di gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro.

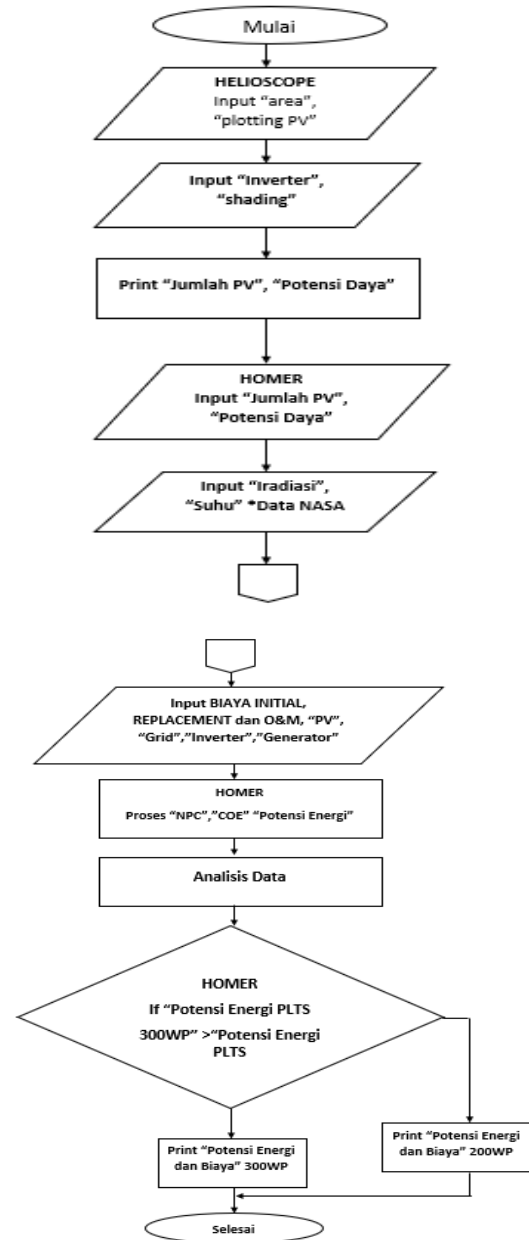
Berdasarkan keterkaitan data dengan pemanfaatan PLTS, Pemasangan dan penerapan PLTS pada gedung teknik sipil dapat dilakukan secara simulasi dengan aplikasi. Salah satu aplikasi yang dapat digunakan adalah aplikasi HOMER. Aplikasi Homer adalah suatu model sistem pembangkit listrik skala kecil (*micropower*) untuk mempermudah dalam mengevaluasi desain dari jaringan tunggal (*off-Grid*) maupun yang terkoneksi dengan jaringan (*on-Grid*). Dengan aplikasi ini, memungkinkan banyak pemodelan untuk membandingkan banyak opsi desain yang berbeda berdasarkan variabel, manfaat teknis, dan juga ekonomi. [5]

2. Metode

2.1. Perancangan PLTS Untuk Analisis Biaya dan Potensi Biaya di Departemen Teknik Sipil Universitas Diponegoro

Diagram alir perancangan sistem PLTS dengan menggunakan program Helioscope dan HOMER di

Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro dapat dilihat pada gambar berikut. [7][8]



Gambar 1. Diagram alir perancangan sistem

2.2. Data Sistem

Data sistem dibutuhkan sebagai input dalam perancangan PLTS di Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro untuk analisis biaya dan potensi daya.

2.2.1. Profil Departemen Teknik Sipil Universitas Diponegoro

Tugas akhir ini menggunakan Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro sebagai objek penelitian. Alamat

Gedung tersebut berada di Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Secara astronomis Universitas Diponegoro terletak pada 7°03'04.5" Lintang Selatan dan 110°26'27.5. Data tersebut digunakan sebagai input di program Helioscope. Profil beban didapat dan dihitung berdasarkan penggunaan per-jam dan dibedakan menjadi dua periode, yaitu ketika *weekday* dan *weekend*.

Tabel 1. Profil Beban *Weekdays dan Weekend*

Jam	Beban (kWh)	
	Weekday	Weekend
00.00-01.00	3,1185	4,943
01.00-02.00	3,1185	6,173
02.00-03.00	3,1185	6,173
03.00-04.00	3,1185	6,173
04.00-05.00	3,1185	6,173
05.00-06.00	3,1185	6,173
06.00-07.00	9,8385	4,859
07.00-08.00	21,6795	4,859
08.00-09.00	59,458	4,983
09.00-10.00	70,589	4,983
10.00-11.00	72,90225	33,307
11.00-12.00	93,076	6,507
12.00-13.00	62,537	6,552
13.00-14.00	67,3165	8,224
14.00-15.00	92,91175	16,197
15.00-16.00	68,47675	14,514
16.00-17.00	63,9425	41,314
17.00-18.00	60	17,108
18.00-19.00	50,9315	18,748
19.00-20.00	33,526	18,508
20.00-21.00	25,7	8,7
21.00-22.00	11,777	8,7
22.00-23.00	7,07	7,07
23.00-00.00	3,1185	6,158
Total	893,56175	267,1

2.2.2. Potensi Energi Matahari

Tabel 2. Data radiasi dan suhu

Bulan	Radiasi (kWh/m ² /Hari)	Suhu(°C)
Januari	4.603	25,27870968
Februari	5.292	25,175
Maret	4.55	25,03419355
April	5.083	25,715
Mei	5.408	25,16451613
Juni	5.143	24,209
Juli	5.379	24,33806452
Agustus	5.935	25,1883871
September	6.488	26,34966667
Oktober	6.539	27,51096774
November	6.142	27,65517241
Desember	5.501	26,37709677
Rata-rata	5.505	25,66631455

Wilayah Semarang merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi energi matahari. Potensi energi matahari yang dapat dimanfaatkan adalah iradiasi dan juga energi panas(suhu). Departemen Teknik Sipil Yang berada di wilayah semarang ini mendapat iradiasi sinar matahari yang sangat tinggi setiap tahunnya. Iradiasi sinar matahari dan suhu tersebut digunakan untuk merancang kapasitas terbesar yang ditangkap oleh panel surya[12]. Data mengenai iradiasi dan suhu di dapat melalui laman resmi

NASA (*National Aeronautic and space Administration*) dapat dilihat pada Tabel 2[3].

2.2.3. Komponen Utama Sistem Perancangan Sistem

Komponen utama yang akan digunakan dalam perancangan sistem [6][7]adalah

A. Panel Surya (PV)

Pada perancangan sistem PLTS di Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro menggunakan 2 kapasitas PV yang berbead. PV yang akan digunakan adalah PV dengan kapasitas 200WP dan 300WP. Potensi daya dan biaya kedua PV akan dibandingkan untuk mengetahui konfigurasi paling optimal. Biaya dari PV *array* ditentukan melalui biaya modal yang dimiliki (\$), biaya pengganti komponen (\$), dan biaya operasi & pemeliharaan (\$/yr)[8]. Biaya pengganti adalah biaya untuk mengganti sel surya apabila mengalami kerusakan hingga batas waktu garansi.[13]

Costs			
Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
173.000	187903	187903	1695

(a)

Costs			
Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
186.600	185281	185281	1700

(b)

Gambar 2. Input PV (a) Input PV 200WP, (b) Input PV 300WP

B. Generator Diesel

Fungsi generator digunakan hanya sebagai *back-up* daya pengganti ketika sumber listrik dari PLN padam[5][14]. Untuk penggunaan generator tidak bisa dipastikan per tahun sehingga untuk input biaya hanya memanfaatkan isi tangki dalam keadaan penuh. Estimasi untuk tangki penuh adalah 400 L dengan harga per liter Rp 9.300 sehingga membutuhkan biaya Rp 3.720.000,-/tahun atau \$262,62/tahun.

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/hr)
200.000	0	0	262.000

Gambar 3. Input generator

C. Konverter

Konverter yang digunakan adalah jenis *Grid Tie Inverter* yang digunakan dalam sistem PLTS *On-Grid* [6] tipe

GTIB-100-G1.2 dari 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.

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
200.000	16592	16592	166

Gambar 4. Input inverter

C. Grid

Perencanaan sistem pembangkit energi terbarukan ini di buat dengan sistem *on-Grid* sehingga membutuhkan aliran listrik dari PLN[13]. Di HOMER sendiri parameter yang dimasukkan adalah harga pembelian dan juga harga penjualan listrik tersebut[10]

Rate	Price (\$/kWh)	Sellback (\$/kWh)	Demand (\$/kW/mo)
Rate 1	0.074	0.048	0.000

Gambar 5. Input Grid

2.2.4. Biaya Modal dan Komponen Sistem

Biaya Perancangan PLTS di Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro dibedakan menjadi biaya perancangan PLTS dengan PV 200WP dan PV 300WP. Biaya perancangan PLTS tersebut dapat dilihat pada Tabel 3. [9][11]

Tabel 3. Rincian harga perancangan sistem.

Nama Komponen	Biaya PV 200WP	Biaya PV 300WP
Modal awal Pinjaman dari bank	Rp1.835.350.000	Rp 1.809.740.000
Bunga pinjaman	9%	9%
Waktu Pembayaran	5 tahun	5 tahun
Total Bunga yang harus dibayar per tahun	Rp165.181.500	Rp 162.876.600
Bunga Selama 5 tahun	Rp825.907.500	Rp 814.383.000
Modal Investasi Total	Rp2.661.257.500	Rp 2.624.123.000
Cicilan (per tahun)	Rp532.251.500	Rp524.824.600

Selain biaya tersebut, estimasi biaya perawatan dan maintenance sekitar Rp 24.000.000 /tahun.

3. Hasil Simulasi dan Analisis

3.1. Hasil Simulasi Helioscope

Perencanaan PLTS di Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro menggunakan 2 data kapasitas PV yang berbeda untuk menganalisis potensi daya dan biaya.



(a)

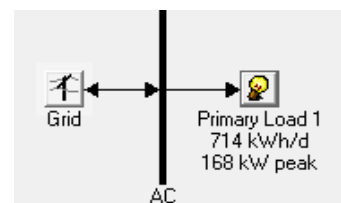


(b)

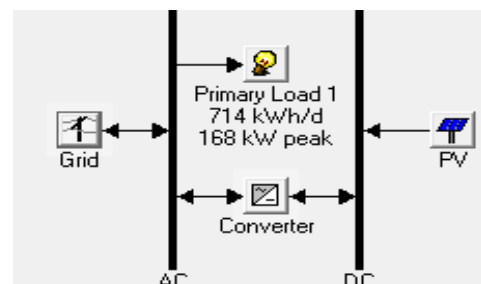
Gambar 6. Gambar hasil Simulasi (a) PV 200WP, (b) PV 300WP

Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi dengan Helioscope. Berdasarkan hasil simulasi tersebut PV 200WP berjumlah 865 buah dengan potensi daya 173 kW. Untuk energi yang dapat dihasilkan oleh PV tersebut adalah 246,5 MWh/tahun. Jumlah PV 300WP adalah 622 buah dengan potensi daya 186,6 kWh. Energi yang dihasilkan adalah sekitar 277 MWh/tahun. Data jumlah PV dan potensi daya PV tersebut akan digunakan sebagai penentuan jumlah biaya dan input HOMER[15].

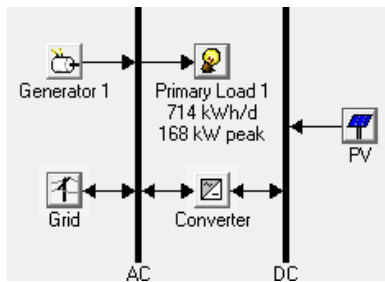
3.2. Hasil Simulasi Homer



Gambar 7. Konfigurasi Grid [15]



Gambar 8. Konfigurasi Grid-PLTS



Gambar 9 Konfigurasi Grid-PLTS-Generator

Pada simulasi Homer, ada 5 Skema yang akan digunakan. Skema tersebut berdasarkan sebelum dan sesudah pemasangan PLTS. Konfigurasi sistem dapat dilihat pada Gambar

- Skema 1 Grid
- Skema 2 Grid-PLTS PV 200WP
- Skema 3 Grid-PLTS-Generator PV 200WP
- Skema 2 Grid-PLTS PV 300WP
- Skema 3 Grid-PLTS-Generator PV 300WP

Hasil simulasi menunjukkan potensi daya skema 2 dan 3 menghasilkan potensi daya yang sama dan juga Skema 4 dan 5 menghasilkan potensi daya yang sama.

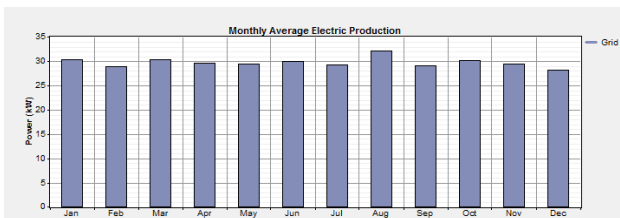
a. Skema 1 (Grid)

Pada Skema 1 adalah skema sebelum pemasangan PLTS, sehingga konsumsi beban 100 persen akan disuplai oleh Grid.

Production	kWh/yr	%	Consumption	kWh/yr	%
Grid purchases	260,610	100	AC primary load	260,610	100
Total	260,610	100	Total	260,610	100

Gambar 10. Produksi dan konsumsi energi listrik skema 1

Pada Gambar 10 tersebut dapat dilihat produksi dan konsumsi energi listrik. Beban yang ada di gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro adalah 260.610 kWh/tahun. Produksi energi listrik dari Grid yaitu 260.619 kWh/tahun. Grafik produksi energi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik produksi listrik

b. Skema 2 dan 3 (PV 200WP)

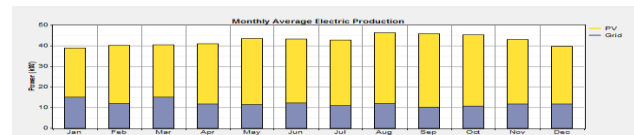
Skema 2 dan 3 memiliki potensi daya yang sama dikarenakan PV yang sama yaitu PV 200WP. Perbedaan

antara skema 2 dan 3 adalah pada pembiayaan dan generator sebagai back up daya.

Production	kWh/yr	%	Consumption	kWh/yr	%
PV array	267,141	72	AC primary load	260,610	71
Grid purchases	106,039	28	Grid sales	104,556	29
Total	373,180	100	Total	365,166	100

Gambar 12. Produksi dan konsumsi energi listrik skema 2 dan 3

Berdasarkan Gambar 12 Total energi yang diproduksi oleh sistem adalah 373.180 kWh/tahun dengan produksi PV 267.141 kWh/tahun dan produksi Grid adalah 106.039 kWh/tahun. Persentase produksi energi tersebut adalah 72% dari PLTS dan 28% dari Grid. Konsumsi energi hasil simulasi adalah AC primary load sebesar 260.610 kWh/tahun dan Grid 104.556 kWh. Total konsumsi energi adalah 365.166 kWh/tahun. Grafik produksi energi tersebut dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik produksi energi skema 2 dan 3

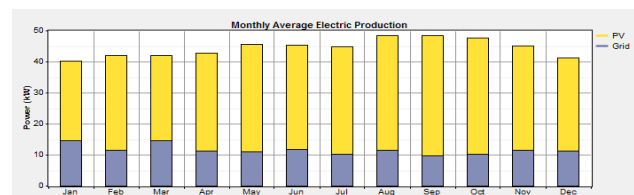
c. Skema 4 dan 5 (PV 300WP)

Skema 4 dan 5 memiliki potensi daya yang sama dikarenakan PV yang sama yaitu PV 300WP. Perbedaan antara skema 4 dan 5 adalah pada pembiayaan dan generator sebagai back up daya.

Production	kWh/yr	%	Consumption	kWh/yr	%
PV array	288,141	74	AC primary load	260,610	68
Grid purchases	101,648	26	Grid sales	120,535	32
Total	389,789	100	Total	381,144	100

Gambar 14. Produksi dan konsumsi energi listrik skema 4 dan 5

Berdasarkan Gambar 14 Total energi yang diproduksi oleh sistem adalah 389.789 kWh/tahun dengan produksi PV 260.610 kWh/tahun dan produksi Grid adalah 101.649 kWh/tahun. Persentase produksi energi tersebut adalah 74% dari PLTS dan 26% dari Grid. Konsumsi energi hasil simulasi adalah AC primary load sebesar 260.610 kWh/tahun dan Grid 120.535 kWh. Total konsumsi energi adalah 381.144 kWh/tahun. Grafik produksi energi tersebut dapat dilihat pada Gambar 15.



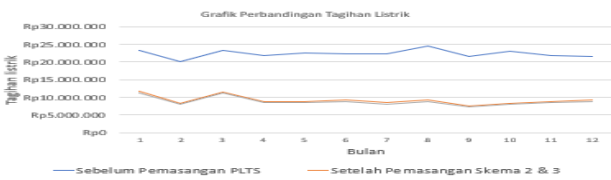
Gambar 15. Grafik produksi energi listrik skema 4 dan 5

3.3. Analisis Biaya Perancangan Sistem

Pada analisis biaya perancangan akan dibandingkan biaya tagihan listrik sebelum dan sesudah pemasangan PLTS, Penjualan energi listrik berdasarkan kapasitas PV, Aliran Kas masa proyek dan nilai NPC (Net Present Cost) dan COE (Cost Of Energy) masing- masing konfigurasi sistem.

a. Tagihan Sesudah dan sebelum

Setelah melakukan perhitungan berdasarkan regulasi dan perhitungan Energi listrik didapat perbandingan Tagihan listrik sebelum dan sesudah pemasangan PLTS. Perbandingan Tagihan listrik dapat dilihat pada Gambar 16.

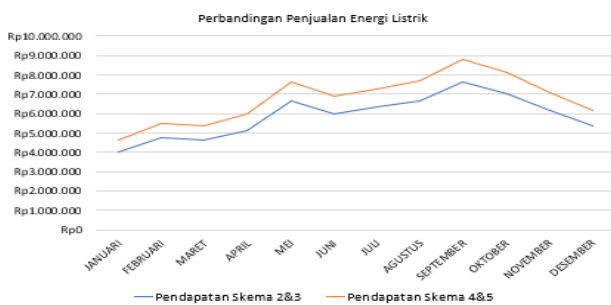


Gambar 16. Grafik perbandingan tagihan listrik

Gambar 16 merupakan grafik berdasarkan tagihan sebelum dan sesudah pemasangan PLTS. Tagihan total sebelum pemasangan adalah Rp 268.044.327 /tahun. Setelah pemasangan PLTS dengan PV 200WP maka tagihan listrik Rp 109.833.075 /tahun sehingga potensi hemat daya sekitar Rp158.211.252. Setelah pemasangan PLTS dengan PV 300WP maka tagihan listrik Rp 105.384.965 / tahun sehingga potensi hemat daya sekitar Rp162.759.362.

b. Penjualan Energi Listrik

Pada penjualan listrik, berdasarkan Permen ESDM No 49 Tahun 2018, nilai kWh ekspor import sebesar 65%, sehingga harga jual listrik ke PLN sebesar : Rp 673.257 /kWh. kelebihan energi dari PLTS dapat dijual ke PLN. Perbandingan penjualan energi pemasangan PLTS 200WP dan 300WP dapat dilihat pada Gambar 17.



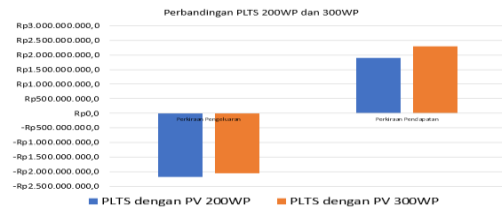
Gambar 17 Grafik penjualan listrik

Gambar 17 menunjukkan gambar grafik penjualan listrik berdasarkan data kelebihan energi yang dijual. Pada PLTS

dengan PV 200WP, total pendapatan dalam 1 tahun adalah Rp70.392.386. Untuk PLTS dengan PV 300WP, total pendapatan dalam 1 tahun adalah Rp162.759.362.

c. Aliran Kas Masa Proyek

Perencanaan PLTS yaitu merencanakan pemasangan PLTS di Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Modal untuk pemasangan berasal dari pinjaman bank dengan cicilan selama 5 tahun. Aliran kas yang dihitung adalah 5 tahun pertama pelunasan cicilan bunga pinjaman ke bank dan tahun berikutnya adalah pendapatan hasil jual energi listrik dan potensi hemat daya setelah pemasangan PLTS. Aliran kas perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18 Grafik aliran kas

Gambar 18 adalah gambar grafik aliran kas perancangan PLTS selama masa proyek. Berdasarkan grafik maka untuk perancangan PLTS dengan PV 200WP, perkiraan biaya yang harus dikeluarkan selama 5 tahun adalah Rp2.187.404.708,8 dan untuk 20 tahun berikutnya adalah pendapatan sebesar Rp1.895.411.245. PLTS dengan PV 300WP, perkiraan biaya yang harus dikeluarkan selama 5 tahun adalah Rp2.050.995.835 dan untuk 20 tahun berikutnya merupakan pendapatan sebesar Rp2.292.508.582.

d. Nilai NPC dan COE

Tabel 5. Perbandingan NPC dan COE sebelum dan sesudah pemasangan PLTS

Nilai	Konfigurasi		Selisih
	Skema 5 PV-Grid-Generator	Skema 1 Grid	
NPC	\$ 17.620 (Rp249.550.298)	\$ 18.003 (Rp254.974.689)	\$ 383 (Rp 5.424.390,7)
COE	\$ 0,070 /kWh (Rp 991,403 /kWh)	\$ 0,074/kWh (Rp 1099,93)	\$ 0.004/kWh (Rp56,65/kWh)

Penentuan NPC dan COE adalah untuk perkiraan biaya yang akan dikeluarkan sehingga berdasarkan hal tersebut dapat diketahui konfigurasi sistem yang paling optimal[15]. Berdasarkan nilai NPC dan COE sebenarnya skema yang paling optimal adalah skema 4 dengan konfigurasi sistem yaitu Grid-PLTS dengan PV 300WP. Namun berdasarkan survey Gedung Teknik Sipil Universtas Diponegoro sudah memiliki generator sebagai *back up* daya apabila terjadi pemadaman listrik. Jadi skema 4 adalah asumsi bahwa tidak pernah sekalipun terjadi

pemadaman listrik. Berdasarkan fungsi sistem yang paling tepat adalah Skema 5 dengan konfigurasi Grid-PLTS-Generator dengan PV 300WP. Perbedaan NPC dan COE dengan skema yang dipilih paling optimal dapat dilihat pada tabel 5.

4. Kesimpulan

Skema yang paling tepat dalam pemasangan PLTS sistem On-Grid di Gedung Teknik Sipil Universitas Dionegoro adalah skema 5 dengan konfigurasi Grid-PLTS-Generator dengan jumlah PV sebanyak 622 buah. Total konsumsi energi rata-rata per hari adalah 714 kWh dan rata-rata pertahun adalah 260,610 kWh. Energi yang dihasilkan oleh skema sistem 5 yaitu konfigurasi Grid-PLTS-Generator adalah 381.145 kWh/tahun dengan rincian PLTS memproduksi energi 288.141 kWh/tahun dan Grid 101.647 kWh/tahun. Generator hanya berfungsi sebagai *back up* daya.

Perkiraan pengeluaran 5 tahun pertama jika menggunakan skema 5 Grid-PLTS-Generator adalah Rp2.050.995.835. Perkiraan pendapatan 20 tahun berikutnya jika menggunakan skema 5 grid PLTS-Generator adalah Rp2.292.508.582.

Nilai NPC berdasarkan hasil simulasi homer adalah Skema 5 yaitu Grid-PLTS-Generator dengan NPC adalah \$ 17.620 atau Rp 249.550.298 dan COE \$ 0,070 /kWh atau Rp 991,403 /kWh. Selisih NPC atau biaya operasional keseluruhan komponen ketika selisih NPC yang mana merupakan besar penghematan biaya operasional system ketika telah bersistem PLTH didapat sebesar \$ 383 atau 5.424.390,7/tahun Selisih COE atau harga beli listrik per kWh dalam rentan waktu satu tahun adalah r \$ 0.004/kWh atau Rp56,65/kWh.

Referensi

- [1]. Jurnal Gede Widayana, "*Pemanfaatan Energi Surya*", 2012.
- [2]. Kementerian ESDM Republik Indonesia, *Rencana Strategis Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan 2015-2019*. 2015.
- [3]. NASA, "NASA Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) Higher Resolution Daily Time Series Climatology Resource for SSE-Renewable Energy." [Online]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. [Accessed: 08-Feb-2020].
- [4]. Jurnal Rafael Sianipar, "*Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*", 2014.
- [5]. Jurnal Taufik Wijaya "Optimasi potensi energi terbarukan untuk sistem pembangkit *hybrid* di Desa Margajaya Benngkulu Utara menggunakan perangkat lunak HOMER"
- [6]. Earthscan, *Planning and Installing Photovoltaic Systems: A guide for installers, architects and engineers - second edition*. 2008
- [7]. Jurnal N. S. Gunawan, I. N. S. Kumara, R. Irawati, "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 26,4 KWP Pada Sistem Smart Microgrid Unud", 2019.
- [8]. Jurnal M. R. Wicaksana, I. N. S. Kumara, I. A. D. Giriantari, R. Irawati, "*Unjuk kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 KWP Pada Kantor Gubernur Bali*", 2019.
- [9]. Jurnal I. K. Bachtiar, M. Syafik, "*Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga Menggunakan Software HOMER untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam*", 2016.
- [10]. W. Omran, "Performance Analysis of Grid-Connected Photovoltaic Systems, University of Waterloo," 2010.
- [11]. M. Sengupta *et al.*, *Best Practices Handbook for the Collection and Use of Solar Resource Data for Solar Energy Applications*, no. NREL/TP-5D00-63112. 2015.
- [12]. Natural Resources Canada, *Clean Energy Project Analysis: RETScreen Engineering & Cases Textbook*, no. 3. 2005.
- [13]. B. Ramadhani, *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. 2018.
- [14]. M. K. M. D. Nadia Al-Rousan, Nor Ashidi Mat Isa, "Advances in Solar Photovoltaic Tracking Systems: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, p. 21, 2018.
- [15]. T. Lambert, P. Gilman, dan P. Lilienthal, "Micropower system modeling with HOMER", Mistaya Engineering Inc, National Renewable Energy Laboratory, USA, 2012.