

PERANCANGAN PENAMBAHAN KAPASITAS PHOTOVOLTAIC 1 MW PADA PEMBANGKIT HIBRID PLTM KOKOK PUTIH 3,8 MW DAN PLTS 5 kWp MENGGUNAKAN SOFTWARE HOMER PRO

Design of 1 MW PHOTOVOLTAIC CAPACITY ADDITION TO THE HYBRID GENERATION OF HYDROELECTRIC POWER 3.8 MW KOKOK Putih and 5 kWp Solar Power Plant USING HOMER PRO

Lalu Rahmat Magfirah¹, Ir. Agung Budi Muljono ST., M.T, IPU2, Sultan ST.,M.T³.

¹Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram

Jl.Majapahit no. 62, Mataram, Lombok, NTB, Indonesia

¹lalumr.g@gmail.com , ²agungbm@yahoo.com, ³sultandarma@yahoo.com

ABSTRAK

Pembangkit Hibrid merupakan pembangkit yang menggabungkan dua atau lebih sumber energi terbarukan sebagai satu atau lebih sumber energi konvensional. Sumber energi terbarukan seperti *photovoltaic* dan minihidro tidak menghasilkan daya yang konstan, tetapi melalui komplementaritasnya, kombinasinya menghasilkan keluaran listrik yang berkesinambungan. Secara umum, hibridisasi terdiri dari menggabungkan beberapa sumber energi dan unit penyimpanan dalam sistem yang sama untuk mengoptimalkan produksi dan manajemen energi listrik. Penelitian ini memfokuskan pembahasan perbandingan pembangkit hibrid PLTM Kokok Putih dan PLTS 5 kWp yang terpasang dengan penambahan kapasitas photovoltaic menjadi 1 MWp dengan menggunakan software Homer Pro sebagai alat bantu simulasinya. Homer Pro merupakan perangkat lunak yang dipergunakan untuk membantu menyederhanakan tugas modeler dalam mengevaluasi desain sistem pembangkit listrik tenaga hibrid yang memungkinkan dengan mengurutkan berdasarkan pada total net present cost (NPC) terendah untuk mendapatkan sistem yang paling optimal. Pada penelitian ini hasil desain untuk optimalisasi sistem dengan beban pemakaian sendiri sebesar 4.109 kWh per tahun berdasarkan simulasi Homer Pro didapatkan nilai produksi energi listrik pada sistem pembangkit hibrid saat kapasitas PLTS 1 MWp pada sistem pembangkit berperan sebesar 6,13% atau 673.468 kWh/tahun. Sedangkan pada saat kapasitas PLTS hanya 5 kWp pada sistem pembangkit hanya berperan sebesar 0,0366% atau 3.266 kWh/yr.

Kata Kunci : *Pembangkit Hibrid, PLTS, PLTM, Produksi listrik.*

ABSTRACT

Hybrid plants are plants that combine two or more renewable energy sources as one or more conventional energy sources. Renewable energy sources such as photovoltaic and mini-hydro do not produce constant power, but through their complementarity, their combination produces a continuous electrical output. In general, hybridization consists of combining several energy sources and storage units in the same system to optimize the production and management of electrical energy. This research focuses on the comparison of the Kokok Putih Hydroelectric Power Plant and the installed 5 kWp solar power plant with the addition of photovoltaic capacity to 1 MWp using Homer Pro software as a simulation tool. Homer Pro is software used to help simplify the modeler's task in evaluating possible hybrid power plant system designs by sorting based on the lowest total net present cost (NPC) to get the most optimal system. In this study, the design results for system optimization with a self-use load of 4,109 kWh per year based on the Homer Pro simulation obtained the value of electrical energy production in the hybrid generation system when the capacity of 1 MWp solar power plant in the generation system plays a role of 6.13% or 673,468 kWh / year. Meanwhile, when the solar power plant capacity is only 5 kWp, the generation system only plays a role of 0.0366% or 3,266 kWh/yr.

Keyword : *Hybrid Generation, Solar Power Plant, Hydroelectric Power Plant, Electricity production.*

PENDAHULUAN

Energi listrik adalah energi yang sangat penting, hampir bagi semua kehidupan manusia tidak lepas dengan energi listrik. Seiring dengan kemajuan teknologi dan jumlah populasi manusia yang terus meningkat dibutuhkan ketersediaan energi listrik yang meningkat pula yang cukup agar permintaan energi listrik terpenuhi. Oleh sebab itu pemerintah berupaya untuk mencukupi kebutuhan energi listrik, salah satunya dengan cara memanfaatkan energi baru terbarukan.

PLTM Kokok Putih memanfaatkan aliran sungai Kokok Putih yang mengalir dari danau Segare Anak Gunung Rinjani. Lokasi potensial air yang terdiri dari bendungan, bak pengendap dan bak penenang ini berada tidak jauh dari aliran air terjun Mangku Sakti, tepatnya di desa Bilok Petung kecamatan Sembalun Lombok Timur. Lokasi potensial air ini berjarak Kurang lebih 2 km dari *power house* yang dihubungkan dengan *penstock* yang berfungsi untuk mengalirkan potensial air dari bak penenang ke *power house*, Panjang saluran air pesat ini kurang lebih 1600 meter dengan ketinggian dari bak penenang ke *power house* yakni sebesar 277 meter. Pada *power house* terdapat 2 buah turbin dan generator hidrolik dengan kecepatan putar 600 rpm. *Output* tegangan dari generator pada PLTM Kokok Putih ini sebesar 6,3 kV, yang kemudian tegangannya akan di naikan menjadi tegangan jaringan PLN yaitu sebesar 20 kV dengan menggunakan Transformator *Step-Up*. Volume atau debit air yang dialirkan melalui saluran pembawa juga merupakan faktor yang terpenting dari proses kerja dari PLTM. Semakin besar volume dan debit air yang dialirkan begitu juga semakin besar perbedaan ketinggian bendungan dengan *power house* maka semakin besar juga energi listrik yang dihasilkan. Proses pembangkitan ini akan dikontrol melalui ruang kontrol oleh operator. Pada PLTM Kokok Putih juga terpasang *photovoltaic* dengan kapasitas sebesar 5 kWp sejak awal tahun 2019 dengan tujuan untuk menekan biaya produksi pada pemakaian daya sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan besar energi listrik yang dihasilkan dan nilai ekonomis selama 25 tahun pada sistem Pembangkit Tenaga Hibrid Minihidro dengan

Photovoltaic 5kWp dan ketika kapasitas *Photovoltaic* direncanakan menjadi 1 MW.

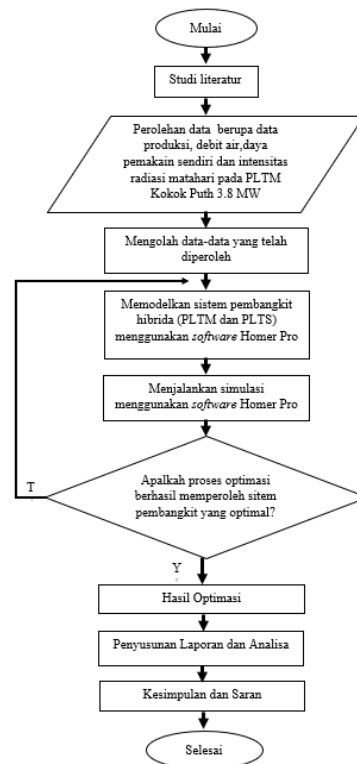
METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi pada PLTM Kokok Putih 3,8 MW yang merupakan salah satu pembangkit listrik untuk wilayah Pulau Lombok Nusa Tenggara Barat yang memanfaatkan energi baru terbarukan. Gambar 3.1 menunjukkan lokasi PLTM Kokok Putih 3,8 MW yang berada di desa Bilok Petung, Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian yang direncanakan, maka dalam pelaksanaan penelitian terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

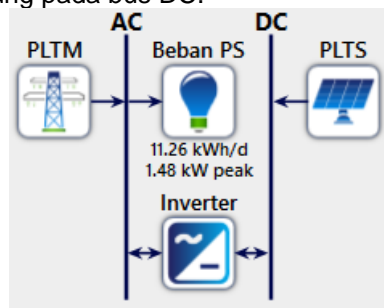


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur kemudian mengumpulkan data-data yang berkaitan untuk menunjang penelitian tugas akhir yaitu berupa data produksi PLTM Kokok Putih, data debit air dan data iradiasi matahari pada PLTM Kokok Putih. Kemudian mengolah data-data yang telah diperoleh sebagai inputan nilai pada *software Homer Pro*. Langkah selanjutnya yaitu memodelkan sistem pembangkit Hibrida pada *software Homer Pro* dimana pada langkah ini peneliti akan menentukan komponen apa saja yang diperlukan dalam pemodelan pembangkit Hibrida yaitu berupa komponen *hydro power*, PV dan inverter. Jika semua parameter yang dibutuhkan sudah di inputkan maka Langkah selanjutnya menjalankan simulasi untuk memperoleh sistem pembangkit yang optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembangkit hibrid PLTM dan PLTS Kokok Putih dalam penelitian ini bertujuan untuk dapat mengetahui seberapa besar produksi daya listrik yang dihasilkan, pengaruh sensitivitas sistem pembangkit dan untuk mengetahui kelayakan sistem pembangkit hibrid PLTM dan PLTS pada PLTM Kokok Putih menggunakan *software Homer Pro*. Skema sistem pembangkit dimodelkan terdiri atas generator hydro, modul surya dan inverter. Dimana sistem pembangkit terdiri atas 2 bus, yaitu bus AC dan bus DC. Generator hydro terhubung langsung dengan grid pada bus AC sedangkan modul surya terhubung pada bus DC.



Gambar 3. Skema Sistem Pembangkit Hibrid pada *software Homer pro*

Beban Listrik

Digunakan data beban listrik Pemakaian Sendiri (PS) pada PLTM Kokok Putih. Data beban didapatkan dari data sekunder kWh PS pada PLTM Kokok Putih tahun 2021, dimana didapatkan nilai beban tertinggi pada bulan Desember dan terendah pada bulan Maret. Total beban listrik dalam satu tahun sebesar 1.269,7 kW dapat.

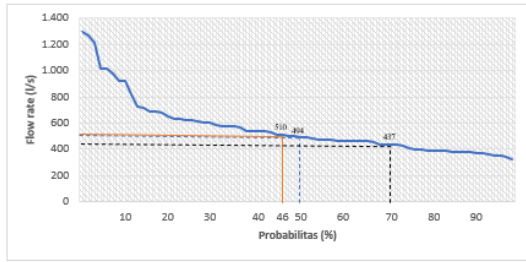
Tabel 1. Beban Pemakaian sendiri dalam satu tahun PLTM Kokok Putih.

Jam	Beban (kW)												Total
	Januari	Februari	Maret	April	Mai	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
00:00	4.65	3.77	4.03	4.8	4.65	4.5	4.34	4.34	4.03	4.2	4.34	5.1	
01:00	4.34	4.35	4.34	4.5	4.34	4.2	4.34	4.34	4.34	4.2	4.65	6.3	
02:00	4.34	4.35	4.34	4.8	4.34	4.2	4.65	4.34	4.34	4.2	4.34	8.4	
03:00	4.65	4.35	4.03	4.8	4.34	4.2	4.34	4.34	4.34	4.2	4.34	6.6	
04:00	4.65	4.06	4.03	4.8	4.65	4.2	4.34	4.03	4.34	4.5	4.602	5.4	
05:00	4.34	4.35	3.72	4.5	4.03	4.2	4.65	4.34	4.65	4.2	4.588	6.9	
06:00	4.34	4.06	4.03	4.5	4.34	3.9	4.34	4.34	4.03	4.2	4.34	4.8	
07:00	4.65	4.06	4.03	4.8	4.65	4.2	4.34	4.34	4.34	4.2	4.65	4.5	
08:00	4.65	4.06	3.72	4.8	4.34	4.5	4.34	4.65	4.34	4.2	4.34	3.9	
09:00	4.03	4.35	3.72	4.2	4.34	4.2	4.03	4.34	4.34	4.2	4.34	4.2	
10:00	4.34	4.12	4.03	4.8	4.34	4.2	4.34	4.03	4.34	4.2	4.34	3.6	
11:00	4.65	4.06	4.34	4.5	4.03	4.2	4.34	4.34	4.34	4.5	4.65	4.5	
12:00	4.65	4.06	3.72	4.8	4.34	4.2	4.65	4.34	4.65	4.2	4.34	4.2	
13:00	4.34	4.06	4.03	4.8	4.34	4.2	4.34	4.34	4.34	4.2	4.03	3.9	
14:00	4.65	4.35	4.03	4.5	4.03	4.5	4.34	4.65	4.34	4.2	4.65	3.6	
15:00	4.34	4.35	4.34	4.5	4.34	4.5	4.34	4.34	4.34	4.2	4.34	4.5	
16:00	4.34	4.06	4.03	4.8	4.34	3.9	4.34	4.34	4.34	3.9	4.34	3.6	
17:00	4.03	4.06	4.03	4.8	4.34	4.2	4.34	4.34	4.65	4.2	4.34	3.3	
18:00	4.65	4.35	3.72	4.8	4.03	4.5	4.65	4.34	4.34	4.5	4.65	4.8	
19:00	4.34	3.77	3.72	4.5	4.03	4.2	4.34	4.34	4.65	4.2	4.34	3.9	
20:00	4.34	4.35	4.03	4.5	4.65	4.2	4.34	4.03	4.65	4.2	4.34	6.9	
21:00	4.96	4.06	4.03	4.8	4.34	4.2	4.34	4.34	4.34	4.5	4.34	7.8	
22:00	4.34	4.06	4.34	4.8	4.34	4.2	4.34	4.34	4.34	4.2	4.34	4.8	
23:00	4.34	4.06	4.03	4.5	4.34	4.2	4.65	4.34	4.34	4.2	4.65	7.8	
Jumlah	106.99	103.53	96.41	111.9	103.85	101.7	105.4	103.85	105.09	101.7	106.02	123.3	1269.7

Potensi Energi Air

Potensi energi air yang dimaksud adalah data debit air Kokok Putih. Dimana pada penelitian ini didapatkan nilai debit air yang didapatkan dari data sekunder laporan produksi PLTM Kokok Putih dalam jangka waktu 6 tahun dari tahun 2015-2020. Data debit air kemudian akan ditransformasikan kedalam bentuk *Flow Duration Curve (FDC)* untuk mengetahui debit andalan dalam persentase tertentu sebagai inputan untuk *hydro* sistem pada *software Homer Pro* yang dilakukan untuk mengetahui ketersediaan debit di daerah aliran sungai Kokok Putih untuk pengoprasian PLTM Kokok Putih. Debit air cenderung mengalami penurunan terutama di tahun 2019 dan 2020. Hal ini mempengaruhi *capacity factor (CF)* produksi daya listrik, dimana pada dua tahun terakhir CF produksi energi listrik pada PLTM berada

pada angka 35,4% dan 24,4% didapatkan debit air sebesar 510 l/s.



Gambar 4. Grafik FDC

Potensi Radiasi Matahari

Data potensi radiasi matahari yang diperlukan oleh *Homer Pro* untuk melakukan optimasi sistem pembangkit listrik tenaga surya adalah *Global Horizontal Irradiance* (GHI) ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{day}$) selama satu tahun di PLTM Kokok Putih. Nilai GHI didapatkan dari perhitungan iradiasi matahari (I_{DN}) menggunakan metode perhitungan Archie W.culp kemudian akan di konversikan. Untuk perhitungan I_{DN} diperlukan letak geografis suatu tempat sebagai acuan perhitungan. Letak geografis PLTM Kokok Putih berada pada kordinat $8^{\circ} 18'29.98''$ LS dan $116^{\circ} 28'23.28''$ BT dari meridian standar zona waktu, sehingga dapat dihitung nilai iradiasi normal langsung (I_{DN}) pada tengah hari pada saat matahari dalam keadaan terik pada pukul 12.00 waktu setempat, di asumsikan pada tanggal 21 Januari 2022. Sehingga didapatkan hasil perhitungan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Iradiasi matahari.

Bulan	Intensitas Iridasi Normal Langsung (I_{DN})	Global Horizontal Irradiance (GHI)	Clearness Index
	(kWh/m^2)		
Januari	1,988	2,015	0,184
Februari	2,053	2,082	0,189
Maret	2,072	2,112	0,198
April	2,162	2,226	0,223
Mei	2,377	2,462	0,270
Juni	2,717	2,810	0,321
Juli	2,728	2,823	0,320
Agustus	2,161	2,250	0,233
September	1,840	1,904	0,181
Oktober	1,742	1,789	0,163
November	1,784	1,820	0,165
Desember	1,858	1,887	0,173

Proses Optimasi

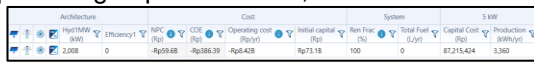
Proses optimasi diawali dengan menentukan kordinat lokasi pada *software Homer Pro*. PLTM Kokok Putih terletak pada koordinat $8^{\circ} 18'29.98''$ LS dan $116^{\circ} 28'23.28''$ BT dari meridian standar zona waktu. Inputan *resources* diberikan sumber daya yang sesuai dengan kebutuhan dari komponen yang digunakan dan dapat mempengaruhi sistem kerja dari komponen tersebut. Data-data yang harus di inputkan untuk PLTS adalah tipe dan kapasitas modul surya yang digunakan, biaya investasi PLTS, inverter dan faktor lingkungannya seperti *solar GHI* yang didapatkan dari perhitungan iradiasi matahari dan temperatur yang bisa didapatkan dengan cara mengunduh *resources* yang tersedia sesuai dengan kordinat lokasi yang sudah ditentukan. Sedangkan data-data yang di inputkan untuk PLTM berupa spesifikasi turbin, biaya investasi serta sumber daya air. Spesifikasi turbin yaitu ketinggian terjunan, debit dan efisiensi. Biaya investasi yang dimaksud berupa harga beli PLTM, biaya pemeliharaan dan juga pergantian dan perbaikan komponen PLTM. Sedangkan untuk sumber daya air yang dimaksud adalah debit rata-rata air dari tahun 2015-2020 pada PLTM yang merupakan *variable* inputan pada *Homer Pro*. Konstanta inputan untuk PLTM adalah ketinggian terjunan pembangkit (*head*), *design flow rate* turbin, serta *maximum* dan *minimum flow ratio* turbin.

Homer Pro akan menampilkan hasil simulasi yang optimal dengan memberikan beberapa pilihan konfigurasi sistem yang dapat mensuplai beban secara kontinyu dalam setahun. Nilai NPC terendahlah yang terindikasi sebagai konfigurasi sistem yang optimal. Hasil akhir (output) dari serangkaian proses yang terjadi dalam *Homer Pro* berupa rincian nilai *Net Present Cost* (biaya pengadaan komponen, biaya yang dikeluarkan selama setahun untuk penggantian, pemeliharaan, dan pengoperasian komponen pembangkit), produksi listrik per tahun, total konsumsi beban listrik per tahun, kelebihan energi listrik per tahun, dan harga jual energi listrik per kWh/tahun .

Setelah semua inputan diberikan dan sesuai dengan konfigurasi sistem yang dibuat maka proses optimasi dapat dilakukan dengan

cara menekan *icon calculate* pada *Homer Pro*.
Hasil Optimasi

Hasil optimasi didapatkan berupa deretan konfigurasi sistem yang optimal yang menentukan tingkat produksi energi listrik dan tingkat keekonomian sistem yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti nilai *Net Present Cost (NPC)*, *Cost Of Energy (COE)* terendah dan total produksi energi. Pada penelitian ini digunakan 2 skematik untuk mendapatkan nilai konfigurasi yang optimal. Dimana Skema I menggunakan debit ril 510 l/s dan kapasitas PV 5 kWp dengan nilai *Global Horizontal Irradiance (GHI)* normal dan skema II menggunakan debit ril 510 l/s dan penambahan kapasitas PV 1 MWp dengan nilai *Global Horizontal Irradiance (GHI)* normal yaitu pada saat nilai GHI sesuai dengan hasil perhitungan pada Tabel 3,



Gambar 5. Hasil Optimasi Skema I



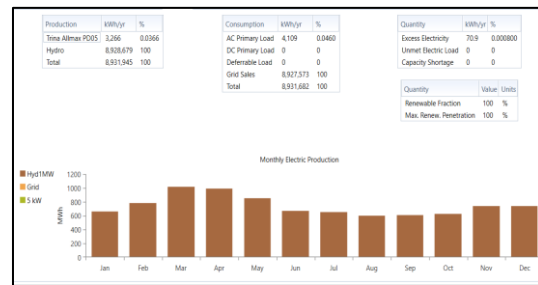
Gambar 6. Hasil Optimasi Skema II

Konfigurasi Sistem

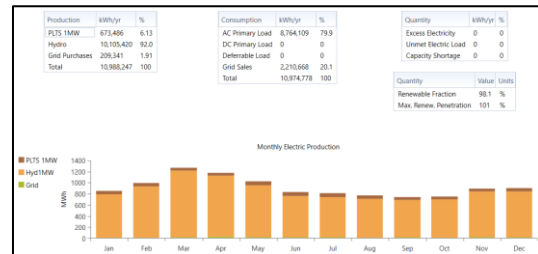
Konfigurasi sistem yang digunakan pada skema I dengan nilai debit ril 510 l/s dan GHI normal didapatkan nilai iradiasi matahari 2,18 kWh/m²/day dengan rata-rata nilai clearness index sebesar 0,218 dan tingkat suku bunga 6%, yang tersusun oleh dua komponen yaitu komponen hydro dengan jarak ketinggian head turbin ke generator sebesar 276,8 meter sehingga menghasilkan output nominal hydro sistem sebesar 2 MW. PLTS yang tersusun oleh 20 modul Trinasolar 250 watt dengan kapasitas pembangkitan sebesar 5kWp. Sedangkan untuk skema II dengan nilai iradiasi matahari 2,18 kWh/m²/day dengan tingkat suku bunga 6%, yang tersusun oleh dua komponen yaitu komponen hydro dengan jarak ketinggian head turbin ke generator sebesar 276,8 meter sehingga menghasilkan output nominal hydro sistem sebesar 2 MW dan sistem PLTS tersusun oleh 3077 modul Trinasolar 325 watt dengan kapasitas 1 MWp.

Produksi Energi Listrik

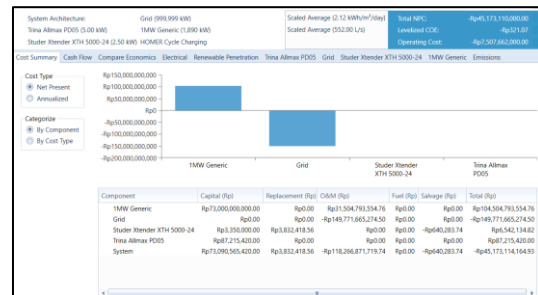
Produksi energi listrik setiap bulannya berbeda-beda, dimana pada skema I didapatkan produksi elektrikal tertinggi pada bulan Maret dan terendah pada bulan Agustus. Hal ini di pengaruhi oleh inputan *resources* yang di berikan. Kontribusi produksi elektrikal di dominasi oleh sistem *hydro* yakni sebesar 8.928.679 kWh/yr. Sedangkan untuk panel surya hanya berkontribusi sebesar 0,0366% atau 3.266 kWh/yr sehingga secara keseluruhan total produksi elektrikal sistem sebesar 8.931.945 kWh setiap tahun. Sedangkan pada skema II PLTS pada sistem pembangkit berperan sebesar 6,13% atau 673.468 kWh/tahun sedangkan untuk PLTM dapat berperan sebesar 92,0% atau 10.988.247 kWh/tahun. Dimana secara keseluruhan sistem pembangkit hibrid dapat memproduksi energi listrik sebesar 11.595.083 kWh setiap tahun.



Gambar 7. Hasil produksi energi listrik skema I bulanan dalam satu tahun.



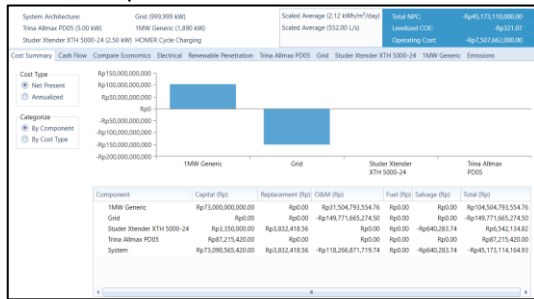
Gambar 8. Hasil produksi energi listrik skema II bulanan dalam satu tahun.



Gambar 9. Cost Summary skema I

Nilai Ekonomis

Nilai ekonomis terdiri dari nilai NPC (*Net Present Cost*) dan nilai COE (*Cost Of Energy*). Rincian nilai NPC mencakup semua biaya yang dikeluarkan selama pembangkit beroperasi, dimana pada optimasi ini pembangkit beroperasi selama 25 tahun. Pada skema I didapatkan nilai NPC yang negatif yaitu sebesar -Rp. 45.173.110.000,00. Hal ini dikarenakan penjualan ke grid lebih besar daripada *capital cost* dan O&M pembangkit dengan rincian total *capital cost* dan O&M sistem sebesar Rp.104.598.551.109,58 dan penjualan ke grid sebesar Rp 149.771.665.274,50. Sedangkan untuk nilai COE didapatkan sebesar Rp.321,07/kWh. Pada simulasi menggunakan *homer*, nilai NPC yang negatif memiliki arti sistem konfigurasi sistem pembangkit mendapatkan keuntungan. Sedangkan pada skema II didapatkan dan didapatkan nilai NPC yang positif yaitu sebesar Rp.82.417.950.000,00. Hal ini dikarenakan penjualan ke grid lebih sedikit daripada *capital cost* dan O&M pembangkit dengan rincian total *capital cost* dan O&M sistem sebesar Rp.119.504.793.554,76 dan penjualan ke grid sebesar hanya sebesar Rp.37.347.133.066,09, didapatkan nilai NPC yang positif dikarenakan beban pembangkit yang diinputkan termasuk beban penjualan ke grid. Sedangkan untuk nilai COE didapatkan sebesar Rp.476,74.



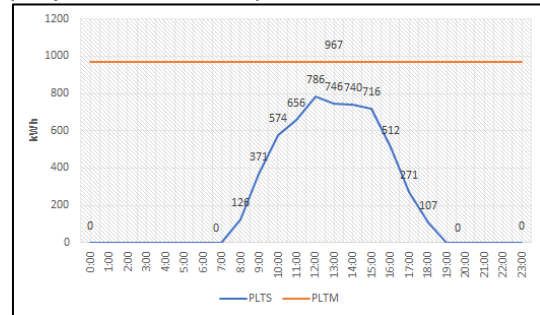
Gambar 9. Cost Summary skema I.



Gambar 10. Cost Summary skema II.

Perbandingan Pemenuhan Beban Listrik Skema II

Total produksi energi listrik (*energy sold*) yang didapatkan setiap bulannya berbeda. Energi listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh nilai resource yang diberikan setiap bulannya seperti nilai debit yang akan mempengaruhi energi listrik yang dihasilkan oleh PLTM dan nilai iradiasi akan mempengaruhi produksi energi listrik pada sistem PLTS. Jumlah produksi energi listrik juga akan mempengaruhi nilai penjualan energi listrik (*energy charge*) setiap bulannya, semakin besar produksi energi listrik maka semakin besar pula nilai penjualan energi listrik yang didapatkan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 11, dimana didapatkan produksi dan penjualan energi listrik tertinggi berada pada bulan Maret dengan produksi energi listrik sebesar 246.754 kWh dengan nilai penjualan sebesar Rp.262.792.853,71.



Gambar 11. Perbandingan pemenuhan beban listrik dalam satu hari pada bulan Juli.

KESIMPULAN

Nilai produksi energi listrik pada sistem pembangkit hibrid saat kapasitas PLTS 1 MWp pada sistem pembangkit berperan sebesar 6,13% atau 673.468 kWh/tahun. Sedangkan pada saat kapasitas PLTS hanya 5 kWp pada sistem pembangkit hanya berperan sebesar 0,0366% atau 3.266 kWh/yr.

DAFTAR PUSTAKA

Culp, A., W (1996). *Principke of Energy Conversion*, McGraw-Hill, Newyork.
 Hatma, W. G. D dan Soedjoko, S.A., (2010), *Buku Ajar Hidrologi Hutan*,

- Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- IMIDAP., (2008). *Pedoman Studi Kelayakan PLTMH Cetakan kedua. Direktorat Jenderal Pemanfaatan energi Departemen Energi dan Sumber daya Mineral.* Kuningan, Jakarta.
- Kassam, A. (2010). *HOMER Software: Training Guide for Renewable Energy Base Station Design.* GSMA London Office; Inggris
- Pearsal., Nicolas. (2017). *The Performance Of Photovoltaic (PV) Systems.* Woodhead Publishing, United Kingdom.
- Kementerian PUPR., (2010). *Pengukuran Hidrologi. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Kontruksi. Badan pengembangan Sumber Daya Manusia,* Bandung.
- Kurniasih, N. (2015). *Analisis Mode Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Microhydro-Photovoltaic Array menggunakan Homer (Studi Kasus: Kampung Bayan Janiah, Kabupaten Pesisir Selatan)* [Skripsi, Universitas Andalas]. Repositori Universitas Andalas.
- Nurjannah. (2017). *Simulasi Microgrid Skala Laboratorium berbasis Homer, studi kasus Gedung C Fakultas Teknik Universitas Mataram* [Skripsi, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram.
- Pearsal., Nicolas. (2017). *The Performance Of Photovoltaic (PV) Systems.* Woodhead Publishing, United Kingdom.
- PLN. (2021). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030.* PLN, Indonesia.
- Purwanto., (2017). *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), Koperasi Mekar Sari Subang.*
- Rana.,N. (2018). *Cost Analysis of Solar power generation using Homer optimization software.*
- Rekioua, Djamila. (2020). *Hybrid Renewable Energy Systems.* Springer. University Of Bejaia, Bejaia, Algeria.
- Yuniarti, N. dan Aji, I. W., (2019), *Modul Pembelajaran Pembangkit Tenaga Listrik,* Universitas Negeri Yogyakarta.