

STUDI PERANCANGAN SISTEM PLTS ON-GRID PADA KAWASAN PLTD SETAJAM

Sonny Nur Hidayat¹, Ida Widiastuti²

^{1,2}Universitas Sultan Agung, Indonesia, Fakultas Teknologi Industri,
Program Studi Teknik Elektro

e-mail: ¹sonnynurh@gmail.com, ²ida_fti@unissula.ac.id

Abstrak

Penggunaan energi baru terbarukan di Indonesia semakin menjadi fokus utama dalam rangka memenuhi ketahanan energi nasional. Perancangan sistem PLTS yang terhubung secara On-grid dengan sistem PLTD, memiliki kelebihan tidak perlu adanya penambahan baterai pada sistem PLTS. Salah satu upaya untuk mewujudkan transformasi menuju penggunaan energi ramah lingkungan, PLN ULP Dabo Singkep mencanangkan penggunaan sistem PLTS on grid sebagai supplay pendukung PLTD untuk mengurangi emisi gas karbon. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah perencanaan melalui aplikasi Homer Pro, software ini mampu melakukan perhitungan dan analisis terkait keadaan sumber energi terbarukan suatu daerah, sehingga membantu menganalisis berbagai skenario konfigurasi sistem energi terbarukan dan sistem kelistrikan. Hasil penelitian ini menunjukkan kawasan PLTD Setajam optimal dilakukan pemasangan sistem PLTS On-grid, hal ini ditunjukkan dengan nilai iradiasi matahari sebesar 4,636 kWh/m²/d. PLTD Setajam memiliki beban rata-rata pelanggan 4,024 MW, dengan menggunakan aplikasi Homer Pro didapat konfigurasi sistem terbaik yaitu kombinasi sistem PLTS On-grid dengan PLTD, dimana sistem PLTS berkontribusi untuk mensuplai sistem sebesar 10,9% dengan total produksi listrik tahunan sebesar 198.8520 kWh/tahun, sedangkan sistem PLTD mampu mensuplai sistem sebesar 89,1% dengan total produksi listrik tahunan sebesar 36.082.440 kWh/tahun. Kombinasi PLTS On-grid dengan sistem PLTD menghasilkan biaya operating cost sebesar Rp 17.600.000.000/tahun.

Kata kunci — Homer Pro, Iradiasi, PLTD Setajam, PLTS On-grid

Abstract

The use of new renewable energy in Indonesia is increasingly becoming a major focus in order to meet national energy security. The design of a PLTS system that is connected on-grid to the PLTD system has the advantage of not needing to add batteries to the PLTS system. One of the efforts to realize the transformation towards the use of environmentally friendly energy, PLN ULP Dabo Singkep has launched the use of an on-grid PLTS system as a supporting supply for PLTD to reduce carbon gas emissions. The method used in the research is planning through the Homer Pro application, this software is able to perform calculations and analysis related to the state of renewable energy sources in an area, thus helping to analyze various configuration scenarios of renewable energy systems and electrical systems. The results of this study indicate that the Setajam PLTD area is optimal for the installation of the On-grid PLTS system, this is indicated

by the solar irradiation value of 4.636 kWh/m²/d. Setajam PLTD has an average customer load of 4.024 MW, using the Homer Pro application, the best system configuration is a combination of the On-grid PLTS system with PLTD, where the PLTS system contributes to supplying the system by 10.9% with a total annual electricity production of 198,8520 kWh/year, while the PLTD system is able to supply the system by 89.1% with a total annual electricity production of 36,082,440 kWh/year. The combination of On-grid PLTS with the PLTD system results in an operating cost of Rp. 17,600,000,000/year.

Keywords — Homer Pro, Irradiation, On-grid PLTS, Setajam PLTD

I. PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik di Indonesia selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya sejalan dengan pertumbuhan ekonomi nasional[1]. Diperkirakan, kebutuhan listrik di Indonesia akan mengalami pertumbuhan rata-rata 6,5% per tahun hingga tahun 2030. Jika pemerintah tidak dapat memenuhi kebutuhan ini dengan efektif, akan menjadi masalah besar. Saat ini, kapasitas energi listrik yang dapat dipasok oleh PLN sebagai perusahaan listrik nasional hanya sekitar 1500-2000 MW. Mengingat kondisi tersebut, penting untuk mulai mengembangkan energi alternatif yang ramah lingkungan sehingga Indonesia bisa menjadi salah satu negara percontohan untuk mengembangkan *green energy*[2]. Diharapkan pemanfaatan sumber energi baru terbarukan dapat dioptimalkan di masa mendatang, pemenuhan energi listrik di Indonesia selama ini sangat bergantung pada energi fosil, salah satunya masih banyaknya pembangkit listrik di Indonesia ber bahan bakar solar[3].

Salah satu upaya untuk mewujudkan transformasi menuju energi terbarukan serta komitmen untuk mendukung penggunaan energi ramah lingkungan di UP3 Tanjungpinang, ULP Dabo Singkep mencanangkan penggunaan sistem PLTS *On-grid* yang memanfaatkan lahan kosong di Kawasan PLTD Setajam sebagai supplay pendukung pembangkitan untuk mengurangi emisi gas karbons. Sistem PLTS *On-grid* memiliki keuntungan, yaitu tidak diperlukannya baterai sebagai penunjang utama sistem kelistikan, berbeda dengan sistem PLTS *Off-grid* yang memerlukan baterai sebagai penunjang utama sistem kelistrikan, dimana baterai merupakan komponen termahal yang ada pada sistem PLTS[4]. Potensi energi matahari di kawasan PLTD Setajam sangat besar, kawasan PLTD Setajam mengalami penyinaran penuh selama 12 bulan dengan nilai iradiasi matahari rata-rata pada tahun 2024 sebesar 4,636 kWh/m²/d. Potensi energi matahari yang berlimpah di Indonesia akan dimanfaatkan sebagai sumber energi PLTS *On-grid* untuk mendukung sistem kelistrikan Wilayah Dabo Singkep dengan beban rata-rata pelanggan 4,024 MW dan beban puncak 5,632 MW, dimana saat ini masih ditopang sepenuhnya oleh sistem PLTD. Sebagai penunjang perancangan atau analisis suatu sistem pembangkit listrik, maka digunakan aplikasi Homer Pro yang mampu melakukan

II. METODE PENELITIAN

Gambar 1 Area PLTD Setajam

Pengambilan Data

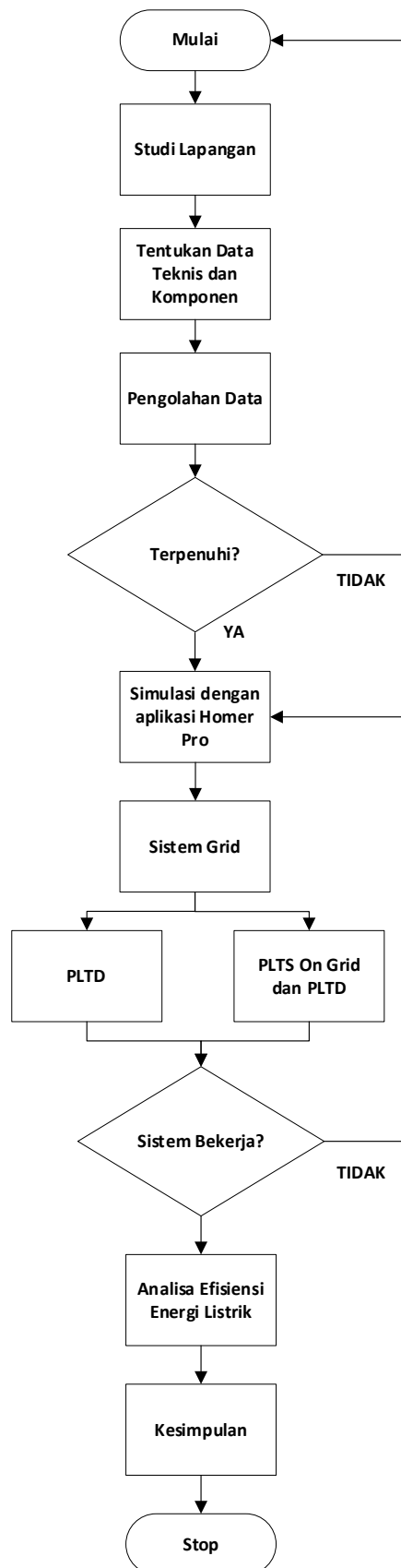
Data primer yang dibutuhkan pada Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan sekunder penelitian ini yaitu luas lahan yang tersedia di lingkungan PLTD Setajam yang akan dimanfaatkan untuk pemasangan sistem PLTS dan data rata-rata beban pelanggan PLTD Setajam selama 1 Januari 2024 s.d. 31 Desember 2024. Data sekunder yang digunakan mencakup informasi iradiasi matahari harian dan bulanan, serta data koordinat lokasi pembangunan PLTS. Data iradiasi diperoleh melalui perangkat lunak RETScreen Expert, yang menyediakan basis data kondisi cuaca global dari satelit NASA, sedangkan data koordinat PLTS diambil dari Google Earth.

Penghitungan Kapasitas Panel Surya

Perhitungan kapasitas modul panel surya dilakukan dengan menggunakan data konsumsi energi dan perhitungan luas permukaan area. Selanjutnya, untuk mengetahui total daya yang dapat dihasilkan dari seluruh area, dilakukan perhitungan sehingga diperoleh output daya total dari modul panel surya. Hasil perhitungan tersebut kemudian digunakan untuk menentukan jumlah panel yang dibutuhkan, agar daya yang dihasilkan sesuai dengan target yang ingin dicapai. Menentukan kapasitas suatu inverter dalam sistem, langkah awal yang perlu dilakukan adalah mengukur besarnya daya output yang dihasilkan oleh panel surya. Selanjutnya, diterapkan faktor pengaman sistem sebesar 0,8 dari kapasitas maksimum inverter untuk mencegah terjadinya kelebihan arus dan tegangan. Dengan cara ini, kapasitas inverter yang dipilih akan sesuai dengan kebutuhan sistem yang direncanakan[7].

Tahap Penelitian

Penulisan tugas akhir ini mengacu pada literatur mengenai energi terbarukan yang didukung oleh referensi kuat terkait tenaga surya, termasuk studi pergerakan matahari dan metode analisisnya. Kajian ini membahas perancangan PLTS yang didukung oleh persamaan matematis mulai dari perhitungan hingga pembangkitan listrik. Selain itu, penelitian ini juga mengumpulkan data satelit yang menampilkan informasi iklim, suhu, dan terutama data radiasi di Kabupaten Lingga, dengan fokus pada lokasi di lingkungan PLTD Setajam[7]. Data radiasi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data sekunder yang diperoleh melalui satelit NASA. Data yang dikumpulkan bersifat harian, sehingga dalam satu tahun tersedia 365 nilai radiasi (W/m^2) dari data satelit tersebut.



Gambar 2 Diagram Alur Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan selama bulan Januari 2024 - Desember 2024 didapatkan hasil data potensi PLTS *On-grid*, data yang akan dibahas yaitu luas lahan kosong, iradiasi matahari, desain perencanaan, dan hasil simulasi *software* Homer Pro.

Data Luas Lahan Kosong

Data luas lahan kosong di lingkungan PLTD Setajam diukur menggunakan *software* Google Earth yang berfungsi untuk penempatan panel surya dengan posisi diatas tanah (*Ground Mounted*).



Gambar 3 Foto Satelit PLTD Setajam dan Area Rencana Pemasangan PLTS

Pemanfaatan lahan kosong untuk PLTS di wilayah PLTD Setajam dengan panjang 200 m dan lebar 100 m, menghasilkan luas lahan sebesar 20000 m² akan dibagi menjadi beberapa area, dimana 60%-80% akan dimanfaatkan sebagai area panel surya, 10%-20% persen akan dimanfaatkan sebagai ruang inverter, trafo dan keperluan operasional PLTS.

Iradiasi Matahari

Iradiasi matahari merupakan komponen kunci dalam pembangkitan listrik tenaga surya, sehingga pengumpulan data iradiasi sangat penting untuk menentukan potensi output daya dari modul panel surya yang dirancang. Tabel 2 menampilkan data iradiasi yang diperoleh melalui platform RETscreen Expert, yang bersumber dari satelit NASA.

Tabel 1 Data Iradiasi Matahari di PLTD Setajam

NO	Bulan	Kecerahan Matahari	Iradiasi (kWh/m ² /d)	Suhu Bumi (C°)
1	Januari	0,436	4,410	26,74
2	Februari	0,51	5,310	26,90
3	Maret	0,501	5,270	27,44
4	April	0,472	4,800	28,10
5	Mei	0,474	4,550	28,49
6	Juni	0,506	4,680	28,35
7	Juli	0,484	4,550	27,87
8	Agustus	0,488	4,830	27,82
9	September	0,467	4,830	27,81
10	Oktober	0,425	4,410	27,78
11	November	0,394	3,990	27,55
12	Desember	0,401	4,000	27,09
Rata-rata		0,463	4,636	27,66

Beban Sistem PLTD Setajam

Rancangan mengenai PLTS *On-grid* membutuhkan referensi data penggunaan energi listrik. Berikut data penggunaan energi pada tabel 3.

Tabel 2 Data Beban Sistem Dabo Singkep Selama Tahun 2024

Bulan	Rata-rata Beban Sistem (KW)
Januari	97857
Februari	100593
Maret	102680
April	98722
Mei	94214
Juni	95226
Juli	90361
Agustus	95087
September	94371
Oktober	95740
November	97740,5
Desember	106638
Rata Rata	97435,79

Spesifikasi Komponen Utama

Dalam perancangan PLTS *On-grid*, komponen inti yang dipilih meliputi panel surya dan inverter. Modul panel surya yang akan digunakan pada penelitian ini Canadiansolar CS3K-325 sedangkan inverter yang diterapkan dalam desain sistem PLTS ini adalah Sinexcel PWS1-500KTL-EX.



Gambar 4 Canadian solar CS3K-325 dan Sinexcel PWS1-500KTL-EX

Kebutuhan Panel Surya

Luas area modul panel surya dirancang berdasarkan luas area kosong di PLTD Setajam.

a) Menentukan jumlah panel surya maksimum dengan persamaan:

$$\text{Maximum Number solar panel} = \frac{\text{Area x Maximum Instalation}}{\text{Solar Panel Area}} \quad (1)$$

$$\text{Maximum Number solar panel} = \frac{100 \times 200 \times 80\%}{1,675 \times 0,992} \quad (2)$$

$$\text{Maximum Number solar panel} = \frac{16000}{1,6616} \quad (3)$$

$$\text{Maximum Number solar panel} = 9629,27 \quad (4)$$

$$\text{Maximum Number solar panel} = 9629 \text{ Unit} \quad (5)$$

b) Menentukan jumlah panel surya minimum dengan persamaan:

$$\text{Minimum Number solar panel} = \frac{\text{Area x Minimum Instalation}}{\text{Solar Panel Area}} \quad (6)$$

$$\text{Minimum Number solar panel} = \frac{100 \times 200 \times 60\%}{1,675 \times 0,992} \quad (7)$$

$$\text{Minimum Number solar panel} = \frac{12000}{1,6616} \quad (8)$$

$$\text{Minimum Number solar panel} = 7221,95 \quad (9)$$

$$\text{Minimum Number solar panel} = 7222 \text{ Unit} \quad (10)$$

Rancangan Teknis Modul Panel Surya

Rancangan teknis untuk modul panel surya pada penelitian ini berdasarkan luas area penerapan modul yang ada di Lingkungan PLTD Setajam. Pada modul, peningkatan suhu sekitar 1 °C dari suhu rata-rata 26,5 °C di lokasi PLTD Setajam mengakibatkan penurunan output sebesar 0,5%. Kenaikan suhu ini didasarkan pada suhu rata-rata lingkungan PLTD Setajam, yang diperoleh dari platform RETscreen Expert sebesar 4,3 °C, sehingga daya yang dihasilkan pada setiap kenaikan suhu adalah:

$$P \text{ saat } \Delta t = 0,5\% \times P_{Mpp} \times \text{Kenaikan suhu} \quad (11)$$

$$P \text{ saat } \Delta t = 0,5\% \times 4,3 \times 325 \quad (12)$$

$$P \text{ saat } \Delta t = 0,0215 \times 325 \quad (13)$$

$$P \text{ saat } \Delta t = 6,9875 \text{ W} \quad (14)$$

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa penurunan daya output terhadap kenaikan suhu sebesar 6,9875 Watt, jadi keluaran maksimum modul yang akan digunakan menggunakan modul dengan ukuran 325 Wp antara lain:

$$P_{Max} t' = 325 - 6,9875 \quad (15)$$

$$P_{Max} t' = 318,0125 \text{ Wp} \quad (16)$$

Dari pengurangan daya yang terjadi akibat kenaikan suhu lokasi modul setempat, Jadi nilai koreksi temperatur antara lain:

$$FKT = \frac{P_{max} t'}{P_{max}} \quad (17)$$

$$FKT = \frac{318,0125}{325} \quad (18)$$

$$FKT = 0,9785 \quad (19)$$

Pemasangan Panel Surya Seri

a) Pemasangan panel surya seri maksimum dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Maximum Series Solar Panel Instalation} = \frac{\text{Maximum Inverter Voltage}}{V_{mpp} \text{ Modul}} \quad (20)$$

$$\text{Maximum Series Solar Panel Instalation} = \frac{900V}{33,5V} \quad (21)$$

$$\text{Maximum Series Solar Panel Instalation} = 26,86 \text{ Unit} \quad (22)$$

$$\text{Maximum Series Solar Panel Instalation} = 26 \text{ Unit} \quad (23)$$

b) Pemasangan panel surya seri minimum dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Minimum Series Solar Panel Instalation} = \frac{\text{Minimum Inverter Voltage}}{V_{mpp} \text{ Modul}} \quad (24)$$

$$\text{Minimum Series Solar Panel Instalation} = \frac{600V}{33,5V} \quad (25)$$

$$\text{Minimum Series Solar Panel Instalation} = 17,91 \text{ Unit} \quad (26)$$

$$\text{Minimum Series Solar Panel Instalation} = 18 \text{ Unit} \quad (27)$$

Sehingga didapat jumlah panel surya yang dirangkai seri untuk memaksimalkan kinerja Inveter dan mempermudah proses instalasi sebanyak 25 Unit.

Pemasangan Panel Surya Pararel

c) Pemasangan panel surya pararel maksimum dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} & \text{Maximum Parallel Solar Panel} \\ &= \frac{\text{Inverter capacity} \times \text{Maximum Tolerancy}}{\text{Vmpp Modul} \times \text{Seri Modul Instalation}} \end{aligned} \quad (28)$$

$$\text{Maximum Parallel Solar Panel} = \frac{500000 \times 80\%}{318,0125 \times 25} \quad (29)$$

$$\text{Maximum Parallel Solar Panel} = 50,31 \quad (30)$$

$$\text{Maximum Parallel Solar Panel} = 50 \text{ Unit} \quad (31)$$

d) Pemasangan panel surya pararel minimum dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} & \text{Minimum Parallel Solar Panel} \\ &= \frac{\text{Inverter capacity} \times \text{minimum tolerancy}}{\text{Vmpp Modul} \times \text{seri modul instalation}} \end{aligned} \quad (32)$$

$$\text{Minimum Parallel Solar Panel} = \frac{500000 \times 60\%}{318,0125 \times 25} \quad (33)$$

$$\text{Minimum Parallel Solar Panel} = 37,73 \quad (34)$$

$$\text{Minimum Parallel Solar Panel} = 38 \quad (35)$$

Sehingga didapat jumlah panel surya yang dirangkai pararel untuk memaksimalkan kinerja Inveter dan mempermudah proses instalasi sebanyak 50 Unit.

Menentukan Kebutuhan Sub Sistem PLTS

Kebutuhan sub sistem PLTS berdasarkan jumlah inferter yang digunakan dapat ditentukan dengan persamaan:

a) Menentukan kebutuhan sub sistem maksimum:

$$\text{Maximum Sub System} = \frac{\text{maximum Parallel solar panel}}{\text{capacity inverter solar panel}} \quad (36)$$

$$\text{Maximum Sub System} = \frac{9629}{1250} \quad (37)$$

$$\text{Maximum Sub System} = 7,7 \quad (38)$$

$$\text{Maximum Sub System} = 7 \quad (39)$$

b) Kebutuhan sub sistem minimum:

$$\text{Minimum Sub System} = \frac{\text{Maximum Parallel solar panel}}{\text{capacity inverter solar panel}} \quad (40)$$

$$\text{Minimum Sub System} = 6 \quad (43)$$

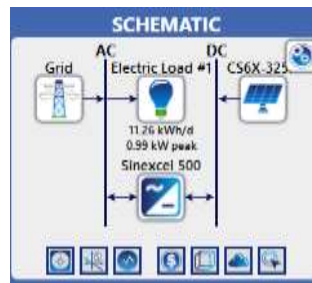
mengikuti kerja dari master. Selanjutnya, seluruh sistem PLTS akan terintegrasi dengan sistem PLTD Setajam melalui feeder express.

Simulasi PLTS di PLTD Setajam Menggunakan Homer Pro

Simulasi menggunakan Homer Pro dilakukan untuk memperoleh konfigurasi sistem optimal yang memungkinkan PLTS *On-grid* beroperasi secara efisien dan dengan biaya yang terjangkau, berdasarkan konfigurasi alat yang dihasilkan dari proses simulasi.

Skema Konfigurasi Sistem

Setiap komponen tersebut diberi input berupa biaya investasi awal yang telah diketahui, ditambah dengan biaya penggantian (*replacement cost*) yang menurut referensi sebesar 80% dari biaya investasi awal, serta biaya operasi dan pemeliharaan yang telah ditetapkan sebelumnya.



Gambar 6 Skema Konfigurasi PLTS On-grid melalui Homer Pro

Mengatur Pembebanan Sistem



Gambar 7 Beban Sistem PLN ULP Dabo Singkep

Memasukan beban sistem sesuai dengan beban pelanggan yang ada di Dabo Singkep, yang mencakup pelanggan rumah tangga, pelanggan pemerintahan, pelanggan bisnis dan pelanggan industri sesuai dengan tabel 3.

Menentukan Aspek Ekonomi

Aspek ekonomi yang memengaruhi biaya proyek selama pelaksanaan PLTS di Kawasan PLTD Setajam mencakup berbagai parameter yang diinput melalui jendela ekonomi pada aplikasi Homer Pro.



The screenshot shows the 'ECONOMICS' window in Homer Pro software. It contains several input fields with numerical values and a currency dropdown menu. The inputs are:

- Nominal discount rate (%): 2.70
- Expected inflation rate (%): 1.60
- Project lifetime (years): 25.00
- System fixed capital cost (Rp): 0.00
- System fixed O&M cost (Rp/yr): 0.00
- Capacity shortage penalty (Rp/kWh): 0.00
- Currency: Indonesian Rupiah (Rp)

Gambar 8 Penghitungan Aspek Ekonomi pada Sistem PLTS

Pada Gambar 8 terlihat bahwa setiap kolom telah diisi dengan masukan yang diperlukan. Nilai nominal *discount rate* dan *expected inflation rate* diperoleh dari halaman resmi *World Bank*, masing-masing sebesar 2,70% dan 1,60%. Kemudian nilai masukan untuk proyek yang direncanakan selama 25 tahun.

Menentukan Kebutuhan Inverter dan Panel Surya

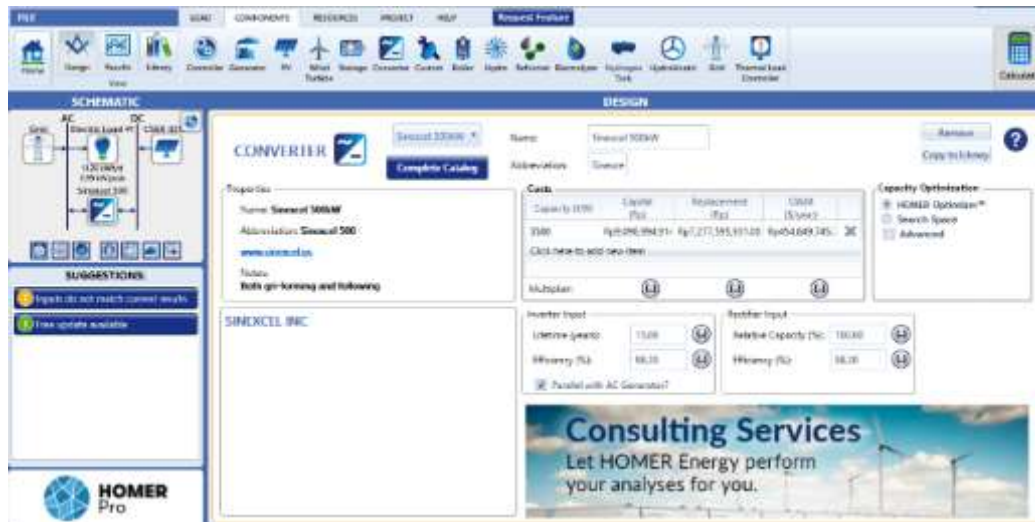
Memasukan harga komponen inverter dan panel surya sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan, pada tabel 4 terlihat harga dan kuantitas kebutuhan material sistem PLTS On-grid.

Tabel 1 Kebutuhan Inverter dan Panel Surya

No	Komponen	Harga/Pcs	Kuantitas	Total
1	CanadianSolar MaxPower CS6X-325P Sinexcel PWS1 500KTL -EX-08M	Rp. 2.928.291	8750	Rp. 25.622.546.250
2	500kW	Rp. 1.299.570.702	7	Rp. 9.096.994.914

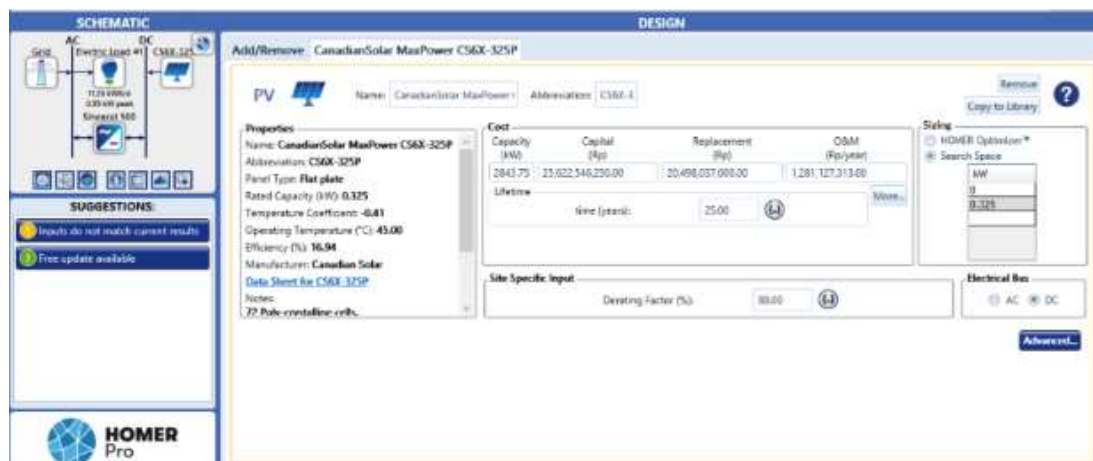
Pada tampilan parameter inverter di Homer Pro, terlihat input biaya dan parameter inverter yang mencakup kapasitas total sebesar 3500 kW, dengan total nilai investasi awal

sebesar Rp 9.096.994.914, biaya penggantian sebesar Rp 7.277.595.931, biaya operasi dan pemeliharaan sebesar Rp 454.849.745 per tahun. Selain itu, parameter inverter juga menetapkan umur inverter selama 15 tahun dengan efisiensi mencapai 98,2%.



Gambar 9 Parameter Inverter pada Aplikasi Homer Pro

Parameter masukan untuk modul panel surya mencakup jenis panel surya yang digunakan, nilai kapasitas modul panel surya, besaran biaya modal, besar biaya penggantian, besar biaya operasi, biaya pemeliharaan dan durasi umur proyek. Parameter input untuk modul panel surya yang meliputi kapasitas sebesar 2843,75 kWp, investasi awal senilai Rp 25.622.546.250, biaya penggantian sebesar Rp 20.498.037.000, serta biaya operasi dan pemeliharaan sebesar Rp 1.281.127.313 per tahun, dengan umur modul panel surya selama 25 tahun. *Derating factor* diatur menggunakan nilai *default*.

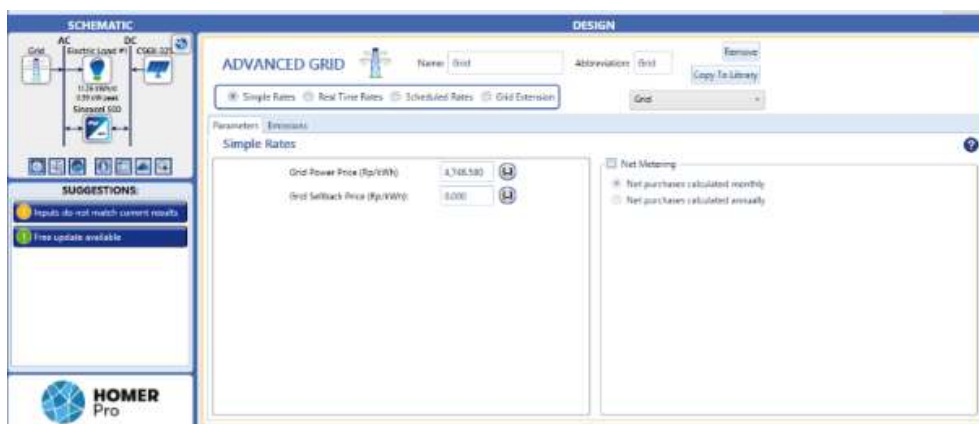


Gambar 10 Parameter Modul Panel Surya pada Aplikasi Homer Pro

4.6.1 Sistem Grid

Pada parameter jaringan listrik *On-grid* terdapat input untuk harga produksi listrik per 1 kWh. Pada sistem PLTD Setajam, harga produksi listrik ditetapkan sebesar 30 Sen,

dengan nilai kurs rupiah yang ditetapkan saat penelitian ini dibuat yaitu Rp15.828,6 per USD, sehingga biaya produksi listrik sistem dabo singkep mencapai Rp4748,58 per kWh.



Gambar 11 Parameter Jaringan Listrik PLN (Grid PLTD) pada Homer Pro

Hasil Simulasi PLTS pada Aplikasi Homer Pro

Dari hasil optimasi yang dilakukan pada aplikasi *Homer Pro* terdapat beberapa konfigurasi sistem komponen yang berurut sesuai dengan konfigurasi sistem terbaik dan juga biaya yang paling terjangkau. Hasil optimasi sistem dapat dilihat pada gambar (12).

RESULTS

Summary Tables Graphs

Export... Export Details...

Calculation Report

Categories: Economics Columns: Choices

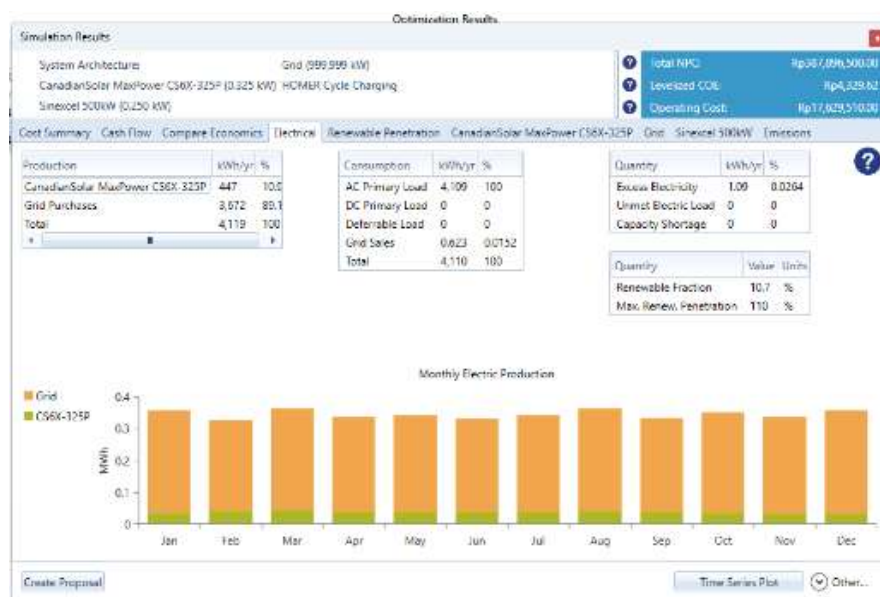
Categorized Overview

Optimization Results
(Double click on a system to see its Simulation Details)

Architecture				Cost				System				Project Economics				CSOX-325
	CSOX-325P (MW)	Grid (MW)	Simosed 500 (MW)	Dispatch (Y)	NPC (Rp)	LCOG (Rp/MWh)	Operating cost (Rp/yr)	CAPEX (Rp)	Ren. Fra. (%)	Total Fuel (t/yr)	WFF (%)	Simple Payback (yr)	CAPEX (Y)	Energy Pay (MWh)		
	0.325	999.999	0.210	CC	Rp388M	Rp4.330	Rp17.6M	Rp3.18M	10.7	0	53	1.8	2,920,291	447		
		999.999		CC	Rp421M	Rp4.748	Rp19.5M	Rp0.08	8	8						

Gambar 12 Konfigurasi Sistem PLTS On-grid dan PLTD pada Homer Pro

Konfigurasi sistem PLTD Setajam yang terhubung dengan sistem PLTS *On-grid* mendapatkan nilai efisiensi yang terbaik, sesuai dengan skema yang telah dibuat. Nilai LCOE (*Levelized Cost of Electricity*) untuk kombinasi kedua sistem tersebut sebesar Rp 4330,00/kWh, sedangkan jika hanya menggunakan sistem PLTD biaya LCOE sebesar Rp 4749,00/kWh, sehingga terdapat penghematan sebesar Rp 419/kWh. Nilai *operating cost* untuk kombinasi kedua sistem tersebut sebesar Rp 17.600.000.000/Tahun, sedangkan jika hanya menggunakan sistem PLTD biaya *Operating cost* sebesar Rp 19.500.000.000/Tahun, sehingga terdapat penghematan sebesar Rp 1.900.000.000/Tahun.



Gambar 13 Hasil Optimasi Konfigurasi Sistem PLTS pada Homer Pro

Pada gambar di atas terlihat hasil optimasi konfigurasi pertama yang mengintegrasikan sistem PLTS dan PLTD. Berdasarkan konfigurasi tersebut, sistem PLTS menghasilkan rata-rata listrik per jam sebesar 447 kWh, sedangkan sistem PLTD menghasilkan rata-rata listrik per jam sebesar 3.672 kWh. Optimasi ini menghasilkan data konsumsi beban rata-rata per jam sebesar 4.119 kWh. Secara keseluruhan, sistem ini memproduksi total energi listrik sebesar 36.082.440 kWh per tahun, dengan kontribusi listrik dari sistem PLTD mencapai 89,1% dan sistem PLTS menyumbang 10,9% dari total produksi.

IV. KESIMPULAN

Penelitian tentang sistem PLTS On-grid menghasilkan: (1) Nilai iradiasi matahari sebesar 4,636 (kWh/m²/d). (2) Terdapat 7 sub sistem PLTS, pada masing masing sub sistem terdapat satu unit inverter dan 1250 panel surya. (3) Biaya investasi PLTS On-grid di lingkungan PLTD Setajam sebesar Rp. 34.719.541.164,00. (4) Dari hasil simulasi sistem melalui *software* Homer Pro didapat konfigurasi sistem terbaik yaitu kombinasi sistem PLTS On-grid dan PLTD, pada sistem PLTS On-grid mensuplai sistem sebesar 10,9%, sedangkan sistem PLTD mensuplai sistem sebesar 89,1%. (5) biaya operating cost kombinasi sistem PLTS dan PLTD sebesar Rp 17.600.000.000/Tahun. Kekurangan dalam penelitian ini adalah tidak dilakukan penghitungan terperinci mengenai biaya produksi PLTD Setajam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Prastika, "Hubungan Antara Tingkat Konsumsi Energi Listrik dengan Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia," *J. Ilmu Ekon. JIE*, vol. 7, no. 01, pp. 18–29, 2023, doi: 10.22219/jie.v7i01.25042.

- [2] C. O. P. Marpaung, U. Siahaan, and M. M. Sudarwani, "Perancangan Sistem Microgrid Untuk Mempercepat Akses Terhadap Energi Listrik (Energy Access) Pada Kawasan Wisata Setu Rawalumbu Kota Bekasi," *J. ComunitÃ Serv. J. Terkait Kegiat. Pengabd. Kpd. Masyarakat, terkhusus Bid. Teknol. Kewirausahaan dan Sos. Kemasyarakatan*, vol. 2, no. 1, 2020, doi: 10.33541/cs.v2i1.1659.
- [3] H. Bayu and J. Windarta, "Tinjauan Kebijakan dan Regulasi Pengembangan PLTS di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.10043.
- [4] F. Tirta, B. Winardi, and B. Setiyono, "ANALISIS POTENSI DAN UNJUK KERJA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI SMA NEGERI 4 SEMARANG," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 4, 2020, doi: 10.14710/transient.v9i4.490-496.
- [5] S. Supriyono, P. Purwiyanto, B. Aji Girawan, J. Setia Pribadi, and A. Santoso, "Analisis Performa PLTS Off Grid Untuk Sistem Desalinasi Metode Osmosis Terbalik," *Infotekmesin*, vol. 14, no. 1, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i1.1651.
- [6] A. Ardiansyah, I. N. Setiawan, and I. W. Sukerayasa, "PERANCANGAN PLTS ATAP ON GRID SYSTEM PADA KANTOR BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN DAERAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KOTA PROBOLINGGO," *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 4, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i04.p23.
- [7] N. M. Neli Lestari, I. N. Satya Kumara, and I. A. Dwi Giriantari, "REVIEW STATUS PANEL SURYA DI INDONESIA MENUJU REALISASI KAPASITAS PLTS NASIONAL 6500 MW," *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 1, 2021, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i01.p4.