

Optimasi Kapasitas PLTS Hybrid Nusa Penida dengan Menggunakan Aplikasi Homer

Dian Samodrawati¹⁾ *) dan Diah Sukasri²⁾

¹⁾Teknik Elektro Universitas Jayabaya, Indonesia

²⁾PT PLN Indonesia Power, Indonesia

*) Corresponding author: dian.samodrawati@gmail.com

(Submit pada : 16 Oktober 2024 | Terbit pada : 30 November 2024)

Abstract

Optimizing the capacity of the Hybrid Solar Power Plant (PLTS) on the island of Nusa Penida by utilizing the Homer energy system planning tool. Nusa Penida, as one of the remote islands in Indonesia, has great potential in developing renewable energy sources to meet its increasing electricity needs. This analysis focuses on using the Homer application as a tool to design an efficient and reliable Hybrid PLTS system, involving analysis of weather data and electrical load characteristics in Nusa Penida. The analysis method uses calculations of available solar power, required battery capacity, and estimates of fuel use from back-up generators. It is hoped that it can provide clear guidance for local governments, related agencies and the people of Nusa Penida in implementing Hybrid PLTS as a sustainable energy source. By using the Homer application as a tool, it is hoped that a Hybrid PLTS system will be created that is optimal in terms of technical performance and economic efficiency, so that it can reduce dependence on fossil fuels, reduce greenhouse gas emissions, support efforts to implement renewable energy in remote areas such as Nusa Penida, as well as contributions to achieving broader clean energy. The results of Homer Simulation and manual calculations, optimizing the capacity of Nusa Penida PLTS, obtained that the Levelized Cost of Energy (LCOE) system at 10 MW power was c\$ 18.06/kWh and according to manual calculations it was c\$ 18.78/kWh.

Abstrak

Optimalisasi kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Hybrid di pulau Nusa Penida dengan memanfaatkan perangkat perencanaan sistem energi Homer. Nusa Penida, sebagai salah satu pulau terpencil di Indonesia, memiliki potensi besar dalam mengembangkan sumber energi terbarukan guna memenuhi kebutuhan listriknya yang terus meningkat. Analisa ini fokus pada penggunaan aplikasi Homer sebagai alat bantu untuk merancang sistem PLTS Hybrid yang efisien dan dapat diandalkan, melibatkan analisis data cuaca dan karakteristik beban listrik di Nusa Penida. Metode analisis menggunakan perhitungan daya surya yang tersedia, kapasitas baterai yang dibutuhkan, serta estimasi penggunaan bahan bakar dari generator back-up. Diharapkan dapat memberikan panduan yang jelas bagi pemerintah daerah, instansi terkait, dan masyarakat Nusa Penida dalam mengimplementasikan PLTS Hybrid sebagai sumber energi yang berkelanjutan. Dengan menggunakan aplikasi Homer sebagai alat bantu, diharapkan akan tercipta sistem PLTS Hybrid yang optimal dalam hal kinerja teknis dan efisiensi ekonomi, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, mengurangi emisi gas rumah kaca, mendukung upaya penerapan energi terbarukan di wilayah terpencil seperti Nusa Penida, serta kontribusi mencapai energi bersih yang lebih luas. Hasil Simulasi Homer dan perhitungan manual, optimasi kapasitas PLTS Nusa Penida diperoleh Levelized Cost of energy (LCOE) sistem pada daya 10 MW adalah sebesar c\$ 18,06/kWh dan pada perhitungan manual adalah sebesar c\$ 18,78/kWh.

Keywords: Analisis, Energi, Homer, Optimasi, Simulasi

PENDAHULUAN

Krisis lingkungan global dan perubahan iklim telah mendorong tuntutan untuk berinvestasi dalam sumber energi terbarukan sebagai langkah krusial menuju masa depan yang berkelanjutan [1]. Salah satu bentuk sumber energi terbarukan yang semakin menjadi fokus adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), karena potensi matahari yang melimpah di berbagai wilayah [2]. Di Indonesia, seperti di banyak negara tropis lainnya, sinar matahari adalah sumber daya alam yang melimpah dan belum sepenuhnya dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik.

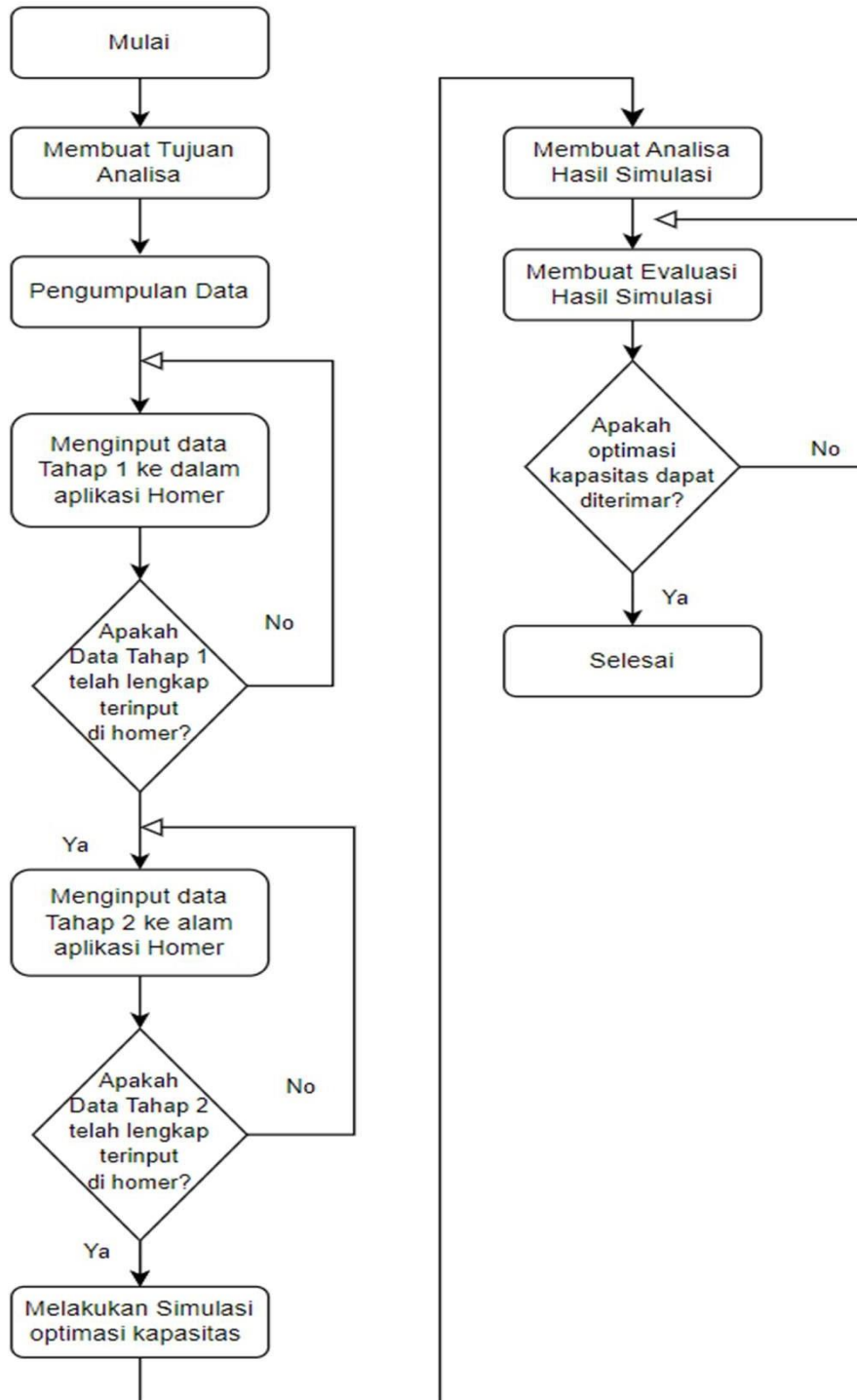
Salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi besar untuk mengembangkan PLTS adalah Nusa Penida, sebuah pulau terpencil yang terletak di sebelah tenggara Bali. Nusa Penida adalah tujuan wisata yang semakin populer dan penghuninya semakin bertambah. Kebutuhan akan pasokan energi listrik yang andal dan berkelanjutan di pulau ini terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan pariwisata. Saat ini, pulau ini masih sangat bergantung pada sumber energi fosil, yang tidak hanya mahal tetapi juga memiliki dampak lingkungan yang serius. Untuk mengatasi tantangan ini, konversi ke energi terbarukan menjadi kebutuhan mendesak di Nusa Penida. Namun, perencanaan yang cermat diperlukan untuk memastikan bahwa sistem PLTS yang diimplementasikan benar-benar efisien dan mampu memenuhi kebutuhan listrik pulau ini secara maksimal. Di sinilah peran perangkat perencanaan sistem energi seperti Homer sangat penting [3].

Aplikasi Homer adalah alat perencanaan sistem energi yang telah terbukti dalam merancang sistem PLTS Hybrid yang mengintegrasikan energi surya, baterai penyimpanan, dan generator back-up [4]. Dengan menggunakan Homer, dapat dilakukan perhitungan yang tepat tentang kapasitas panel surya yang diperlukan, kapasitas baterai yang optimal, dan penggunaan generator back-up yang efisien [5]. Hal ini akan membantu mengoptimalkan efisiensi sistem dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil [6]. Dalam konteks ini, analisa bertujuan untuk mengoptimalkan kapasitas PLTS Hybrid di Nusa Penida dengan menggunakan aplikasi Homer sebagai alat bantu perencanaan [7]. Diharapkan hasil dari analisa ini akan memberikan panduan yang jelas bagi pengambil keputusan dan pihak terkait untuk mengimplementasikan PLTS Hybrid yang efisien dan berkelanjutan di pulau ini [8]. Langkah ini akan berkontribusi signifikan dalam upaya mencapai tujuan energi bersih, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan memperkuat ketahanan energi di Nusa Penida [9].

METODE PENELITIAN

1. Diagram Alir

Diagram Alir Penelitian Optimasi Kapasitas PLTS Hybrid Nusa Penida dengan menggunakan Homer ditampilkan pada Gambar 1:



Gambar 1. Diagram Alir

2. Prosedur Analisa

Prosedur analisa ini dirancang untuk menghasilkan pemahaman yang komprehensif tentang pengoptimalan kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Hybrid di Nusa Penida dengan menggunakan Aplikasi Homer.

Langkah- langkah prosedur yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang di lakukan antara lain meliputi:

1. Data Cuaca
2. Data Beban
3. Data Teknis
4. Data Finansial

Tabel .1 Data PLTD Nusa Penida 1-7 (Eksisting)

Uraian	Satuan	Nilai
Biaya Komponen B	\$	0,026
Lifetime	Jam	15,000
Min Load Ratio	%	25
Diesel Fuel Price	\$/L	0,690
Kapasitas PLTD Unit	MW	1,7

Tabel 2. Data PV PLTS Nusa Penida 4,2 MWp (Eksisting)

Uraian	Satuan	Nilai
Type	Generic Flat Plate PV	
Kapasitas PV	kW	4,200
Biaya Investasi PV	\$	5
Biaya O&M PV	\$/tahun	71,113
Masa Pemakaian	Tahun	25
Derating Factor	%	80

Tabel 3. Data Converter

Uraian	Satuan	Nilai
Kapasitas Converter	kW	4,500
Lifetime	Tahun	25
Efisiensi	%	95
Relative capacity	%	100

Tabel 4. Data BESS PLTS Nusa Penida 4.2 MW (Eksisting)

Uraian	Satuan	Nilai
Type	Generic 1 kWh Li-Ion [ASM]	
Kapasitas PV	kW	3,354
Biaya Investasi PV	\$	3.2 juta
Biaya O&M PV	\$/tahun	45,886
Tegangan	Volt	3.7
Min SoC	%	20

Tabel 5. Data PV PLTS Nusa Penida (New)

Uraian	Satuan	Nilai
Type	Generic Flat Plate PV	
Kapasitas PV	kW	5000 ; 10000 ; 15000
Biaya Investasi PV	\$	958.33
Biaya O&M PV	\$/tahun	17
Masa Pemakaian	Tahun	25
Derating Factor	%	80

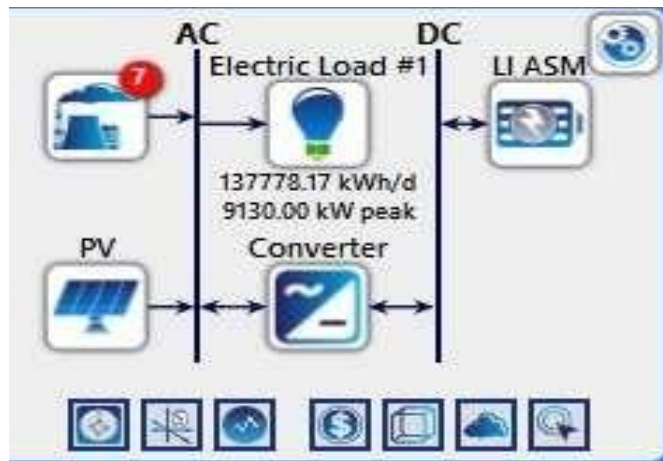
Tabel 6. Data BESS PLTS Nusa Penida (New)

Uraian	Satuan	Nilai
Type	Generic 1 kWh Li-Ion [ASM]	
Kapasitas PV	kW	20;24;28
Biaya Investasi PV	\$	739.29
Biaya O&M PV	\$/tahun	14
Tegangan	Volt	3.7
Min SoC	%	20

- Perancangan Skenario PLTS Hybrid
Berdasarkan data yang telah dikumpulkan maka tahap selanjutnya adalah merancang 2 (dua) Tahapan PLTS Hybrid yang berbeda. Ini akan mencakup kombinasi berbagai kapasitas panel surya, kapasitas baterai, dan penggunaan generator [10].

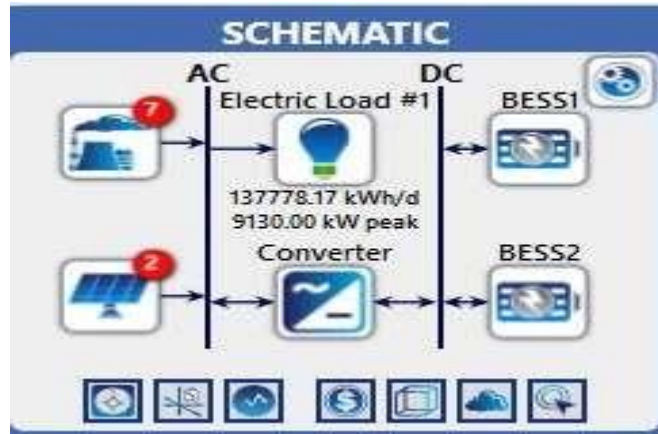
Pada Tahap Perancangan terbagi atas dua tahap, yaitu:

- **Tahap 1** adalah membuat model pembangkit eksisting di Nusa Penida yaitu PLTD Nusa Penida 11.9 MW dan PLTS Hybrid Nusa Penida 4.2 MWp. Adapun Model pada aplikasi homer untuk pembangkit eksisting adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Pemodelan Pembangkit Eksisting pada Homer

- **Tahap 2** adalah membuat optimasi dari kapasitas PLTS Hybrid Nusa Penida dengan menambahkan PV solar dan BESS maka akan di peroleh pemodelan seperti pada gambar 3:



Gambar 3. Pemodelan Optimasi Pembangkit pada Homer

Pada tahap 2 setelah dilakukan optimasi dari 7 PLTD dan PV PLTS jadi 2 buah begitu pula dengan adanya penambahan BESS maka gambar pemodelannya akan menjadi sebagaimana di atas.

3. Prosedur Analisa Hasil Penelitian

Berdasarkan data yang telah diperoleh maka langkah selanjutnya adalah memasukkan semua variable dan parameter yang ada ke dalam Aplikasi Homer, yang selanjutnya akan dilakukan simulasi untuk menganalisis dan mengoptimalkan kapasitas sistem PLTS Hybrid sesuai dengan skenario yang dirancang setelah semua data di input pada aplikasi homer.

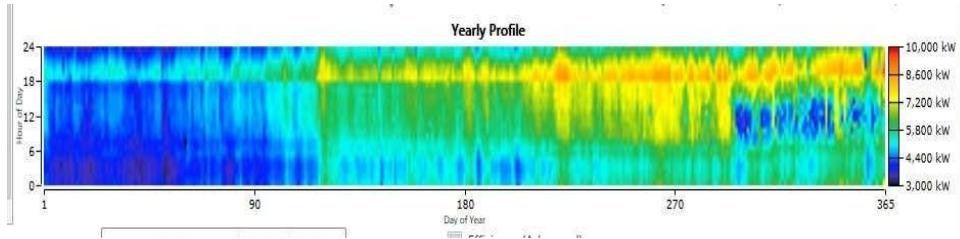
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses Optimalisasi Kapasitas PLTS Hybrid Nusa Penida dilakukan melalui simulasi menggunakan software Homer Pro. Dalam Software tersebut, model statis (tanpa transien) untuk kalkulasi daya dan energi dilengkapi dengan komponen – komponen pembangkit seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Sistem PLTD Nusa Penida 1-7. PLTS Hybrid terdiri dari PLTS (RPS) yang tersambung melalui AC-coupling dengan BESS (Battery Energy Storage System) yang tersusun dari battery-bank “LI ASM” dan konverter bidireksional “Converter”. Optimasi Kapasitas PLTS Hybrid Nusa Penida dengan menggunakan aplikasi homer terdiri dari 2 (dua) tahap, Dimana tahap pertama ialah memasukkan model eksisting yaitu PLTD Nusa Penida Existing 1-7 dan PLTS Nusa Penida 4,2 MWp dan tahap kedua ialah melakukan optimasi kapasitas dengan menambahkan pembangkit PLTS dan BESS ke dalam sistem

1. Hasil Pembahasan Tahap 1

Hasil Pemodelan Beban

Pemodelan beban berbentuk profil setahun dengan resolusi beban per 5 menit yang menjadi baseline untuk penghitungan tahun ke-1 dan mengalami pertumbuhan dalam tahun–tahun berikutnya hingga tahun ke-25. Gambar 4. menampilkan grafik beban dengan rentang legenda warna dari 3 kW (biru) hingga 10 MW (merah). Berdasarkan data beban yang terekam di lapangan, terlihat beban puncak pada malam hari (kuning kemerahan \approx 6 MW -10 MW) hampir selalu lebih tinggi daripada beban puncak di siang hari (hijau oranye \approx 5 MW - 8 MW).



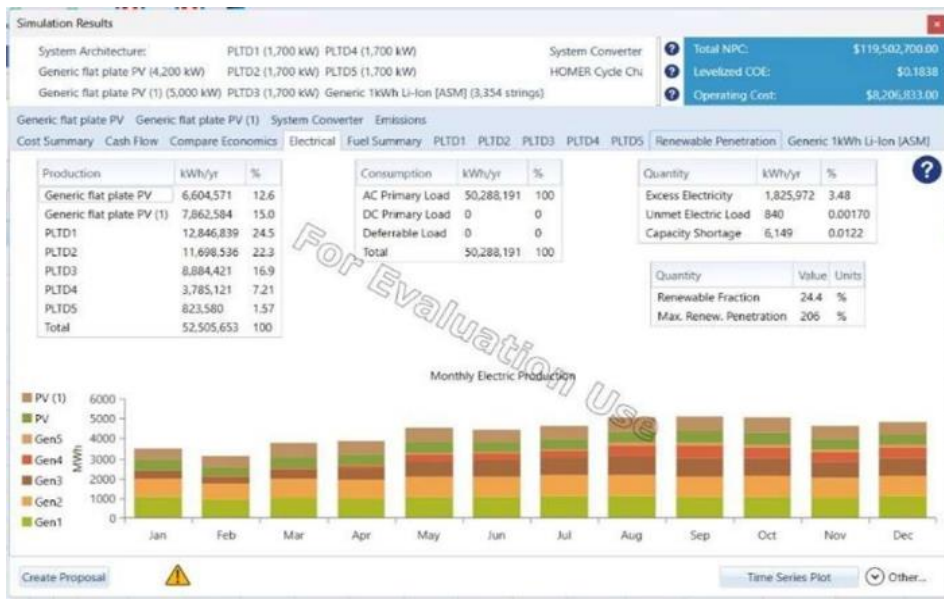
Gambar 4. Grafik Beban Tahunan

Hasil Pemodelan Baterai

Pemodelan battery-bank menggunakan model degradasi generik yang tersedia dalam software Homer Pro. Penggunaan model ini sebagai dasar evaluasi baterai spesifik yang akan dibangun oleh kontraktor EPC dengan merk dan tipe baterai yang masih memerlukan seleksi lebih lanjut.

2. Hasil Pembahasan Tahap II

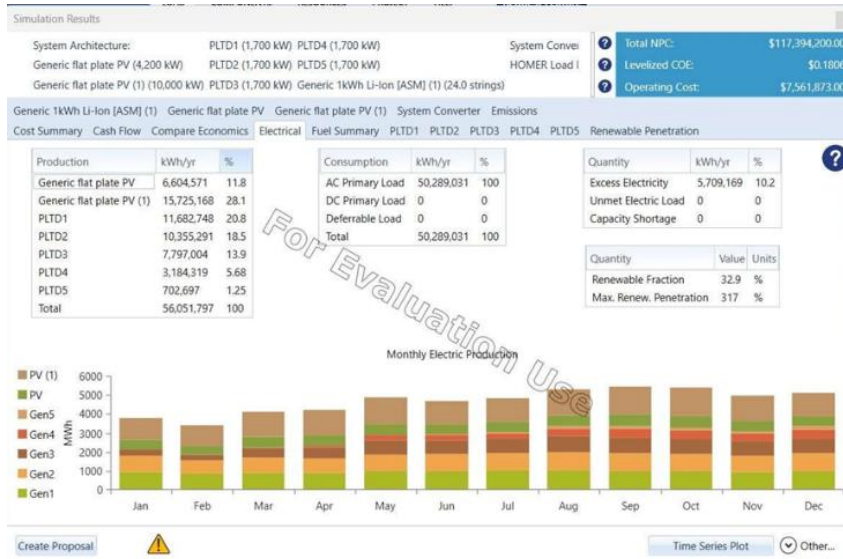
Hasil Simulasi Homer Skenario I: 5.000 kW



Gambar 5. Hasil Simulasi Homer 5000 kW

Dari hasil simulasi homer 5.000 kW maka di peroleh LCOE c\$ 18.38 dan NPC \$ 119.502.700, LCOE merupakan biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi setiap 1kWh energi listrik, sehingga semakin murah nilai LCOE maka semakin layak proyek untuk dilaksanakan. NPC (Net Present Cost) merupakan biaya bersih yang digunakan pada komponen, baik dalam pemasangan maupun pengoperasiannya dalam suatu proyek sehingga semakin kecil nilai NPC maka semakin layak proyek untuk dilaksanakan.

Hasil Simulasi Homer Skenario II : 10.000 kW



Gambar 6. Hasil Simulasi Homer 10.000 kW

Dari hasil simulasi homer 10.000 kW maka di peroleh LCOE c\$ 18.06 dan NPC \$ 117.428.800, LCOE merupakan biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi setiap 1kWh energy listrik, sehingga semakin murah nilai LCOE maka semakin layak proyek untuk dilaksanakan. NPC (Net Present Cost) merupakan biaya bersih yang digunakan pada komponen, baik dalam pemasangan maupun pengoperasiannya dalam suatu proyek sehingga semakin kecil nilai NPC maka semakin layak proyek untuk dilaksanakan. Apabila dibandingkan dengan Daya 5.000 kW maka Daya 10.000 kW memiliki LCOE dan NPC yang lebih rendah dari pada Daya 5.000 kW, oleh karena itu untuk sementara Optimasi Kapasitas pada PLTS Nusa Penida + BESS adalah sebesar 10.000 kW.

Selanjutnya untuk lebih memastikan kembali dilakukan pengujian untuk daya 15.000 kW maka di peroleh hasil seperti berikut:

Hasil Simulasi Homer Skenario III : 15.000 kW.



Gambar 7. Hasil Simulasi Homer 15.000 kW

Dari hasil simulasi homer 15.000 kW maka di peroleh LCOE c\$ 18.06 dan NPC \$ 117.428.800, LCOE merupakan biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi setiap 1kWh energy listrik, sehingga semakin murah nilai LCOE maka semakin layak proyek untuk dilaksanakan. NPC (Net Present Cost) merupakan biaya bersih yang digunakan

pada komponen, baik dalam pemasangan maupun pengoperasiannya dalam suatu proyek sehingga semakin kecil nilai NPC maka semakin layak proyek untuk dilaksanakan. Apabila dibandingkan dengan Daya 10.000 kW, maka Daya 15.000 memiliki LCOE dan NPC yang lebih tinggi dari pada Daya 10.000 kW.

Dari ketiga skenario diatas maka dapat disimpulkan bahwa optimasi kapasitas PLTS Nusa Penida dengan menggunakan aplikasi Homer adalah sebesar 10.000 kW atau 10 MW hal ini dikarenakan LCOE kapasitas 10 MW lebih kecil dibandingkan dengan LCOE kapasitas lainnya, berikut table 7 perbandingan hasil simulasi homer dengan 3 skenario Daya sebagaimana

Tabel 7. Tabel Perbandingan Optimasi Kapasitas

No.	Parameter	Skenario Daya		
		5 MW	10MW	15 MW
1	Total NPC (\$)	\$ 119,502,700	\$ 117,428,800	\$ 118,223,700
2	LCOE (c\$)	\$ 18.38	\$ 18.06	\$ 18.19
3	Operating Cost (\$)	\$ 8,206,833	\$ 7,564,548	\$ 7,255,376

Selain dari pengujian pada aplikasi homer, optimasi kapasitas pada PLTS Nusa Penida juga dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual menggunakan excel, berikut data perbandingan antara hasil simulasi menggunakan aplikasi homer dengan hasil perhitungan pada data excel sebagaimana berikut:

Tabel 8. Tabel Data Perhitungan Manual

No.	Kapasitas PLTS (kW)	BESS		Nilai Capex		Nilai Opex	
		String	Kapasitas (kWatt)	USD	IDR	USD	IDR
1	5000	20	5260	8,680,315	130,204,731,000	156,607	2,349,102,000
2	10000	24	6312	14,249,698	213,745,477,200	255,648	3,834,722,400
3	15000	28	7364	19,819,082	297,286,223,400	354,690	5,320,342,800

No.	Kapasitas PLTS (kW)	Output Energi kWh/year	Excess Electricity	Output Energi kWh/year
1	5000	7,862,584	1,825,972	6,036,612
2	10000	15,725,168	5,709,169	10,015,999
3	15000	23,587,752	11,748,054	11,839,698

• **Perhitungan Manual 5.000 kW**

Untuk mendapatkan energi tahunan pada perhitungan manual dengan daya 5.000 kW adalah energi tahunan pada homer di kurangi excess electricity sehingga diperoleh data energi tahunan adalah sebesar 6.037 GWh dengan nilai Project Cost \$ 8.680.000 dan O&M Cost sebesar \$ 157.000 maka akan mendapatkan LCOE sebesar c\$ 19.

Hal ini diperoleh dengan membuat nilai NPV = 0 karena pada aplikasi homer NPV=0 sehingga dasar yang digunakan adalah sama sama pemakaian (cost) tidak ada pemasukan (untung).

Tabel 9. Tabel Perhitungan Manual 5.000 kW

Parameter	Nilai	Satuan
Energi tahunan	6.037	GWh
Degradasi	0.00%	/tahun
Project Cost	8680	'000 USD
Annual O&M Cost	157	'000 USD
DER	0	: 100
Loan tenor	0	tahun
Tariff	19.00	cUSD/kWh
Discount Rate	8%	
Project NPV	-	

- Perhitungan Manual 10.000 kW**

Untuk mendapatkan energi tahunan pada perhitungan manual dengan daya 10.000 kW adalah energi tahunan pada homer di kurangi excess electricity sehingga diperoleh data energi tahunan adalah sebesar 10 GWh dengan nilai Project Cost \$14.250.000 dan O&M Cost sebesar \$ 256.000 maka akan mendapatkan LCOE sebesar c\$ 18,81.

Tabel 10. Tabel Perhitungan Manual 10.000 kW

Parameter	Nilai	Satuan
Energi tahunan	10.016	GWh
Degradasi	0.00%	/tahun
Project Cost	14250	'000 USD
Annual O&M Cost	256	'000 USD
DER	0	: 100
Loan tenor	0	tahun
Tariff	18.78	cUSD/kWh
Discount Rate	8%	
Project NPV	-	

- Perhitungan Manual 15.000 kW**

Untuk mendapatkan energi tahunan pada perhitungan manual dengan daya 15.000 kW adalah energi tahunan pada homer di kurangi excess electricity sehingga diperoleh data energi tahunan adalah sebesar 11,84 GWh dengan nilai Project Cost \$ 19.819.000 dan O&M Cost sebesar \$ 355.000 maka akan mendapatkan LCOE sebesar c\$ 22,09.

Tabel 11. Tabel Perhitungan Manual 15.000 kW

Parameter	Nilai	Satuan
Energi tahunan	11.840	GWh
Degradasi	0.00%	/tahun
Project Cost	19819	'000 USD
Annual O&M Cost	355	'000 USD
DER	0	: 100
Loan tenor	0	tahun
Tariff	22.09	cUSD/kWh
Discount Rate	8%	
Project NPV	-	

Selanjutnya dapat dilakukan perbandingan hasil metode homer dengan perhitungan manual dapat dilihat pada table 12 berikut:

Tabel 12. Tabel Perbandingan Hasil Optimasi Kapasitas PLTS Nusa Penida

No.	Kapasitas PLTS (kW)	LCOE excel c\$/kWh	LCOE Homer c\$/kWh
1	5000	19.00	18.38
2	10000	18.78	18.06
3	15000	22.09	18.19

KESIMPULAN

Dari hasil analisis data maka Optimasi Kapasitas PLTS Nusa Penida dengan menggunakan Homer dapat disimpulkan bahwa optimasi kapasitas PLTS Nusa Penida adalah sebesar 10 MW, hal ini dapat dilihat pada metode simulasi homer diperoleh Levelized Cost of energy (LCOE) sistem pada daya 10 MW adalah sebesar c\$ 18,06/kWh dan pada perhitungan manual adalah sebesar c\$ 18,78/kWh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih banyak kepada keluarga dan teman-teman atas bantuan dan dukungan yang diberikan selama penelitian ini, juga kepada PT PLN Indonesia Power yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan Tanpa adanya bantuan, tidak akan bisa mencapai hasil yang dicapai sekarang

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kunaifi, Program Homer untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik hibrida di Provinsi Riau, Seminar Nasional Informatika 2010 UPN “Veteran” Yogyakarta
- [2] Sun energy, <https://sunenergy.id/blog/panel-surya>, 21 April 2021. [online] Cara kerja, Manfaat & Pemasangan Panel Surya.
- [3] Mas Andar Syururi, Bambang Sri Kaloko, Widya Cahyadi, <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/elekdankom/article/view/42618/415> 40, 11 Desember 2022. Design and Build a 600 Watt Inverter With Sinusoidal Pulse Width Modulation Method Rancang Bangun Inverter 600Watt dengan Metode Sinusoidal Pulse Width Modulation
- [4] Power surya, <https://www.powersurya.co.id/plts-hybrid>, sistem PLTS Hybrid
- [5] Yunira Alifah Dzakiyah, Analisa Perbandingan Cost of Energy (CoE) antara Simulasi Menggunakan Perangkat Lunak Homer dengan Perhitungan pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid di fakultas Teknologi Industri UII, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- [6] KESDM “Design and Control of PV Hybrid System in Practice”.
- [7] Muhammad Fathoni Fikri, “ Studi Optimasi dan Ekonomi Penerapan Pembangkit Listrik Berbasis Energi Terbarukan pada Sistem Kelistrikan Pulau Nusa Penida Bali” 2018.
- [8] Antonio Luque, Steven Hegedus “Handbook of Photovoltaic Science and Engineering”

- [9] Sabhan Kanata, Kajian Ekonomis Pembangkit Hybrid Renewable Energi Menuju Desa Mandiri Energi di Kabupaten Bone-Bolango, jurnal Rekayasa Elektrika April 2015.
- [10] Hermansyah Birham,” Perancangan Sistem Hibrid Panel PV Dan Turbin Angin Interkoneksi Dengan Grid Untuk Memenuhi Kebutuhan Listrik Pada Budidaya Udang Vannamei Di Kecamatan Bayan Kabupaten Lombok Utara NTT”.