

Analisis Tekno-Ekonomi Hibrid Sistem PLTD PLTS di Pulau Gersik, Belitung Menggunakan Perangkat Lunak HOMER

Julius Christian Hasiholan Simanjuntak¹; Ginas Alvianingsih²

^{1,2}Institut Teknologi PLN

¹julius1711186@itpln.ac.id

ABSTRACT

Gersik Island is one of the villages in Selat Nasik Subdistrict located in the Belitung Regency. The electrical system in Gersik Island is an isolated system supplied by a diesel power plant. The difficulty of sending diesel fuel to Gersik Island is based on research to combine fossil fuel power plants with solar power plants into a hybrid generating system. Therefore, this study is designed to simulate hybrid generation systems and analyze their feasibility from the technical and economical side using HOMER software. From the simulation results, it is known that the hybrid generating system is feasible to operate from the technical side, with the electricity generated is 268,101 kWh/year. The percentage of loading on this hybrid system is 28.9% of the solar power plant and 71.1% of the diesel power plant. From the economic side, the Net Present Cost of a hybrid generation system is lower than the existing diesel power plant, which is Rp17,184,340,000. The Levelized Cost of Energy of the hybrid generating system is also lower than the existing diesel power plant, which is Rp5,144.68/kWh.

Keywords: Hybrid Power Plant, HOMER

ABSTRAK

Pulau Gersik adalah salah satu desa di Kecamatan Selat Nasik yang terletak di Kabupaten Belitung. Sistem pembangkit listrik di Pulau Gersik merupakan sistem terisolasi yang disuplai oleh PLTD. Sulitnya pengiriman bahan bakar PLTD ke Pulau Gersik melatarbelakangi penelitian untuk menggabungkan PLTD berbahan bakar fosil dengan PLTS menjadi suatu sistem pembangkit hibrid. Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan sistem pembangkit hibrid dan menganalisis kelayakannya dari sisi teknis dan ekonomis menggunakan perangkat lunak HOMER. Dari hasil simulasi diketahui bahwa sistem pembangkit hibrid layak beroperasi dilihat dari sisi teknis, dengan energi listrik yang dihasilkan adalah 268.101 kWh/tahun. Persentase pembebanan pada sistem hibrid ini adalah 28,9% dari PLTS dan 71,1% dari PLTD. Dilihat dari sisi ekonomi, Net Present Cost dari sistem pembangkit hibrid lebih rendah daripada PLTD eksisting, yaitu sebesar Rp17.184.340.000. Selain itu Levelized Cost of Energy sistem pembangkit hibrid juga lebih rendah daripada PLTD eksisting, yaitu sebesar Rp5.144,68/kWh.

Kata kunci: Pembangkit Listrik Hibrid, HOMER

1. PENDAHULUAN

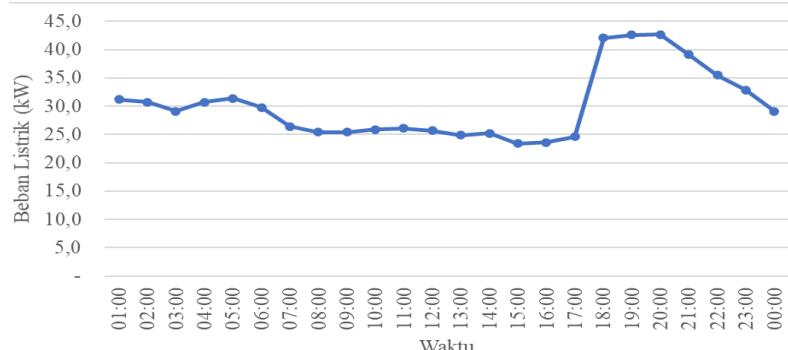
Listrik sudah menjadi kebutuhan utama untuk menunjang segala kegiatan untuk kehidupan sehari-hari. Indonesia sebagai negara kepulauan memerlukan penyediaan energi listrik dengan cara yang bervariasi. Pulau atau wilayah dengan tingkat kepadatan penduduk yang relatif kecil dipasok oleh sistem terisolasi (*isolated system*) [1][2] yang umumnya merupakan pembangkit listrik diesel yang beroperasi dengan bahan bakar *High-Speed Diesel* (HSD) atau *Marine Fuel Oil* (MFO) yang lebih dikenal dengan sebutan minyak solar [3]. Energi fosil yang digunakan sebagai sumber bahan bakar berjumlah sangat terbatas dan akan habis jika digunakan terus-menerus. Selain itu, eksploitasi besar-besaran terhadap energi fosil dapat menyebabkan beberapa masalah lingkungan, antara lain pemanasan global, hujan asam, dan penipisan lapisan ozon [4][5]. PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan yang menyediakan energi listrik di Indonesia dituntut agar menemukan sumber energi terbarukan yang bersifat ramah lingkungan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya[6].

Pulau Gersik adalah salah satu desa di Kecamatan Selat Nasik yang terletak di Kabupaten Belitung, Provinsi Bangka Belitung. Sistem kelistrikan di Pulau Gersik merupakan sistem yang isolated dan tidak dapat terhubung ke jaringan sistem ketenagalistrikan lainnya karena jarak yang jauh antar pulau. Sistem kelistrikan saat ini dipasok dari PLTD Pulau Gersik, dengan kapasitas terpasang 400 kW. Sulitnya mengirimkan BBM menjadi salah satu faktor penting dalam melistriki Pulau Gersik. Mekanisme transportasi BBM ke 53 lokasi yaitu pengiriman BBM dari PLTD Pilang yang berada di kota Tanjung Pandan diangkut dengan truk BBM (*truckling*) ke Pelabuhan Tanjung Pandan, kemudian BBM dipindahkan ke Tanker Kapal Pengangkut. Setelah tiba di Pulau gersik, BBM dipompa dari posisi jangkar kapal di gersik menuju Tangki BBM PLTD yang berjarak sekitar 20-200 meter tergantung kondisi pasang surut air laut. Hal ini menyebabkan biaya transportasi BBM ke Pulau Gersik sebesar Rp1.144,8/liter.

Sulitnya transportasi penggunaan bahan bakar solar di Pulau Gersik dapat dikurangi dengan menghibrid pembangkit PLTD dengan PLTS yang merupakan pembangkit energi terbarukan. Untuk mengimplementasikan sistem pembangkit hibrid tersebut diperlukan studi kelayakan dari segi teknis dan ekonomis [7][8]. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan sistem pembangkit hibrid di Pulau Gersik, yaitu gabungan antara PLTD eksisting dengan PLTS berkapasitas 40 kWp[9].

2. SISTEM KELISTRIKAN PULAU GERSIK

Beban listrik di Pulau Gersik terdiri dari 152 pelanggan rumah tangga dengan total energi listrik yang dibangkitkan saat ini rata-rata sebesar 41.742,75 kWh dan beban puncak 42 kW. Beban terdiri dari beban rumah tangga, rumah ibadah (masjid) dan lampu penerangan jalan. Berikut ini adalah grafik dari profil beban listrik Pulau Gersik.

**Gambar 1.** Profil Beban Listrik Pulau Gersik

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Gersik

Sistem kelistrikan saat ini dipasok dari PLTD Pulau Gersik. Ketersediaan listrik di Pulau Gersik sudah menyala selama 24 jam. PLTD Pulau Gersik yang terdiri dari 4 unit, dengan kapasitas terpasang 400 kW. *Specific Fuel Consumption* (SFC) dari PLTD Gersik adalah sebesar 0,36 ltr/kWh dengan Biaya Pokok Produksi (BPP) sebesar Rp. 3.204 /kWh. Bahan bakar minyak diesel Rp8.378,52/liter dan biaya pengiriman sampai ke lokasi yaitu sebesar Rp1.449,69/liter, sehingga total biaya bahan bakar menjadi Rp9.828,21/liter. Berikut ini adalah tabel spesifikasi PLTD Gersik.

Tabel 1. Spesifikasi PLTD Gersik

Nama	CAT-500kVA-50Hz-PP	Density (kg/m ³)	820
Manufaktur	Caterpillar Inc.	Carbon Content (%)	88
Capacity	400 kW	Sulfur Content (%)	0,4
Fuel	Diesel	Initial Capital (Rp)	304.448.000
Fuel curve intercept	8,67 L/hr	Replacement (Rp)	202.965.333,33
Fuel curve slope	0,230 L/hr/kw	O&M (Rp/op. hour)	3.472,222
Emission CO (g/L fuel)	0,97	Fuel price (Rp/L)	9828,21
Unburned HC (g/L fuel)	0,03	Minimun Load Ratio (%)	1
Particulates (g/L fuel)	0,06	Minimum Runtime (minutes)	0
Fuel Sulfur to PM (%)	0	Lifetime (hours)	90.000
NOx (g/L fuel)	21,12	Electrical bus	AC
Lower Heating Value (MJ/kg)	43,2		

2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Gersik

Selain PLTD, Pulau Gersik juga memiliki PLTS Gersik sebesar 40 kWp yang sudah tidak beroperasi. Berikut ini adalah tabel spesifikasi PLTS Gersik.

Tabel 2. Spesifikasi PLTS Gersik

PV Modul Polycrystalin		Baterai	
Merk	Solarword	Merk	NS OPZS2
Type	SW 230	Tegangan Nominal	2 Volt
Rated Max Power	230 Watt	Kapasitas	1200 Ah
Rated Voltage	29,8 Volt	Jumlah	120 baterai
Rated Current	8,25 Ampere	Nominal Capacity (kWh)	3,37
Open Current Voltage	36,9 Volt	Capacity Ratio	0,201
Short Circuit Current	6,82 Ampere	Rate Constant (1/hr)	2,08
Max System Voltage	1000 Volt	Roundtrip efficiency (%)	95
Panel Type	Flat Plate	Maximum Charge Current (A)	557
Temperature Coefficient	-0,45600	Maximum Discharge Current	1,09E+03
Operating temperature (°C)	47,2	Maximum Charge Rate (A/Ah)	1
Efficiency (%)	13	Capital (Rp)	840.000.000
Konfigurasi	3 String	Replacement (Rp)	560.000.000
Jumlah	175 Modul	O&M (Rp/year)	549.176,21
Capital Cost (Rp)	700.000.000	String size	1
Replacement (Rp)	466.666.666,67	Time (years)	20
O&M (Rp/year)	2.100.000	Throughput (kWh)	4.209
Lifetime (years)	25	Initial State of Charge (%)	100
Derating Factor (%)	100	Minimum State of Charge (%)	20
Sizing	40,25	Bidirectional Inverter	
Electrical Bus	DC	Merk	Leonic
MPPT Charger Controller		Jumlah	3 buah
Merk	Appolo		
Tipe	MTP-616F		
Daya Keluaran	45 kW		
Capital (Rp)	400.000.000		
Replacement (Rp)	266.666.667		
O&M (Rp/year)	26.666.666,67		
Lifetime Inverter (years)	15		
Efficiency Inverter (%)	95		
Relative Capacity Rectifier (%)	100		
Efficiency Rectifier (%)	95		

3. METODE PENELITIAN

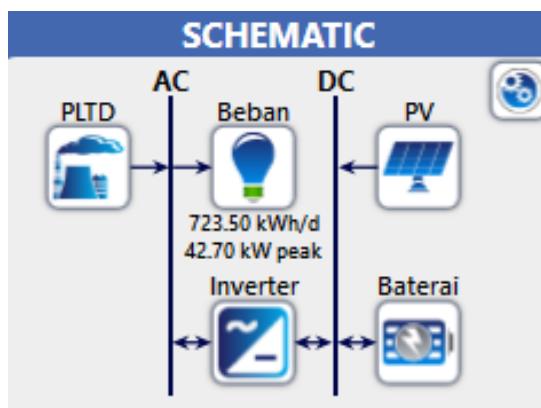
3.1. Perangkat Lunak HOMER

HOMER (*Hibrid Optimization Model for Energy Renewable*) merupakan perangkat lunak yang dapat mensimulasikan sistem pembangkit skala kecil untuk memudahkan evaluasi desainnya. Adapun sistem pembangkit yang disimulasikan dapat terdiri dari beberapa jenis pembangkit, baik pembangkit energi terbarukan maupun tidak, baik terinterkoneksi ataupun tidak [10][11]. HOMER melakukan penyeimbangan energi pada tiap-tiap konfigurasi sistem yang dimungkinkan, kemudian menentukan kelayakan dari konfigurasi-konfigurasi tersebut berdasarkan kebutuhan beban listrik dan parameter-parameter ekonomi.

Secara teknis, dalam simulasi HOMER akan menyeimbangkan kebutuhan listrik pada sistem dengan energi yang dihasilkan dari tiap-tiap pembangkit pada setiap jamnya. Jika sistem terdiri dari baterai dan generator, HOMER dapat menentukan waktu pengoperasian generator. Sedangkan dari sisi ekonomi, kelayakan dinilai dari parameter *Net Present Cost (NPC)* dan *Levelized Cost of Energy (LCOE)*[12][13]. NPC adalah jumlah dari biaya modal komponen pembangkit (*capital cost*), biaya pergantian komponen (*replacement cost*), biaya operasional dan perawatan (*operation and maintenance cost*), biaya bahan bakar, dan biaya yang tersisa pada komponen[14]. Sedangkan LCOE adalah parameter yang menggambarkan total biaya tahunan yang digunakan untuk pembangkit (Rp/tahun) dibagi dengan total energi tahunan yang tersedia untuk beban (kWh)[15].

3.2. Simulasi

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan PLTD dan PLTS yang telah tidak beroperasi tersebut. Skema aliran daya PLTS Pulau Gersik dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Skematik Rancangan Sistem Pembangkit Hibrid Pulau Gersik Pada Software HOMER

Berikut ini adalah tampilan hasil input parameter-parameter dari setiap komponen pembangkit.

JURNAL ILMIAH SUTET

Vol. 11, No. 1, Juni 2021, P-ISSN 2356-1505, E-ISSN 2656-9175

<https://doi.org/10.33322/sutet.v11i1.1372>

The screenshot shows the HOMER software interface for a PLTD generator. At the top, there are buttons for 'Remove' and 'Copy To Library'. Below this, the 'Properties' section lists the generator's name (PLTD), abbreviation (PLTD), capacity (400 kW), fuel type (Diesel), and various emission values. The 'Generator Cost' section provides initial capital (304,448,000.00), replacement costs (202,965,333.33), O&M costs (3,472.222), and fuel prices (9828.21). The 'Optimization' section includes options to simulate systems with or without the generator and to include it in all systems. The 'Electrical Bus' section allows selecting AC or DC. The 'Site Specific' section includes fields for minimum load ratio (1.00), lifetime (90,000 hours), minimum runtime (0.00 minutes), and initial hours (0.00).

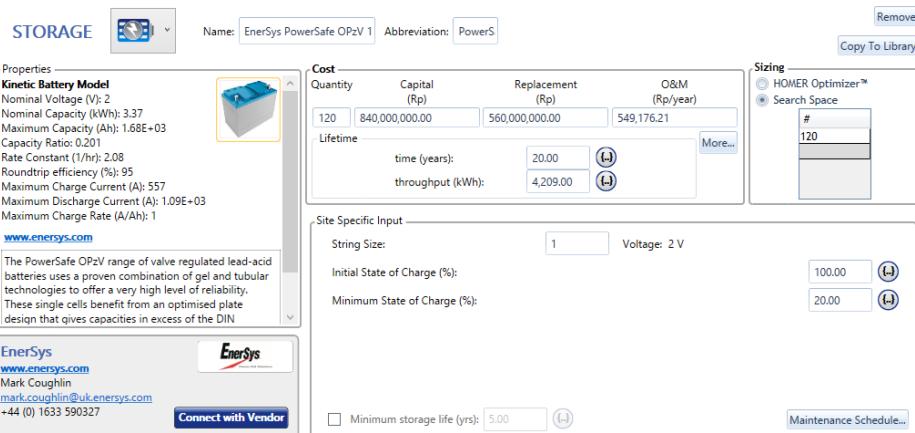
Gambar 3. Hasil Input Data PLTD Pada Software HOMER

The screenshot shows the HOMER software interface for a SolarWorld230SW 230 Poly PV panel. At the top, there are buttons for 'Remove' and 'Copy To Library'. Below this, the 'Properties' section lists the panel's name (SolarWorld230SW 230 Poly), abbreviation (PV), panel type (Flat plate), rated capacity (40.25 kW), temperature coefficient (-0.456000), operating temperature (47.2 °C), efficiency (13%), manufacturer (SolarWorld), and CEC PV Modules status. A note states 'This component comes from the CEC'. The 'Cost' section provides capital costs (700,000,000.00), replacement costs (466,666,666.67), and O&M costs (2,100,000.00). The 'Sizing' section includes options for HOMER Optimizer™ or Search Space, and a table for kW capacity (40.25). The 'Site Specific Input' section includes a derating factor (100.00%). The 'Electrical Bus' section allows selecting AC or DC.

Gambar 4. Hasil Input Data PV Pada Software HOMER

The screenshot shows the HOMER software interface for an Inverter. At the top, there are buttons for 'Remove' and 'Copy To Library'. Below this, the 'Properties' section lists the inverter's name (Inverter), abbreviation (Inverter), and website (www.homerenergy.com). A note states 'This is a generic system converter.' The 'Costs' section provides capital costs (Rp400,000,000.00), replacement costs (Rp266,666,667.00), and O&M costs (Rp26,666,666.67). The 'Capacity Optimization' section includes options for HOMER Optimizer™ or Search Space, and a table for size (45 kW). The 'Inverter Input' section includes lifetime (15.00 years) and efficiency (95.00%). The 'Rectifier Input' section includes relative capacity (100.00%) and efficiency (95.00%).

Gambar 5. Hasil Input Data Inverter Pada Software HOMER

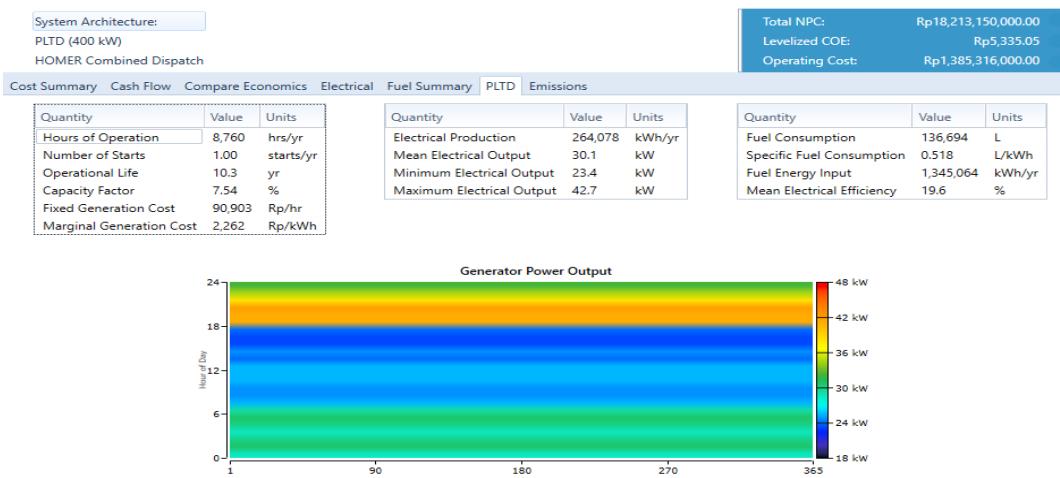


Gambar 6. Hasil Input Data Baterai Pada Software HOMER

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kelayakan Pembangkit Hibrid Dari Sisi Teknis

Aspek teknis bertujuan untuk menghitung dan membandingkan antara pembebanan pada komponen pembangkit sebelum dan sesudah adanya PLTS, sehingga dapat dinilai kelayakan dari sistem hibrid yang diajukan secara teknis. Dari simulasi yang dilakukan, didapatkan output beban pada PLTD Pulau Gersik sebelum dihibrid sebagai berikut:



Gambar 7. Hasil Simulasi PLTD Sebelum Dihibrid Dengan PLTS

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa PLTD beroperasi selama 8.760 jam per tahun dan menghasilkan tenaga listrik sebesar 264.078 per tahun. Berikut ini adalah hasil simulasi setelah PLTD dihibrid dengan PLTS.



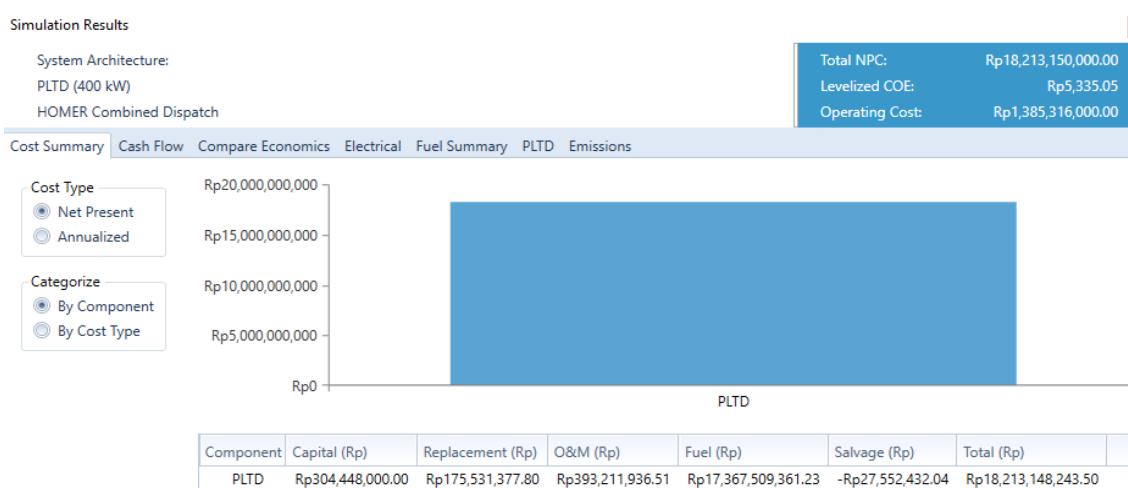
Gambar 8. Hasil Simulasi PLTD Setelah Dihibrid Dengan PLTS

Dari simulasi yang dilakukan, dapat diketahui bahwa pasokan listrik yang dihasilkan oleh PLTD sebesar 190.614 kWh per tahun sedangkan PV sebesar 77.488 kWh per tahun. Total energi listrik yang dihasilkan dari sistem hibrid berjumlah 268.101 kWh per tahun.

4.2. Kelayakan Pembangkit Hibrid Dari Sisi Ekonomi

4.2.1. Parameter Net Present Cost

Hasil simulasi yang dilakukan untuk mendapatkan NPC pada PLTD eksisting dapat dilihat dari gambar di bawah ini.

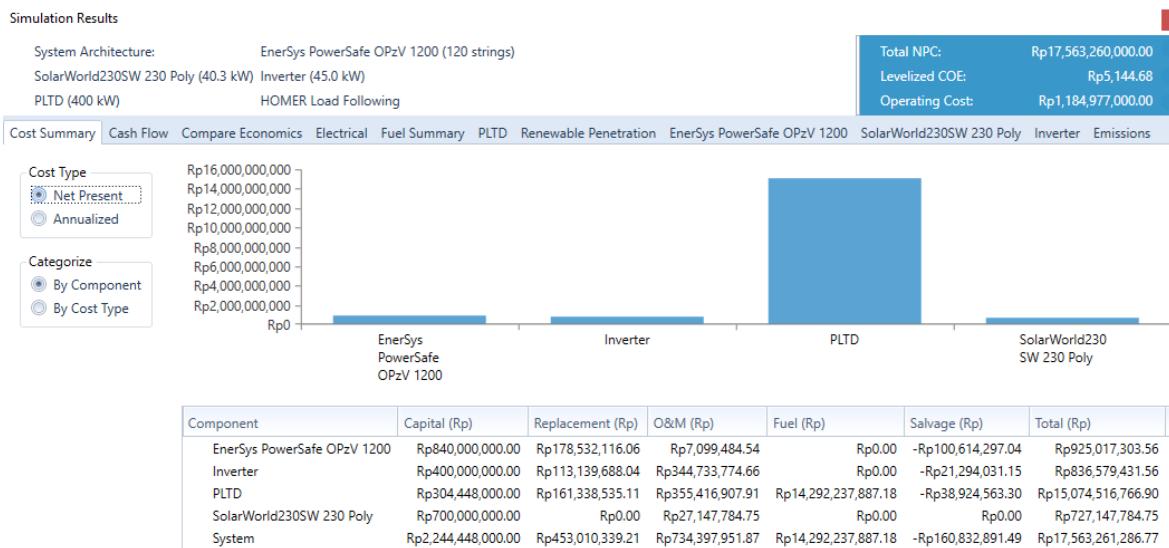


Gambar 9. NPC PLTD Eksisting Sebelum Dihibrid Dengan PLTS

Dari Gambar 9 dapat diketahui bahwa NPC pada PLTD yang saat ini telah ada di Pulau Gersik adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{NPC} &= \text{Capital cost} + \text{Replacement cost} + \text{O&M cost} + \text{Fuel cost} - \text{Salvage} \\
 &= 304.448.000 + 175.531.337,80 + 393.211.936,51 + 17.367.509.361,23 - \\
 &\quad 27.552.432,04 \\
 &= \text{Rp. } 18.213.148.243,50 \text{ dibulatkan menjadi Rp. } 18.213.150.00
 \end{aligned}$$

Hasil simulasi yang dilakukan untuk mendapatkan NPC pada sistem hibrid PLTD dan PLTS dapat dilihat dari Gambar 10.

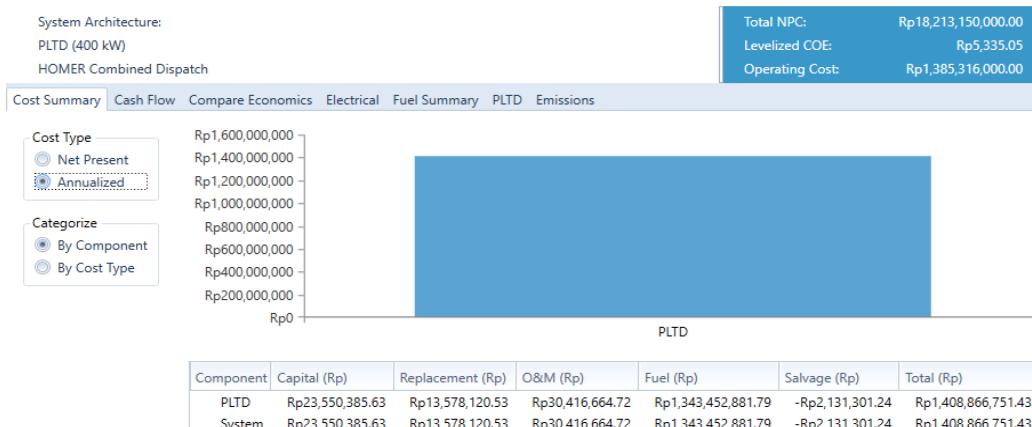


Gambar 10. NPC PLTD Setelah Dihibrid Dengan PLTS

Dari simulasi yang dilakukan dapat diketahui bahwa sistem pembangkit hibrid yang direncanakan memiliki NPC yang lebih rendah daripada PLTD yang saat ini telah beroperasi di Pulau Gersik. Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem pembangkit hibrid yang direncanakan layak berdasarkan parameter NPC.

4.2.2. Parameter *Levelized Cost of Energy*

Hasil simulasi yang dilakukan guna mendapatkan LCOE pada PLTD eksisting dapat dilihat dari Gambar 11.



Gambar 11. Annualized Cost PLTD Eksisting Sebelum Dihibrid Dengan PLTS

JURNAL ILMIAH SUTET

Vol. 11, No. 1, Juni 2021, P-ISSN 2356-1505, E-ISSN 2656-9175

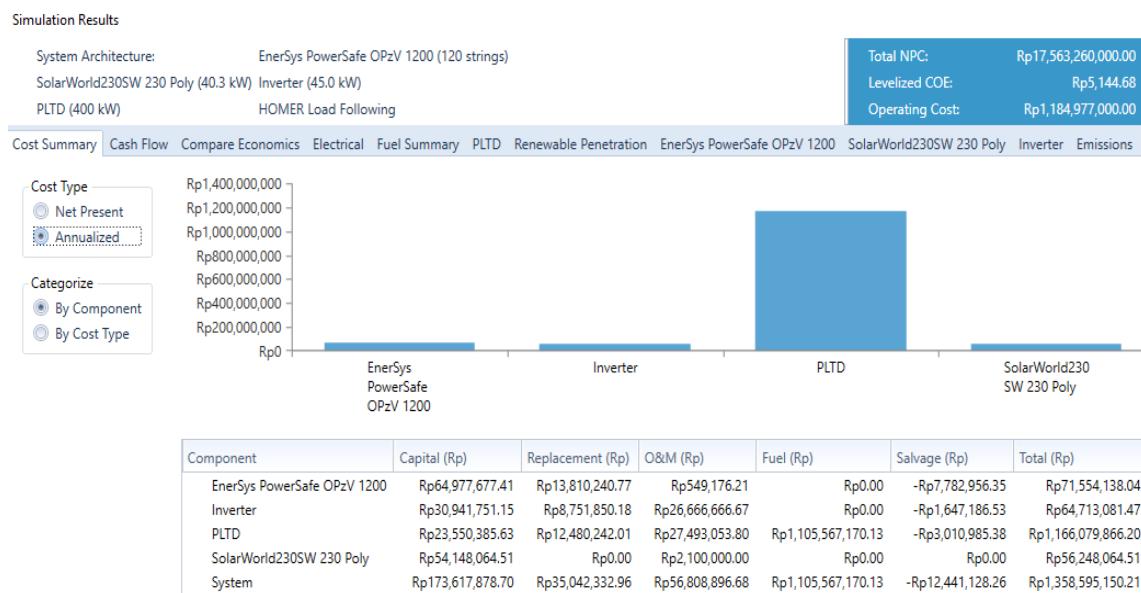
<https://doi.org/10.33322/sutet.v11i1.1372>

Dari Gambar 11 dapat diketahui bahwa biaya tahunan PLTD yang saat ini berada di Pulau Gersik berjumlah Rp. 1.408.866.753,38. Setelah mengetahui biaya tahunan PLTD, maka untuk menentukan LCOE dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{LCOE} = (\text{Rp.}1.408.866.751,43) / (264.078 \text{ kWh})$$

$$\text{LCOE} = \text{Rp. } 5.335,05 / \text{kWh}$$

Hasil simulasi yang dilakukan guna mendapatkan LCOE pada sistem pembangkit hibrid dapat dilihat dari Gambar 12.



Gambar 12. Annualized Cost PLTD Setelah Dihibrid Dengan PLTS

Dari Gambar 12 dapat diketahui bahwa biaya tahunan sistem pembangkit hibrid yang direncanakan di Pulau Gersik berjumlah Rp. 1.358.595.150,21. Setelah mengetahui biaya tahunan sistem pembangkit hibrid, maka untuk menentukan LCOE dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{LCOE} = (\text{Rp.}1.358.595.150,21) / (264.078 \text{ kWh})$$

$$\text{LCOE} = \text{Rp. } 5.144,68 / \text{kWh}$$

Dari perbandingan yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwasannya LCOE pada sistem pembangkit hibrid yang direncanakan lebih rendah daripada LCOE pada PLTD yang saat ini beroperasi di Pulau Gersik. Oleh karena itu, sistem pembangkit hibrid dapat dikatakan lebih layak untuk digunakan sebagai pembangkit listrik di Pulau Gersik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Simulasi sistem pembangkit hibrid PLTD eksisting dengan PLTS 40 kWp di Pulau Gersik, Belitung telah dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HOMER. Dari hasil simulasi diketahui bahwa sistem pembangkit hibrid layak beroperasi dilihat dari sisi teknis, dengan energi listrik yang dihasilkan adalah 268.101 kWh/tahun. Persentase pembebanan pada sistem hibrid ini adalah 28,9% dari PLTS dan 71,1% dari PLTD.

Dari segi ekonomi, *Net Present Cost* sistem hibrid yaitu sebesar Rp. 17.184.340.000, lebih rendah daripada NPC PLTD eksisting sebesar Rp. 17.823.080.000. Sedangkan *Levelized Cost of Energy* sistem hibrid yaitu sebesar Rp. 5.144,68/kWh, juga lebih rendah daripada LCOE PLTD eksisting sebesar Rp. 5.335,05/kWh.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi PLN yang telah memberi dukungan dalam pelaksanaan penelitian melalui Hibah Penelitian Dosen Pemula No. 007/1/B04/PDP/IT-PLN/2021 dan juga ucapan terima kasih kepada PT. PLN (Persero) Unit Induk Wilayah Bangka Belitung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Bazmi, G. Zahedi, and H. Hashim, "Progress and challenges in utilization of palm oil biomass as fuel for decentralized electricity generation," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 1, pp. 574–583, 2011, doi: 10.1016/j.rser.2010.09.031.
- [2] G. A. Marrero and F. J. Ramos-Real, "Electricity generation cost in isolated system: The complementarities of natural gas and renewables in the Canary Islands," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 9, pp. 2808–2818, 2010, doi: 10.1016/j.rser.2010.06.007.
- [3] G. Alviningsih, A. Sutra, Y. Arvio, T. R. Sinaga, R. Parman, and I. Garniwa, "The Influence of NaCl Concentration on Performance of Palm Oil Fuel Heater System," *Proceeding - 2020 Int. Conf. Sustain. Energy Eng. Appl. Sustain. Energy Transp. Toward All-Renewable Futur. ICSEEA 2020*, pp. 57–61, 2020, doi: 10.1109/ICSEEA50711.2020.9306182.
- [4] G. Alviningsih *et al.*, "A DESIGN OF PALM OIL FUEL HEATER SYSTEM FOR DIESEL," vol. 19, no. 2, pp. 51–60, 2020.
- [5] R. Achmad, "Modul 1 Isu Lingkungan Global," *Kim. Lingkung.*, pp. 1–34, 2004, [Online]. Available: <http://repository.ut.ac.id/4658/2/PEKI4312-M1.pdf>.
- [6] H. D. Ibrahim, N. M. Thaib, and L. M. A. Wahid, "Indonesian Energy Scenario to 2050: Projection of Consumption , Supply Options and Primary Energy Mix Scenarios," *A Jt. Symp. Energy links between Russ. East Asia Dev. Strateg. XXI century*, p. 12, 2010, [Online]. Available: <http://www.sei.irk.ru/symp2010/en/papers.html>.
- [7] M. U. Khan, M. Hassan, and M. Ali, "Techno-economic Analysis of PV / Wind / Biomass / Biogas Hybrid System for Remote Area Electrification of Southern Punjab (Multan), Pakistan using HOMER Pro," *2018 Int. Conf. Power Gener. Syst. Renew. Energy Technol.*, no. September, pp. 1–6, 2018.
- [8] H. Benchraa, A. Redouane, I. El Harraki, and A. El, "Techno-economic feasibility study of a hybrid Biomass / PV / Diesel / Battery system for powering the village of Imlil in High Atlas of Morocco Wood chips."
- [9] D. Oleh, "Institut teknologi pln skripsi perancangan pltu dalam upaya penghematan bahan bakar pltu di pt. sewatama," 2020.
- [10] M. Sukmawidjaja, D. Jurusan, T. Elektro, A. Jurusan, and T. Elektro, "Simulasi Optimasi Sistem Pltu Menggunakan Software Homer Untuk," vol. 11, pp. 17–42, 2013.
- [11] T. Lambert, P. Gilman, and P. Lilienthal, "Micropower System Modeling with

JURNAL ILMIAH SUTET

Vol. 11, No. 1, Juni 2021, P-ISSN 2356-1505, E-ISSN 2656-9175

<https://doi.org/10.33322/sutet.v11i1.1372>

- Homer," *Integr. Altern. Sources Energy*, pp. 379–418, 2006, doi: 10.1002/0471755621.ch15.
- [12] F. S. Azad, I. Ahmed, S. R. Hossain, and R. Amin Tuhin, "HOMER Optimized Off-grid Hybrid Energy System: A Case Study on Rohingya Relocation Center in Bangladesh," *1st Int. Conf. Adv. Sci. Eng. Robot. Technol. 2019, ICASERT 2019*, vol. 2019, no. Icasert, pp. 1–5, 2019, doi: 10.1109/ICASERT.2019.8934534.
- [13] A. Iqbal, I. F. Muhammad, M. Faraz, M. S. Tariq, and H. U. Banna, "Economic analysis of a small hybrid power system," *2015 Power Gener. Syst. Renew. Energy Technol. PGSRET 2015*, 2015, doi: 10.1109/PGSRET.2015.7312182.
- [14] R. Irawati *et al.*, "Hybrid Power Plant Analysis To Fulfill the Electricity Need in Pramuka Island," vol. 11, no. 2, pp. 81–92, 2012.
- [15] I. B. Ketut Sugirianta, I. Giriantari, and I. N. Satya Kumara, "Economic Analysis of Solar Electricity Rates using the Life Cycle Cost Method (Analisa Keekonomian Tarif Penjualan Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1 MWp Bangli Dengan Metode Life Cycle Cost)," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 15, no. 2, pp. 121–126, 2017.