

## **Optimalisasi Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) *On-Grid* di Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) Berbasis Aplikasi Homer**

**Syarif Hidayat<sup>1</sup>, Fadliandi<sup>2</sup>,**

<sup>1)2)</sup> Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta Jl. Cempaka Putih Tengah 27 No 47

Email : fadliandi@umj.ac.id,

### **ABSTRAK**

*Energi terlibat pada semua aspek kehidupan. Namun, tidak semua energi selalu memiliki dampak positif bagi kehidupan, salah satunya yaitu energi fosil. Pemanfaatan bahan bakar fosil berkontribusi pada perubahan iklim melalui emisi gas rumah kaca dan mengakibatkan pemanasan global. Dalam rangka memenuhi Paris Agreement 2025, pemerintah Indonesia masih mendorong untuk beralih dari bahan bakar fosil menuju energi baru terbarukan. Pemerintah Indonesia menetapkan target 23% energi baru terbarukan pada bauran energi primer di tahun 2025, mengurangi emisi sebesar 29-41% di tahun 2030. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan sistem pembangkit listrik tenaga hibrida untuk stasiun pengisian kendaraan listrik umum dan membandingkannya dengan kondisi aktual yang telah terpasang di Showroom Mobil. Studi desain pembangkit listrik tenaga hibrida menggunakan aplikasi HOMER PRO Versi 3.14.2 untuk menilai kelayakan dari segi teknis, lingkungan dan ekonomi. Dari hasil simulasi menunjukkan konfigurasi sistem terbaik secara on-grid dengan kelayakan ekonomi Net Present Cost -Rp. 3.879.876.000, lalu Cost of Energy: -Rp. 121.38 Rp/kWh, dan Payback Period: 11 tahun. Dimana kondisi aktual kelayakan ekonomi sebagai berikut: Net Present Cost Rp. 5.948.337.543, lalu Cost of Energy: Rp. 2100 Rp/kWh. Potensi energi sinar matahari yang cukup besar dengan rata-rata 4,76 kWh/m<sup>2</sup>/day, potensi energi angin yang cukup dengan rata-rata 4 m/s dan pemanfaatan energi terbarukan yang besar dengan renewable fraction 100%. Total produksi energi (kWh/yr) dari wind turbine ialah 1.679.314 kWh/yr, dari PV: 839.821 kWh/yr dan dari grid 3.646 kWh/yr. Emisi Gas Rumah Kaca pada konfigurasi terbaik hasil simulasi HOMER yaitu: Carbon Dioxide 2.304 kg/yr, Sulfur Dioxide 9,99 kg/yr, Nitrogen Oxides 4,89 kg/yr. Emisi konfigurasi aktual stasiun pengisian kendaraan listrik umum sebelum menggunakan pembangkit listrik tenaga hibrida yaitu: Carbon Dioxide 38,477 kg/yr, Sulfur Dioxide 600 kg/yr, Nitrogen Oxides 294 kg/yr.*

**Kata Kunci: Emisi gas rumah kaca, Energi baru dan terbarukan (EBT), Kendaraan listrik, Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH), Simulasi HOMER.**

### **ABSTRACT**

*Energy is involved in all aspects of life. However, not all energy always has a positive impact on life, one of which is fossil energy. The utilization of fossil fuels contributes to climate change through greenhouse gas emissions and results in global warming. In order to fulfill the Paris Agreement 2025, the Indonesian government is still pushing to switch from fossil fuels to new renewable energy. The Indonesian government set a target of 23% renewable energy in the primary energy mix by 2025, reducing emissions by 29-41% by 2030. Therefore, this study aims to plan a hybrid power generation system for public electric vehicle charging stations and compare it with the actual conditions that have been installed at the Car Showroom. The hybrid power plant design study uses the HOMER PRO Version 3.14.2 application to assess the feasibility in terms of technical, environmental and economic aspects. The simulation results show the best on-grid system configuration with an economic feasibility of Net Present Cost -Rp. 3,879,876,000, then Cost of Energy: -Rp. 121.38 Rp/kWh, and Payback Period: 11 years. Where the actual conditions of economic feasibility are as follows: Net Present Cost Rp. 5,948,337,543, then Cost of Energy: Rp. 2100 Rp/kWh. The potential for sunlight energy is quite large with an average of 4.76 kWh/m<sup>2</sup>/day, the potential for wind energy is sufficient with an average of 4 m/s and the utilization of large renewable energy with a renewable fraction of 100%. The total energy production (kWh/yr) from wind turbine is 1,679,314 kWh/yr, from PV 839,821 kWh/yr and from grid 3,646 kWh/yr. Greenhouse gas emissions in the best configuration of HOMER simulation results are: Carbon Dioxide 2,304 kg/yr, Sulfur Dioxide 9.99 kg/yr, Nitrogen Oxides 4.89 kg/yr. The actual configuration emissions of public electric vehicle charging stations before using hybrid power plants are: Carbon Dioxide 38,477 kg/yr, Sulfur Dioxide 600 kg/yr, Nitrogen Oxides 294 kg/yr.*

**Keywords: Greenhouse gas emission, New and renewable energy, Electric vehicle, Hybrid powerplant, HOMER simulation.**

## 1 PENDAHULUAN

Energi terlibat pada semua aspek kehidupan. Bentuk energi terbarukan dapat berupa energi matahari, energi angin, energi air dan energi biomassa [1]. Namun, tidak semua energi berdampak positif bagi kehidupan, salah satunya yaitu energi fosil. Bahan bakar fosil masih banyak digunakan untuk kebutuhan energi dunia dan menyumbang hampir 85% dari seluruh produksi energi. Dalam rangka memenuhi Paris Agreement 2025, pemerintah Indonesia masih mendorong untuk beralih dari bahan bakar fosil menuju energi baru terbarukan (EBT). Pemerintah Indonesia menetapkan target 23% EBT pada bauran energi primer di tahun 2025, mengurangi emisi sebesar 29-41% di tahun 2030. Indonesia memiliki potensi energi listrik yang besar hingga mencapai 3.000 hingga 20.000 GWp. Namun demikian, hanya 153,8 megawatt (MW), atau 0,07% dari potensi yang ada, energi matahari yang digunakan di pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada tahun 2020. Produksi energi dari PLTS milik cenderung turun dari 8,78 GWh pada tahun 2014 menjadi 5,66 GWh pada tahun 2021.

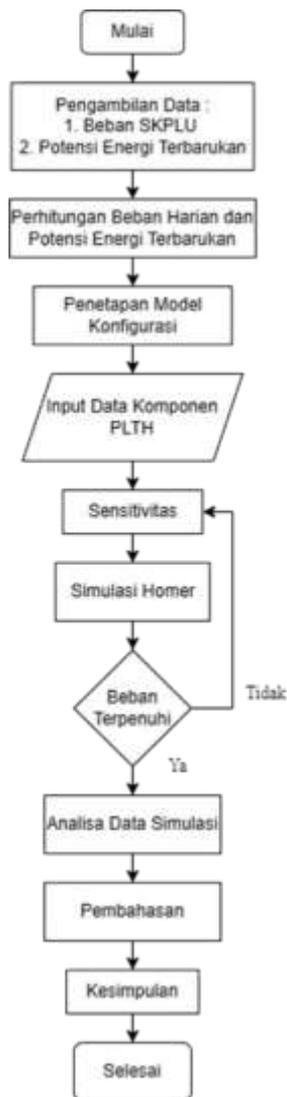
Banyak negara maju telah mengalami pertumbuhan signifikan dalam penggunaan kendaraan listrik (EV), yang berdampak signifikan terhadap pengurangan emisi CO<sub>2</sub> seperti Norwegia (-80.2%), Swiss (-63.4%) dan Swedia (-81.5%). Menurut Menteri Perhubungan Budi Karya Sumadi, hingga 3 April 2024, jumlah KBLBB berdasarkan jumlah Sertifikasi Registrasi Uji Tipe (SRUT) yang terbit yaitu 133.225 unit. Kementerian ESDM telah merevisi PM ESDM No. 13 Tahun 2020 dan menetapkan PM ESDM No. 1 Tahun 2023 tentang Penyediaan Infrastruktur Pengisian Daya Listrik untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai dalam rangka mempercepat penyediaan SPKLU untuk mendukung ekosistem KBLBB di Indonesia. SPKLU saat ini sedang dalam tahap pengembangan dan telah dibangun di beberapa tempat. [2]. Ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin menipis dan krisis iklim telah mendorong pengembangan kendaraan listrik sebagai solusi alternatif. Namun, untuk menjadikan solusi ini berkelanjutan, penggunaan energi terbarukan sangatlah penting. Penelitian ini berfokus pada optimalisasi stasiun pengisian kendaraan listrik umum yang menggunakan energi hibrida.

Sebelumnya, belum ada perbandingan optimalisasi antara kondisi aktual dan sistem perencanaan stasiun pengisian kendaraan listrik.

Oleh karena itu, penelitian ini akan membandingkan konfigurasi aktual dengan hasil simulasi program HOMER. Pemodelan akan melibatkan perhitungan terkait kapasitas PV, inverter, baterai, turbin angin, genset, dan daya yang dihasilkan. Hasil pemodelan ini akan menghasilkan desain konfigurasi sistem pembangkit listrik hibrida optimal yang memperhitungkan biaya investasi awal, operasional, dan pengembalian investasi. Diharapkan penelitian ini dapat meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan energi untuk stasiun pengisian kendaraan listrik umum. Selain itu, juga diharapkan dapat membantu bisnis lain dalam menerapkan teknologi ini untuk meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan.

## 2 METODOLOGI

Penelitian ini dapat digolongkan sebagai penelitian eksperimental atau penelitian terapan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem energi terbarukan yang belum terpasang pada SPKLU, serta agar dapat memberikan rekomendasi kepada lembaga terkait dalam pemanfaatan energi terbarukan pada SPKLU dengan mempertimbangkan analisis teknis, ekonomis dan lingkungan. Ada beberapa langkah yang dilakukan dalam penyusunan penelitian ini agar tujuan penelitian dapat tercapai sesuai dengan yang diharapkan, diperlukan perencanaan prosedur penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Pada penelitian penelitian ini, aplikasi yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang optimal dari segi teknis, ekonomis, dan lingkungan untuk perencanaan PLTH adalah HOMER. PLTH merupakan sistem gabungan antara energi terbarukan dan energi tak terbarukan [3]. HOMER adalah program perangkat lunak yang memodelkan dan mengevaluasi dampak sistem energi terbarukan [4]. Adapun langkah-langkah yang dalam simulasi aplikasi HOMER di antaranya yaitu :

1. Memasukkan data beban listrik SPKLU selama setahun terakhir.
2. Menentukan setiap komponen PLTH yang akan digunakan dalam perencanaan PLTH *on-grid* untuk SPKLU.
3. Menentukan kelengkapan *inputan* setiap komponen PLTH.
4. Menentukan *inputan* sumber daya energi untuk penunjang PLTH (energi surya, energi angin, listrik).

5. Menentukan nilai-nilai parameterekonomi.
6. Menjalankan simulasi dengan aplikasi HOMER.
7. Mendapatkannilaihasil simulasi HOMER.

Dalam penelitian ini, data diperoleh dengan cara observasi serta dari referensi pustaka. di antaranya yaitu data kWh pemakaian SPKLU, spesifikasi SPKLU di *Showroom Mobil*, data potensi energi terbarukan (energi surya dan energi angin) di lokasi penelitian, dan data komponen PLTH.

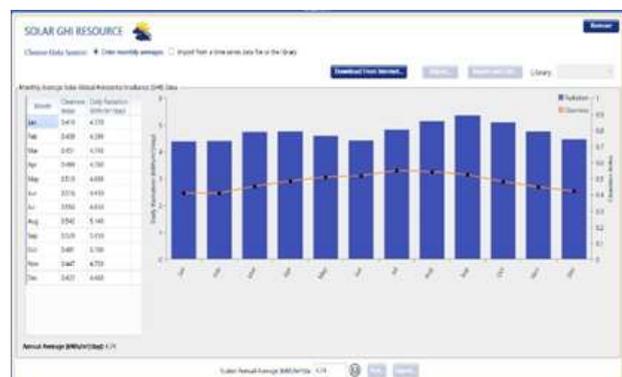
Tabel 1 Pemakaian beban bulanan SPKLU

Lokasi	Januari	Februari	Maret	April	Mai	Juni	Juli	Agustus	Rata-rata bulanan	Rata-rata harian
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
SPKLU Elektronika Hyundai	50.55	60.75	65.23	70.94	80.69	90.30	95.50	80.62	74.24	2,47

Tabel 2 Spesifikasi Charger SPKLU di *Showroom Mobil*

<i>Delta Electronics Inc.</i>	<i>Electric Vehicle Charging</i>
<i>IP.55</i>	<i>Indoor/Outdoor Use Ventilation not required</i>
<i>Operating Temp.</i>	<i>-30 °C to 50 °C</i>
<i>Input</i>	<i>220 V~ 50/60Hz, 25A Single Phase</i>
<i>Output</i>	<i>220 V~ 50/60Hz, 25A Single Phase</i>
<i>Model No.</i>	<i>EVPE3225MUN</i>
<i>S/N</i>	<i>JDJ213100600W0</i>
<i>Made in China</i>	

Data Solar GHI dan temperatur pada lokasi SPKLU *Showroom Mobil* diperoleh dari situs NASA, dan data dimasukkan ke dalam aplikasi HOMER pada koordinat 06°11'32.10" S 106° 52' 00.26" E. Dari hasil *download* data diperoleh GHI rata-rata 4.76 (*kWh/m2/day*). Puncak radiasi harian terjadi pada bulan Agustus, september dan Oktober dengan rata-rata GHI 5.30 (*Wh/m2/day*) (-6.192183418221875,106.86687084744814).



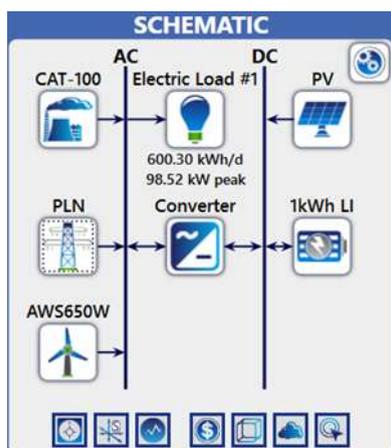
Gambar 2 Potensi energi surya di lokasi penelitian

Daya keluaran panel surya yang menurun akibat naungan telah ditingkatkan menggunakan metode dioda bypass [5]. Berdasarkan data potensi energi angin di lokasi SPKLU Showroom rata-rata kecepatan diukur dari ketinggian 50 m dari permukaan tanah adalah sebesar 3,38 m/s. Data dan grafik potensi energi angin di Showroom Mobil



Gambar 3 Potensi energi angin di lokasi penelitian

Penetapan konfigurasi PLTH *On-Grid* menjadi langkah penting dalam penelitian ini. Konfigurasi *winning system* mencakup hasil optimasi dari aplikasi homer. Di mana, konfigurasi perancangan terdiri panel surya, turbin angin, baterai, inverter, genset, dan koneksi ke jaringan listrik (*grid*), konfigurasi 2 yaitu sistem aktual pada SPKLU yang melibatkan koneksi ke jaringan listrik *grid* dan genset. Pemilihan konfigurasi yang optimal akan memungkinkan SPKLU untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan dengan efisien dan menyesuaikan kebutuhan energi di lokasi tersebut, yang pada akhirnya dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mendorong keberlanjutan energi terbarukan.



Gambar 4 Gabungan konfigurasi PLTH pada aplikasi HOMER

Untuk genset yang direncanakan pada simulasi HOMER yaitu berkapasitas 80 kW dengan harga

Rp.3.000.000 per kW nya, lalu untuk biaya penggantinya disamakan sesuai harga pembeliannya, serta untuk harga bahan bakar diesel sebesar Rp.7.000.



Gambar 5 Parameter *inputan* genset pada aplikasi HOMER

Turbin angin yang direncanakan pada simulasi HOMER yaitu berkapasitas 650 W dengan harga Rp.10.000.000, lalu untuk biaya penggantian komponennya Rp.8.000.000, dan biaya perawatannya Rp.200.000



Gambar 6 Parameter *inputan* turbin angin pada aplikasi HOMER

Pada komponen panel surya yang direncanakan pada simulasi HOMER yaitu berkapasitas 100 kW dengan harga Rp.17.000.000, lalu untuk biaya penggantian komponennya Rp.10.000.000, serta biaya perawatannya Rp.500.000.



Gambar 7 Parameter *inputan* panel surya pada aplikasi HOMER

Untuk *converter* terdiri atas *rectifier* dan *inverter*, yang berfungsi untuk mengubah tegangan AC menjadi DC maupun sebaliknya. Masing-masing memiliki efisiensi sebesar 95%. Adapun biaya pembelian *converter* sebesar Rp.3.000.000, dengan biaya penggantian komponen sebesar Rp.2.000.000 dan biaya perbaikan sebesar Rp.200.000



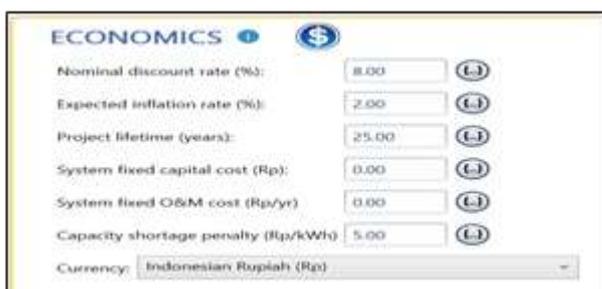
Gambar 8 Parameter *inputan converter* pada aplikasi HOMER

Pada komponen baterai yang direncanakan yaitu berkapasitas 48 V 327 Ah dengan efisiensi 95% dengan harga Rp.2.500.000 serta biaya perawatannya Rp.100.000.



Gambar 9 Parameter *inputan* baterai pada aplikasi HOMER

Suku bunga per tahun merupakan sebuah nilai nominal suku bunga yang dikurangi inflasi Saat penelitian ini dibuat, berdasarkan data dari Bank Indonesia, target nilai suku bunga Indonesia pada akhir tahun 2023 adalah sebesar 2%.



Gambar 10 Parameter ekonomi pada aplikasi HOMER

Pada aspek emisi, berdasarkan konstanta Ekuivalensi  $CO_2$  (sesuai dengan surat menteri ESDM no.3783/21/600.5/2008) yaitu 1 kWh = 0,9936 kg  $CO_2$ , 0,01 kg  $SO_2$ , dan 0,0019 kg  $NO_2$ .

Tabel 3 Parameter nilai konstanta emisi yang dihasilkan dalam perencanaan PLTH *on-grid*

Type of emission/ pollutant	Corrected electricity emission factors	Unit
$CO_2$	0.993622	kg $CO_2$ /kWh
$NO_x$	0.001968	kg $NO_x$ /kWh
$SO_2$	0.010067	kg $SO_2$ /kWh

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem PLTH *on-grid* terdiri dari komponen utama: PV 601 kW, *converter* 429 kW, dan turbin angin 1802 kW. Hasil dari simulasi HOMER, menghasilkan 12 konfigurasi yang merupakan kombinasi beberapa variabel *sensitivity case*. Konfigurasi paling optimal selanjutnya menjadi pilihan utama dalam simulasi HOMER. Dari 12 kombinasi sistem konfigurasi tersebut terdapat 1 konfigurasi sistem optimal yang direkomendasikan oleh HOMER sesuai tabel 4 berikut.

Tabel 4 Hasil kombinasi 12 sistem konfigurasi PLTH *on-grid*

Tabel 5 Konfigurasi *winning system* PLTH *on-grid* dan konfigurasi aktual SPKLU

Konfigurasi Terbaik Hasil Olah Data HOMER	Konfigurasi Aktual SPKLU
<b>Winning System Architecture</b> HOMER Load Following PLN PV - 601 kW Converter - 439 kW AWS650W - 2.772	<b>System Architecture</b> HOMER Cycle Charging Grid

Sistem ini menghasilkan total 2,522,781 kWh per tahun, dengan kontribusi utama dari turbin angin AWS HC 650W yang menghasilkan 1,679,314 kWh (66.6%) dan panel surya dengan produksi 839,821 kWh (33.3%). Hanya sebagian kecil listrik yang dibeli dari jaringan, yaitu 3,646 kWh (0.145%). Konsumsi listrik utama berasal dari beban AC sebesar 219,110 kWh (8.86%), sementara tidak ada konsumsi dari beban DC atau beban yang bisa ditunda. Sebagian besar listrik yang dihasilkan dijual kembali ke jaringan sebesar 2,253,573 kWh (91.1%), menunjukkan efisiensi yang tinggi. Listrik berlebih yang dihasilkan mencapai 8,535 kWh (0.338%), Fraksi energi terbarukan dalam sistem ini sangat tinggi, mencapai 99.9%, dengan penetrasi maksimal 130%.



Gambar 11 *Production & Consumption energy* dari konfigurasi *winning system* hasil simulasi HOMER

Sedangkan pada konfigurasi sistem aktual, SPKLU sepenuhnya mengandalkan pembelian dari jaringan listrik (*Grid Purchases*) dengan total produksi energi sebesar 219,110 kWh per tahun, dengan fraksi energi terbarukan dalam konfigurasi ini adalah 0%, dengan penetrasi maksimum energi terbarukan juga sebesar 0%.



Gambar 12 *Production & Consumption energy* dari konfigurasi aktual hasil simulasi HOMER

Berdasarkan aspek emisi hasil simulasi HOMER, didapatkan nilai yang signifikan terhadap penurunan parameter polutan pada perencanaan PLTH on-grid dibanding dengan kondisi aktual SPKLU. Termasuk pada nilai emisi yang dihasilkan per tahunnya dari kedua konfigurasi tersebut.

Tabel 6 Emisi yang dihasilkan oleh perencanaan PLTH on-grid dari hasil simulasi HOMER

Emisi PLTH <i>On Grid</i> (HOMER <i>Optimization</i> )			Penurunan emisi dari perencanaan sistem PLTH:
Quantity	Value	Units	
Carbon Dioxide	2,304	kg/yr	A. Emisi CO <sub>2</sub> : 2.504.331 kg CO <sub>2</sub> /yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr	B. Emisi SO <sub>2</sub> : 25.217 kg SO <sub>2</sub> /yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr	C. Emisi NO <sub>2</sub> : 4.788 kg NO <sub>2</sub> /yr
Particulate Matter	0	kg/yr	
Sulfur Dioxide	9,99	kg/yr	
Nitrogen Oxides	4,89	kg/yr	

Tabel 7 Emisi yang dihasilkan dari konfigurasi aktual SPKLU hasil simulasi HOMER

Emisi SPKLU (Kondisi Aktual)			Penurunan emisi dari kondisi aktual SPKLU:
Quantity	Value	Units	
Carbon Dioxide	138,477	kg/yr	A. Emisi CO <sub>2</sub> : 79.230 kg CO <sub>2</sub> /yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr	B. Emisi SO <sub>2</sub> : 218.510 kg SO <sub>2</sub> /yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr	C. Emisi NO <sub>2</sub> : 122,309 kg NO <sub>2</sub> /yr
Particulate Matter	0	kg/yr	
Sulfur Dioxide	600	kg/yr	
Nitrogen Oxides	294	kg/yr	

Hasil perencanaan PLTH berdasarkan simulasi HOMER menunjukkan analisis *Net Present Cost* (NPC) yang cukup signifikan. Total NPC dari sistem ini adalah -Rp3,879,876,000.00, dengan *Levelized Cost of Energy* (LCOE) sebesar -Rp121.38, dan biaya operasional mencapai -Rp3,334,213,000.00.



Gambar 13 *Cost Summary* konfigurasi *winning system*

Besarnya perhitungan LCOE kedua konfigurasi sistem ditunjukkan pada tabel 8 berikut:

Tabel 8 *Levelized Cost Of Energy* dari konfigurasi *winning system* dan konfigurasi aktual

Konfigurasi <i>Winning System</i>	Konfigurasi Aktual
$LCOE = \frac{-300.125.414}{2.472.682} = -121,37 \text{ Rp/kWh}$	$LCOE = \frac{191.914.857}{810.423} = 236,80 \text{ Rp/kWh}$

Analisa kelayakan harga komponen Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) merupakan salah satu langkah penting dalam evaluasi keseluruhan proyek. Analisa ini bertujuan untuk memastikan bahwa investasi yang dilakukan dalam pembelian dan pemasangan komponen-komponen PLTH, serta memberikan manfaat ekonomi yang lebih besar dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan.

Tabel 9 Analisa kelayakan investasi PLTH

Analisis Kelayakan	Kriteria Kelayakan	Hasil Optimasi HOMER	Kesimpulan
Net Present Value (NPV)	Kriteria Kelayakan Layak (NPV > 0) Tidak Layak (NPV < 0)	Net Present Value: Rp 6,36 Miliar	Investasi dinyatakan layak karena nilai NPV selama periode umur proyek lebih besar dari 0.
Discounted Payback Period (DPP)	Layak (DPP lebih pendek dari umur proyek), Tidak Layak (DPP lebih panjang dari umur proyek)	11 Tahun	Pengembalian modal terjadi setelah tahun ke 11, pendapatan selama periode umur proyek lebih besar dari modal awal, sehingga investasi dinyatakan layak.
Benefit-Cost Ratio (B-CR)	Layak (B-CR > 1)	1	Investasi dianggap layak karena selisih antara pendapatan dan biaya bernilai lebih besar dari 1.

Secara keseluruhan, ketiga indikator ini menunjukkan bahwa proyek PLTH dinyatakan layak untuk dilaksanakan. NPV yang positif mengindikasikan keuntungan finansial bersih, DPP yang wajar menunjukkan bahwa investasi akan kembali dalam periode yang dapat diterima, dan B-CR yang sama dengan 1 menunjukkan keseimbangan antara manfaat dan biaya. Berdasarkan analisis ini, investasi dalam proyek PLTH diharapkan memberikan keuntungan finansial yang positif selama umur proyek dan oleh karena itu, dianggap layak dan menguntungkan.

Perbandingan antara konfigurasi PLTH "*Winning System*" dari simulasi HOMER dan konfigurasi dasar aktual SPKLU menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam berbagai aspek. *Winning system* menghasilkan produksi listrik sebesar 2,522,781 kWh per tahun, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan 219,110 kWh per tahun pada konfigurasi

aktual. Konsumsi listrik pada *winning system* juga mendekati jumlah produksinya, menunjukkan efisiensi tinggi, sementara konfigurasi aktual memiliki konsumsi yang sama dengan produksinya. Biaya energi per kWh pada *winning system* sangat rendah, bahkan negatif, yang mungkin mencerminkan adanya subsidi atau insentif, sedangkan biaya pada konfigurasi aktual sangat tinggi. Secara keseluruhan, konfigurasi PLTH "*Winning System*" menawarkan produksi listrik yang lebih besar, efisiensi konsumsi yang tinggi, biaya energi yang lebih rendah, dan manfaat lingkungan yang signifikan, menjadikannya pilihan yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan dalam jangka panjang dibandingkan dengan konfigurasi dasar aktual SPKLU.

Tabel 10 Perbandingan Konfigurasi PLTH dan Konfigurasi Aktual

No	Uraian	<i>Winning system</i> (Konfigurasi Terbaik Hasil Simulasi HOMER)	Konfigurasi Dasar Aktual SPKLU
1	<i>Production (kWh/yr)</i>	2.522.781	219.110
2	<i>Consumption ((kWh/yr)</i>	2.472.682	219.110
3	COE	Rp. 121.38	Rp. 2100
4	NPC Capital O&M	Rp. 3.879.876.000 Rp.39.223.212.500 Rp. 43.103.088.757,	Rp. 5.948.337.543 Rp.0 -Rp. 460.129.950
5	<i>Emission (Kg/yr)</i>		
	- CO <sub>2</sub> ,	2.304	138.477
	- SO <sub>2</sub> ,	9.99	600
	- NO <sub>2</sub>	4,89	294
6	<i>Renewable Fraction (%)</i>	99,9	0
7	<i>Excess Electricity (%)</i>	0,338	0
	- kWh/yr	8,535	0

#### 4 KESIMPULAN

Konsep PLTH dapat diimplementasikan untuk SPKLU di Showroom Mobil dengan menggunakan konfigurasi sistem on-grid, dengan kelayakan ekonomi sebagai berikut: NPC - Rp. 3.879.876.000, lalu COE: -Rp. 121.38 Rp/kWh, dan PBP: 11 tahun. Konfigurasi aktual SPKLU menggunakan konfigurasi sistem *on-grid* dengan kelayakan ekonomi sebagai berikut: NPC Rp. 5.948.337.543 , lalu COE : Rp. 2100 Rp/kWh.

Potensi energi matahari yang cukup besar dengan rata-rata 4,76 kWh/m<sup>2</sup>/day, Potensi sumber daya angin yang cukup dengan rata-rata 4 m/s dan pemanfaatan energi terbarukan yang besar dengan renewable fraction 100%. Total produksi energi

(kWh/yr) dari wind turbin ialah 1.679.314 kWh/yr dan PV 839.821 kWh/yr dan *grid* 3.646 kWh/yr.

Emisi Gas Rumah Kaca pada konfigurasi terbaik hasil simulasi HOMER yaitu: Carbon Dioxide 2.304 kg/yr, Sulfur Dioxide 9,99 kg/yr, Nitrogen Oxides 4,89 kg/yr. Emisi konfigurasi actual SPKLU sebelum menggunakan PLTH yaitu: Carbon Dioxide 138,477 kg/yr, Sulfur Dioxide 600 kg/yr, Nitrogen Oxides 294 kg/yr. SPKLU berbasis energi terbarukan akan paling efektif di wilayah-wilayah dengan potensi besar untuk PLTS dan PLTB seperti di pulau-pulau kecil yang terisolasi, wilayah dengan lahan eks tambang di Sumatera dan Kalimantan, daerah berangin di Sulawesi Selatan dan Nusa Tenggara, serta waduk-waduk besar di Jawa.

Dalam membangun sistem pembangkit energi terbarukan di lokasi diperlukan studi lebih lanjut dikarenakan potensi energi terbarukan yang terbatas, dibutuhkan energi alternatif seperti energi tenaga sampah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Fadliandi, B. Budiyanto, and P. G. Chamdareno, "The Improvement of Solar Panel Performance Using Cooling Method," *Trends Sci.*, vol. 20, no. 11, pp. 6710–6710, 2023.
- [2] H. Fitrianto and M. C. Fatah, "The Effect of Public Electric Vehicle Charging Station on the Harmonic and Electrifying Lifestyle Improvement in Bandung," in *2023 International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICT-PEP)*, IEEE, 2023, pp. 150–155. Accessed: Nov. 30, 2024. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10351184/>
- [3] A. L. Padmadewi, E. W. Pratiwi, and B. Halimi, "Solar PV-Wind-Genset Hybrid Power Generation System for A Commercial Building in Remote Area," in *2023 8th International Conference on Instrumentation, Control, and Automation (ICA)*, IEEE, 2023, pp. 166–170. Accessed: Nov. 30, 2024. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10273094/>
- [4] E. M. Abd Elsadek, H. Kotb, A. S. Abdel-Khalik, Y. Aboelmagd, and A. H. Abdelbaky Elbatran, "Experimental and Techno-Economic Analysis of Solar PV System for Sustainable Building and Greenhouse Gas Emission Mitigation in Harsh Climate: A Case Study of Aswan Educational Building," *Sustainability*, vol. 16, no. 13, p. 5315, 2024.
- [5] F. Fadliandi, H. Isyanto, and B. Budiyanto, "Bypass Diodes for Improving Solar Panel Performance," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 8, no. 5, p. 2703, 2018.