

# PERENCANAAN DESAIN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRID PLTB DAN PLTS DI LOKASI EKOWISATA DESA GUNUNGREJO KECAMATAN SINGOSARI KABUPATEN MALANG

<sup>1</sup>Dr.Ir. Widodo Pudji Muljianto, MT. <sup>2</sup>Ir. Ni Putu Agusini, MT. <sup>3</sup>Gilang Pradana Lasthari  
Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia  
<sup>1</sup>widodopm@yahoo.com, <sup>2</sup>Ini\_putu\_agustini@lecturer.itn.ac.id, <sup>3</sup>gilangpradana295@gmail.com

**Abstrak**—Sistem Pembangkit Listrik Hibrida (PLTH) merupakan terobosan energi terbarukan yang berkonsep penggabungan dua atau lebih sumber energi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada. Tujuan utamanya untuk menghemat pemakaian bahan bakar dan mengurangi emisi termasuk CO<sub>2</sub>. Dalam integrasinya sistem PLTH ini menggunakan sistem yang multi variable yang dimana membutuhkan bantuan perangkat lunak, dalam hal ini HOMER PRO mengoptimasikan integrasi PLTH berdasarkan nilai NPC terendah.

Studi kasus optimasi sistem PLTH di desa Gunungrejo mengintegrasikan PLTS dan PLTB. Hasil simulasi dan optimasi dengan bantuan perangkat lunak HOMER menunjukkan bahwa analisa sistem PLTH yang optimum untuk di terapkan di lokasi studi adalah integrasi antara PLTS dengan kontribusi sebesar 89,3% dan PLTB 10,7 % dengan nilai (NPC) sebesar US\$ 59.761 atau sebesar Rp 836.654000 dan Biaya CEO US\$ 0,128 per kWh atau kalau di rupiahkan berkisar Rp 1.792. Dengan asumsi per \$1= Rp 14.000

**Kata Kunci**—PLTH, Simulasi, NPC, Emisi CO<sub>2</sub>, COE.

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Energi adalah suatu syarat untuk keberlangsungan kehidupan manusia. Semakin banyak energi yang dibutuhkan maka dapat meningkatkan kemakmuran manusia, selain itu kebutuhan energi dapat menimbulkan masalah juga dalam penyediannya. Energi terbarukan sangat dibutuhkan mengingat energi fosil semakin lama semakin menipis. Energi terbarukan adalah suatu sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga sumber energi tersebut tidak akan habis contohnya air, panas bumi, matahari, biomassa, angin, perubahan suhu laut, biogas, biofuel dan gelombang laut menurut kebijakan nasional.

Sistem Hibrida merupakan terobosan energi terbarukan yang berkonsep penggabungan dua atau lebih sumber energi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada. Salah satu sistem pembangkit listrik Hibrida yang berpotensi untuk dikembangkan di lokasi Ekowisata desa Gunungrejo adalah kombinasi antara sel surya (Photovoltaic) PLTS dengan pembangkit listrik tenaga bayu PLTB. Hal ini dikarenakan

letak geografis lokasi Ekowisata desa Gunungrejo berada pada daerah khatulistiwa, sehingga wilayah ini akan selalu disinari matahari selama 10-12 jam dalam sehari. Potensi sumber energi matahari di Indonesia mencapai rata-rata 4,5 kWh per meter persegi per hari, matahari bersinar berkisar 2000 jam per tahun, sehingga Indonesia tergolong kaya sumber energi matahari.

Pemodelan sistem pembangkit hibrid dapat menggunakan software HOMER. Software ini paling banyak digunakan dalam menganalisis sistem pembangkit hibrid dalam skala kecil. Software ini mempunyai keunggulan dibandingkan dengan software lain misalnya dapat mengetahui hasil yang optimal dari konfigurasi sistem berdasarkan NPC (Net Present Cost), dapat melakukan analisis sensitifitas dari sumber energi primer pembangkit, komponen pembangkit lebih terperinci, dapat melakukan simulasi yang terhubung dengan jaringan listrik, parameter masukan lebih terperinci dan lain-lain (Prityatomo, 2009).

Tujuan yang ingin di capai dari penelitian ini adalah untuk memenuhi konsep Eduwisatas yang dewasa ini sedang marak di Malang Raya, dalam rangka menyambut potensi tersebut, pihak Desa Gunungrejo telah bekerjasama dengan ITN Malang melalui LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat) mencoba mengembangkan sistem pembangkit tenaga listrik hibrid PLTB dan PLTS di lokasi Ekowisata desa Gunungrejo Kecamatan Singosari Kabupaten Malang. Yang mana dalam konsep itu sendiri penulis akan mendapatkan kapasitas pembangkit Hibrida dari PLTS dan PLTB yang optimal berdasarkan Net Present Cost (NPC), Cost Of Energy (COE) dan Renewable Fraction (RF) yang diinginkan.

### B. Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang permasalahan diatas, yang akan dibahas pada skripsi ini sebagai berikut :

1. Untuk menunjang konsep edukasi pentingnya energi terbarukan dan penekanan biaya elektrifikasi di lokasi Ekowisata desa Gunungrejo kecamatan Singosari Malang.

- Menerapkan metode pembangkit listrik hibrida antara Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB).

### C. Tujuan Penelitian

Tujuan dibuatnya skripsi ini yaitu :

- Merancang model sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) berdasarkan potensi alam di lokasi Ekowisata desa Gunungrejo kecamatan Singosari kabupaten Malang.
- Melakukan simulasi dan optimasi model sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Tinjauan Pustaka

Riset ini dalam penerapannya menggunakan tulisan-tulisan/ riset yang berhubungan dengan judul yang diambil selaku rujukan serta bahan pertimbangan penulis dalam penyelesaian tugas akhir.

### B. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan suatu teknologi pembangkit dengan prinsip pengkonversian energi foton dari surya diubah menjadi energi listrik. Konversi ini terjadi pada panel surya yang terdiri dari sel-sel surya (photovoltaic). Sel-sel tersebut merupakan lapisan-lapisan tipis 7 yang terbuat dari silicon (Si) murni dan bahan semikonduktor lainnya.

Untuk mendapatkan kebutuhan daya pada panel surya yang di gunakan dalam sistem ini didapatkan persamaan sebagai berikut:[10]

$$\text{Jumlah Modul Surya} = \frac{D_T}{\text{daya panel surya yang digunakan}}$$

Dimana:

$$D_T = \text{Daya Total.}$$



Gambar 2. 1 Panel PV

### C. Batrei

Baterai merupakan penyimpan energi listrik dari panel surya pada saat siang hari dan digunakan pada saat malam hari ketika panel surya sudah tidak menghasilkan energi listrik. Prinsip kerja baterai akan mengisi (*charge*) atau mengosongkan (*discharge*) energi listrik tergantung dari terik matahari yang dihasilkan oleh modul surya.

Kapasitas batrei dinyatakan dalam satuan Wh (*Watt hour*) cara perhitungan total kapasitas baterai pada penelitian kali ini didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$C_b = \frac{E_T}{DOD}$$

Dimana:

$C_b$  = Kapasitas Baterai (Wh)

$E_T$  = Energi Total (Wh)

DOD = Deep of Discharge

total kapasitas baterai

Jumlah baterai yang digunakan = baterai yang digunakan

Dimana :

Total Kapasitas Baterai (Wh)

Baterai yang digunakan (Wh)

### D. Inverter Hibrida

Inverter *Hibrida* adalah inverter yang bisa megkonversi tegangan DC menjadi AC yang berasal dari modul surya. Perbedaan inverter ini dengan inverter biasa adalah inverter ini dapat berdiri sendiri karena keluarannya harus terhubung ke jalur PLN. Inverter hibrida atau yang dikenal *hybride solar inverter* atau *hybrid grid-tied inverter* berbasis baterai adalah inverter yang menggabungkan dua komponen (inverter on grid dan inverter baterai) menjadi satu peralatan. Inverter ini adalah inti dari sistem penyimpanan baterai tenaga surya yang sederhana dan hemat biaya.



Gambar 2. 2 Inverter Hibrida

### E. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Pembangkit listrik tenaga bayu adalah salah satu alternatif pembangkit listrik dengan energi baru terbarukan dan ramah lingkungan yang ada di Indonesia. PLTB ialah memanfaatkan energi kinetic angin yang melewati area efektif turbin untuk mebggerakkan turbin/kincir angin. Potensi dari PLTB yang begitu bermanfaat bagi masyarakat dan juga lingkungan menjadikan pembangkit listrik ini di lirik oleh pemerintah Indonesia. Sebagai negeri dengan energi angin juga disebut energi bayu yang sangat potensial, Indonesia sudah membangun beberapa PLTB semenjak tahun 2018.

Secara ideal kecepatan angin yang menggerakkan kincir angin ada tiga, yaitu kecepatan aliran angin masuk ( $V_i$ ) atau kecepatan aliran angin menuju blade, kecepatan aliran angin saat mengenai blade ( $V_a$ ) dan kecepatan aliran angin ketika meninggalkan blade ( $V_e$ ). yaitu :

Angin mempunyai tenaga yang sama besarnya dengan energi kinetik dari aliran angin tersebut, yaitu:

$$P_{tot} = m \cdot KE_i = m \cdot \frac{V_i^2}{2}$$

Dimana:

- $P_{tot}$  = daya total angin (W)
- $m$  = aliran massa angin  $\left(\frac{kg}{det.}\right)$
- $V_i$  = kecepatan angin masuk  $\left(\frac{m}{det.}\right)$
- $G_c$  = factor konversi = 1  $\left(\frac{kg.m}{N.det.}\right)$

Dalam menghitung energi angin hal yang perlu diketahui adalah mengetahui kecepatan angin rata-rata. Kecepatan angin rata-rata dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

Dimana:

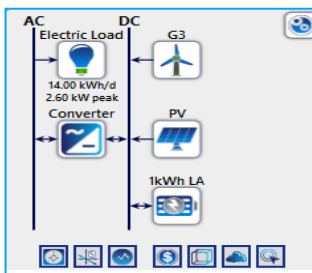
- $\bar{v}$  = kecepatan angin rata-rata (m/s)
- $V_i$  = kecepatan angin yang terukur (m/s)
- $T_i$  = lamanya angin bertiup dengan kecepatan  $V_i$  (m/s)
- $N$  = banyaknya data pengukuran

Kecepatan angin rata-rata tiap satu jam digunakan untuk mengetahui variasi kecepatan harian. Dengan begitu kita dapat mengetahui kapan kecepatan angin yang optimal dalam satu hari.

#### F. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida PLTB dan PLTS

Sistem pembangkit listrik Hibrida didefinisikan sebagai suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang menggabungkan dua atau lebih pembangkit dengan sumber energi yang berbeda, umumnya digunakan untuk isolated grid, sehingga diperoleh sinergi penerapannya dapat menghasilkan keuntungan ekonomis maupun teknis.

Sistem operasi pada PLTH dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu sistem serial, sistem tersklar, dan sistem paralel.[11]



Gambar 2. 3 Ilustrasi PLTH Secara Skematik

#### G. HOMER (Hibrida Optimization Model for Energy Renewable)

Homer adalah sebuah aplikasi yang berfungsi untuk pengoptimalan sebuah sistem dari suatu pembangkit tenaga listrik yang terdiri dari kombinasi antara photovoltaic, microhidro, battery serta kombinasi lainnya yang berfungsi untuk melayani beban listrik maupun beban thermal [12]. HOMER sendiri sudah berkembang di USA dan bekerja

sama dengan perusahaan lain yaitu Mistaya Engineering, dan hak ciptanya dilindungi oleh Midwest Research Institute dan digunakan oleh Departemen Energi Amerika Serikat dan dikembangkan oleh sebuah perusahaan The National Renewable Energy Laboratory (NREL).[12]

Pada penelitian ini Homer berfungsi untuk melakukan simulasi dan menganalisa sistem Pembangkit Listrik Hibrid.

Dalam software homer ini analisa yang dapat dilakukan adalah perhitungan Net Present Cost (NPC), Cost Of Energy (CEO) dan Break Event Point (BEP).



Gambar 2. 4 Software Homer Pro

#### H. NPC (Net Present cost)

Net present cost (NPC) ialah biaya keseluruhan yang digunakan dalam pembangunan komponen baik dalam pemasangan maupun pengoperasian suatu proyek. Persamaan Net present cost dapat diketahui sebagai berikut:[13]

$$NPC = \text{Capital Cost} + \text{Replacement Cost} + \text{O\&M Cost} + \text{Fuel Cost} - \text{Salvage}$$

Dimana:

- Capital Cost = biaya komponen (Rp)
- Replacement Cost = biaya pergantian komponen (Rp)
- O&M Cost = biaya operasional dan perawatan (Rp)
- Fuel Cost = biaya bahan bakar (Rp)

#### I. CEO (Cost of Energy)

Cost of energy merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan energi listrik per 1 kWh. COE dapat diketahui dengan membagi biaya tahunan dengan produksi energi tahunan oleh pembangkit hibrid. Nilai COE dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:[13]

$$CEO = \frac{TAC}{E_{tot\ served}}$$

Dimana:

- TAC (total annualize cost) = biaya total tahunan pembangkit Hibrida (Rp)

- $E_{tot\ served}$  = total energi tahunan untuk beban (kWh)

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Lokasi Pengambilan Data

Pada penelitian ini pengambilan data di ambil di kawasan ekowisata Kedok ombo Desa Gunungrejo Kecamatan Singosari Malang tepatnya pada posisi  $7^{\circ}52'02''\text{LS}$  dan  $112^{\circ}38'54''\text{E}$ . Ekowisata Kedok ombo termasuk dalam wilayah administrasi Desa Gunungrejo Kecamatan Singosari Kabupaten Malang. Luas kawasan Ekowisata Kedok Ombo sendiri berkisar sekitar 8.000 meter persegi.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian Ekowisata Kedok Ombo Desa Gunungrejo Kecamatan Singosari Kabupaten Malang

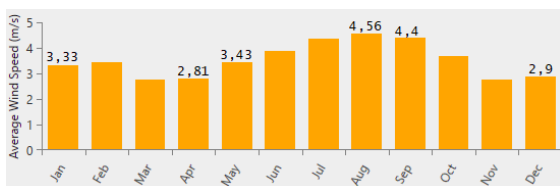
#### B. Kondisi Meteorologi

Berdasarkan data yang di ambil melalui situs internet [www.weatherspark.com](http://www.weatherspark.com) kondisi meteorologi di Desa Gunungrejo tidak begitu berbeda dengan kondisi meteorologi di daerah Singosari. Kecepatan angin rata-rata di Desa Gunungrejo setahun berkisar sekitar 3-4 m/detik. Rata-rata curah hujan di Desa Gunungrejo terbanyak di bulan Januari dengan rata-rata curah hujan 274 milimeter sedangkan curah hujan paling sedikit terjadi di bulan Agustus dengan curah hujan rata-rata 11 milimeter.

Pada musim panas rata-rata suhu teratas di Desa Gunungrejo berkisar di atas  $30^{\circ}\text{C}$  dengan bulan terpanas dalam setahun adalah November, dengan rata-rata suhu terendah  $30^{\circ}\text{C}$  dan tertinggi  $21^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan pada musim dingin yang berlangsung dari 8 juni sampai 29 Agustus suhu tertinggi harian rata-rata di bawah  $28^{\circ}\text{C}$  dan suhu terendah  $18^{\circ}\text{C}$ .

##### 1.1 Angin

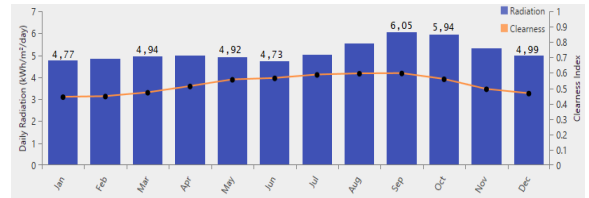
Berdasarkan data yang diakses melalui situs internet [www.weatherspark.com](http://www.weatherspark.com) rata-rata kecepatan angin di Desa Gunungrejo di ukur dengan ketinggian 10 meter dari permukaan tanah adalah 3,52 m/s. Data kecepatan angin di Desa Gunungrejo selama satu tahun dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3. 2 Kecepatan Angin Rata-rata di Desa Gunungrejo

#### 1.2 Potensi Radiasi Matahari

Data Indeks kecerahan (Clearness Index) dan radiasi sinar matahari (Solar Radiation) adalah rata-rata global radiasi matahari pada permukaan horisontal dinyatakan dalam  $\text{kWh/m}^2$ , untuk setiap hari dalam kurun waktu satu tahun. Sumber diperoleh dengan bantuan HOMER yang terintegrasi langsung dengan data NASA melalui internet dengan memberikan letak lintang dan bujur lokasi penelitian.

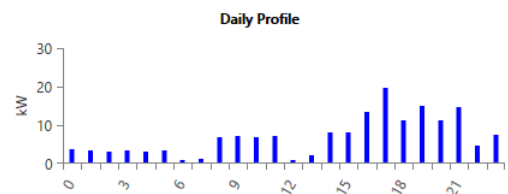


Gambar 3. 3 Indeks Kecerahan dan Radiasi Matahari di Desa Gunungrejo

#### 1.3 Data Beban Harian

Beban utama disini berupa beban untuk konsumsi cafe yang sebagian besar adalah penerangan, mesin kopi, freezer dan lain-lain. Beban rata-rata harian untuk Ekowisata Gunungrejo sebesar 11.26 kWh/hari dengan beban puncak sebesar 2.28 kW peak terjadi pada jam 16.00-23.00.

Data yang diperoleh diatas adalah data beban harian selama 8 jam, gambar berikut kurva beban harian yang sesuai dengan kebutuhan di lokasi Ekowisata Gunungrejo.



Gambar 3. 4 Kurva Beban Harian Ekowisata Gunungrejo

#### C. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengumpulkan data kebutuhan beban energi listrik di kawasan Ekowisata Gunungrejo, data kecepatan angin, dan data iradiasi sinar matahari. Kemudian mensimulasikan dan mengoptimasi PLTH dengan menggunakan perangkat lunak HOMER PRO. Simulasi akan dijalankan dengan mensimulasikan pengoperasian listrik tenaga hibrida dengan membuat perhitungan keseimbangan energi selama satu tahun.

#### D. Optimasi

Setelah disimulasi, tahap selanjutnya adalah mengoptimasi semua kemungkinan sistem konfigurasi kemudian diurutkan berdasarkan Nilai Sekarang Bersi (Net Present Value) yang dapat digunakan untuk membandingkan sistem desain pilihan.

### E. Analisa Sensitivitas

Ketika variable sensitivitas ditambahkan, HOMER mengulangi proses optimasi untuk setiap sensitivitas variable yang menentukan. Misalnya, jika ditetapkan kecepatan angin sebagai sensitivitas variable, HOMER akan mensimulasikan konfigurasi untuk berbagai kecepatan angin yang telah ditetapkan.

### F. Perhitungan Data

Persamaan-persamaan berikut ini digunakan sebagai dasar perhitungan energi yang disuplai oleh pembangkit energi terbarukan, pengisian baterai dan pengosongan baterai serta perhitungan total nilai bersih sekarang (Total Net Present Cost, TNPC).

Persamaan Daya Pembangkit Tenaga Bayu

$$P_w = \eta_w * \eta_g * 0.5 * \rho_a * C_p * A * V^3 \quad (3.1)$$

Persamaan Daya Pembangkit Tenaga Surya

$$P_{pv} = \eta_{pv} * \eta_g * N_{pvp} * N_{pvs} * V_{pv} * I_{pv} \quad (3.2)$$

Persamaan Total Daya Pembangkit Tenaga Terbarukan

$$P(t) = \sum_{w=1}^{n_w} P_w + \sum_{s=1}^{n_s} P_s \quad (3.3)$$

Persamaan Pengosongan Baterai

$$P_b(t) = P_b(t-1) * (1 - \sigma) - [P_{bh}(t) / \eta_{bi} - P_{bi}(t)] \quad (3.4)$$

Persamaan Pengisian Baterai

$$P_b(t) = P_b(t-1) * (1 - \sigma) + [P_{bh}(t) - P_{bi}(t) / \eta_{bi}] * \eta_{bb} \quad (3.5)$$

Dimana :

$I_{pv}$  adalah arus panel PV

$P_b$  adalah energi baterai dalam interval waktu

$P_{bh}$  adalah total energi yang dibangkitkan oleh PV array

$\sigma$  adalah faktor pengosongan sendiri baterai

$P_{bi}$  total beban pada interval waktu

$\eta_{bb}$  Efisiensi baterai

### G. Biaya Net Total Masa Kini (Total Net Present Cost)

Biaya Net Total Masa Kini (Total Net Present Cost ; NPC) adalah keluaran ekonomi yang paling utama untuk nilai suatu sistem PLTH, HOMER akan mengurutkan data hasil keluaran simulasi dan optimasi berdasar nilai NPC terendah. Total NPC dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C_{NPC} = \frac{C_{ann,tot}}{CRF(i, R_{proj})} \quad (3.6)$$

Dimana :

$C_{ann,tot}$  : adalah total biaya tahunan (\$/tahun)

$CRF()$

: adalah faktor penutupan modal adalah suku bunga (%)

$R_{proj}$

: adalah lama waktu suatu proyek

$N$

: adalah jumlah tahun

Sedangkan faktor penutupan modal bisa didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

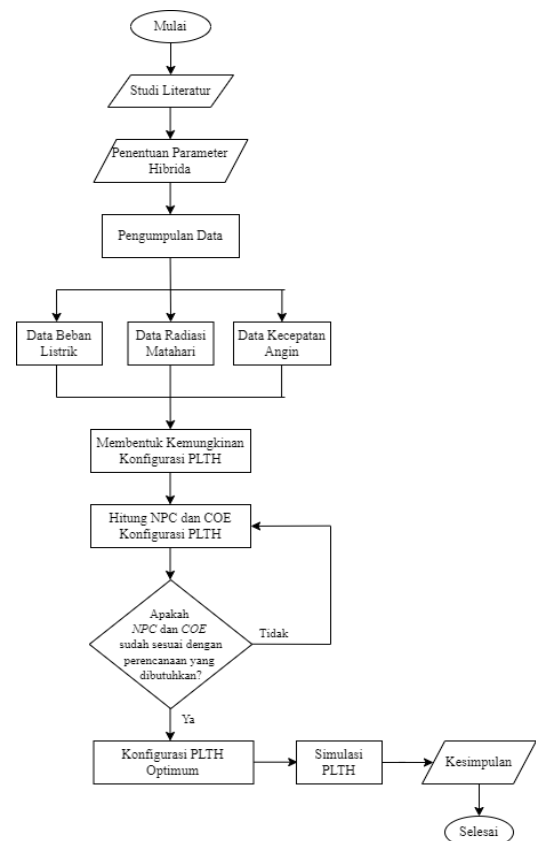
$$CRF(i, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (3.7)$$

### H. Syarat Batas Biaya Energi (Levelized Cost of Energy)

levelized cost of energy (COE) didefinisikan sebagai biaya rata per kWh produksi energi listrik yang terpakai oleh sistem. Untuk menghitung COE, biaya produksi energi listrik tahunan dibagi dengan total energi listrik terpakai yang diproduksi, dengan persamaan sebagai berikut:

$$CEO = \frac{TAC}{E_{tot\ served}} \quad (3.8)$$

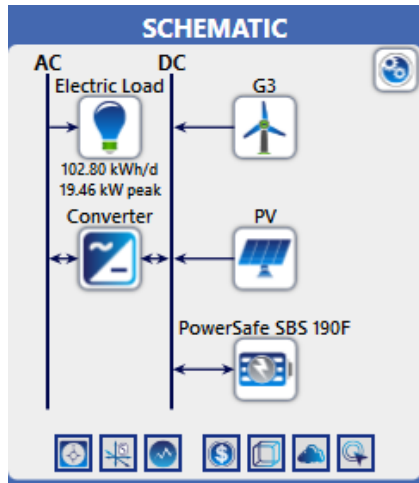
### I. Flowchart



### J. Model PLTH Ekowisata desa Gunungrejo

Model PLTH yang akan disimulasi dan dioptimasi terdiri dari panel surya (photovoltaik) dan turbin angin, inverter dan baterai. Gambar berikut adalah model PLTH yang akan disimulasi dan dioptimasi oleh HOMER.





Gambar 3. 5 Schematic PLTH

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Data Kebutuhan bebanan PLTH Ekowisata Gunungrejo

Tabel 4. 1 Data Kebutuhan Harian

No	Peralatan	Jumlah	Daya	Daya	Total Energi
			watt	kW	
1	Freezer	2	150	0,3	7,2
2	Coolkas	2	300	0,6	14,4
3	Showchase	1	350	0,35	4,8
4	Grinder	1	1300	1,3	6
5	Majic com	2	1450	2,9	5,8
6	Microwave	2	1150	2,3	4,6
7	Cup seeller	1	300	0,3	0,9
8	Mesin expreso	1	3000	3	12
9	Grinder	1	1000	1	3
10	Lampu kafe	1	400	0,4	3,2
11	Lampu gantung	1	1100	1,1	8,8
12	Lampu meja kerucut	1	140	0,14	6,3
13	Soundsystem	1	3000	3	6
14	Lampu penerangan LED	1	800	0,8	5,6
15	Eksterior	20	30	0,6	9
16	Pju (Penerangan Jalan Umum)	400	0,4	5,2	
	Beban Total/Jam		<b>18,49</b>	<b>102,80</b>	

Pada tabel diatas adalah data kebutuhan harian beban listrik yang ada di lokasi Ekowisata desa Gunungrejo Kecamatan Singosari Kabupaten Malang.

##### B. Data Penggunaan Kebutuhan Listrik Harian

Data penggunaan kebutuhan harian diambil secara real time 24 jam. Dimulai dari jam 00.00 sampai jam 23.00, pembebanan kebutuhan listrik di klasifikasikan dalam satuan kW. Klasifikasi pembebanan diambil sesuai kebutuhan yang ada di lapangan dan dimasukkan sesuai jam operasional dari peralatan yang dibutuhkan. Untuk pengambilan data dilakukan penjumlahan seluruh kebutuhan beban harian sesuai jam operasionalnya.

Tabel 4. 1 Data Penggunaan Kebutuhan Listrik Harian

Days	Days	TotalEnergy	Jam																							
watt	kWh	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
150	0,3	7,2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
300	0,6	14,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
350	0,35	4,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
1300	1,3	6																								
1450	2,9	5,8																								
1150	2,3	4,6																								
300	0,3	0,9																								
3000	3	12																								
1000	1	3																								
400	0,4	3,2	0,4																							
1100	1,1	8,8	1,1																							
140	0,14	6,3	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14		
800	0,8	5,6																								
800	0,8	5,6																								
30	0,6	9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		
400	0,4	3,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		
18,49	102,80		3,6	3,3	3,1	3,2	3,1	3,3	3,1	3,2	3,1	3,2	3,1	3,2	3,1	3,2	3,1	3,2	3,1	3,2	3,1	3,2	3,1	3,2		

##### C. Data Radiasi Matahari

Tabel 4. 2 Hasil Radiasi Matahari

No	Bulan	Clearness Index	Radiasi Harian Matahari (kWh/m <sup>2</sup> /day)
1	Januari	0.442	4.770
2	Februari	0.445	4.820
3	Maret	0.470	4.940
4	April	0.511	4.980
5	Mei	0.554	4.920
6	Juni	0.564	4.730
7	Juli	0.586	5.030
8	Agustus	0.594	5.540
9	September	0.596	6.050
10	Oktober	0.558	5.940
11	November	0.493	5.300
12	Desember	0.465	4.990

Data radiasi matahari diakumulasikan dalam kurun waktu satu tahun dengan pengambilan data perbulan dalam satuan kWh/m<sup>2</sup>/hari. Data diambil berdasarkan integrasi antara software homer dengan nasa yang bisa langsung menginput data sesuai dengan potensi alam yang ada di lokasi penelitian. Rata rata untuk radiasi sinar matahari di Desa Gunungrejo adalah 5,17 kwh/m<sup>2</sup>/hari.

##### D. Data Kecepatan Angin

Tabel 4. 4 Data Kecepatan Angin

No	Bulan	Rata-rata (m/s)
1	Januari	3.330
2	Februari	3.430
3	Maret	2.750
4	April	2.810
5	Mei	3.430
6	Juni	3.890
7	Juli	4.350
8	Agustus	4.560

9	September	4.400
10	Oktober	3.670
11	November	2.770
12	Desember	2.900

Data kecepatan angin didapat dengan hasil integrasi antara homer dengan nasa dengan di perkuat data dari situs internet [www.weatherspark.com](http://www.weatherspark.com) data rata-rata kecepatan angin di desa Gunungrejo adalah 3,52 m/s. Data kecepatan angin diakumulasikan dalam kurun waktu satu tahun dengan pengambilan data perbulan. Data dihitung dari ketinggian 10 meter diatas permukaan tanah.

#### E. Hasil Simulasi

Hasil simulasi dengan menggunakan HOMER menghasilkan beberapa konfigurasi di bawah ini dengan nilai-nilai sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Komponen PLTH

No	PV Generic Flat Plate (kW)	Turbin Angin Generic (kW)	Baterai Powersafe SBS 190F (V)	Bi-Directional Inverter (kW)
1	1	3	12	1

Hasil optimasi yang didapat setelah komponen dari tabel diatas yang dijalankan oleh HOMER adalah sebagai berikut:

Architecture					Cost	
	PV (kW)	G3	PowerSafe SBS 190F	Converter (kW)	NPC (\$)	Initial capital (\$)
	37.2	68	16.7	\$59,761	\$30,378	
	36.1	5	58	14.5	\$59,118	\$31,136

Gambar 4. 1 Hasil Simulasi PLTH

Gambar 4.1 adalah hasil optimasi dari simulasi komponen yang ada di tabel 4.5 dimana PLTS yang di butuhkan di lokasi penelitian sebesar 37,5 kW, turbin angin yang dibutuhkan di lokasi penelitian sebanyak 5 buah dengan kapasitas daya 3 kW, baterai PowerSafe SBS 190F dengan nominal voltage sebesar 12 V dan kapasitas 2,57 kWh dibutuhkan 58 rangkaian, dan Bi-directional Inverter yang dibutuhkan sebesar 16,7 kW.

Untuk Net Present Cost yang didapat dari hasil optimasi komponen diatas berkisar \$ 59.761 atau kalau di rupiahkan sebesar Rp 836.654.000 dengan Cost Of Energy berkisar \$ 0.128 atau kalau dirupiahkan berkisar Rp 1.792. Dengan asumsi per \$1= Rp 14.000

#### F. Parameter Konfigurasi

Parameter konfigurasi yang didapatkan setelah komponen disimulasikan dan dioptimasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Parameter Konfigurasi PLTH

No	Parameter	Nilai
1	Kapasitas PLTS	36,1 kW
2	Kapasitas PLTB	5 turbin (3kW)

3	Kapasitas Baterai	58 (12V)
4	Kapasitas Inverter	14,5 kW
5	Initial Capital	\$ 31.136
6	Operating Cost	\$ 2.188,94
7	Net Present Cost	\$ 59.118,40
8	Cost Of Energy	\$ 0,1283

Dari parameter diatas didapat konfigurasi pembangkit listrik hibrid yang paling optimal berdasarkan nilai Net Present Cost (NPC) terendah terdiri dari PLTS 36,1 kW, Turbin angin (PLTB) 5 buah dengan kapasitas 3kW, Bi-Directional 14,5 kW dengan total Net Present Cost sebesar \$59.118,40 atau kalau di rupiahkan sebesar Rp 836.654.000, Biaya Cost of Energy sebesar \$0,1283/kWh atau kalau dirupiahkan berkisar Rp 1.792/kWh. Dengan asumsi per \$ 1= Rp 14.000

#### G. Parameter Produksi dan Konsumsi Energi Listrik

Production	kWh/yr	%
Generic flat plate PV	54,815	89.3
Generic 3 kW	6,600	10.7
Total	61,414	100

Gambar 4. 2 Hasil Produksi Listrik

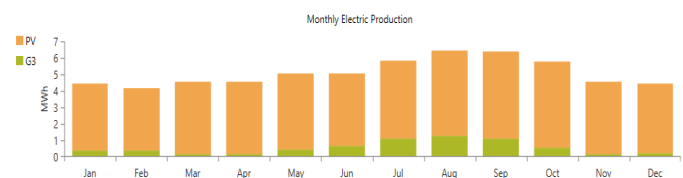
Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	36,056	100
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Total	36,056	100

Gambar 4. 3 Hasil Konsumsi Listrik

Dari hasil parameter diatas dapat dilihat hasil simulasi HOMER menunjukkan bahwa produksi energi listrik didominasi oleh PLTS dengan total produksi 54,815 kWh/th sedangkan untuk PLTB menghasilkan produksi listrik sebesar 6,600 kWh/th.

Sedangkan untuk konsumsi energi listrik beban utama berada pada rangkaian AC dengan total beban sebesar 36,056 kWh/th.

#### H. Hasil Produksi Energi Listrik Perbulan



Gambar 4. 4 Hasil Produksi perbulan

Grafik diatas menunjukkan hasil produksi energi listrik yang sesuai dengan parameter yang telah disimulasikan oleh HOMER dimana tgrafik oren adalah grafik hasil produksi listrik yang dihasilkan oleh PLTS dan yang hijau adalah grafik

hasil produksi energi listrik yang di hasilkan oleh turbin angin atau PLTB.

Terlihat pada grafik bulan Agustus adalah puncak dari produksi listrik yang dihasilkan oleh PLTS dan PLTB dimana produksi listrik didominasi oleh PLTS. Ini disebabkan oleh potensi energi matahari di lokasi penelitian jauh lebih melimpah dibandingkan dengan potensi energi angin.

#### V. PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Konfigurasi PLTH paling optimal diperoleh dari hasil Net Present Cost terendah, dimana NPC mencakup biaya keseluruhan sistem selama jangka waktu tertentu. Hasil simulasi HOMER mendapatkan konfigurasi sistem PLTH yang optimal berupa PLTS 3,61 kW, PLTB 5 buah turbin (Turbin Angin 3kW), Bi-Directional Inverter 14,5 kW dengan total Net Present Cost sebesar \$59.761 atau kalau di rupiahkan sebesar Rp 836.654.000. Dengan asumsi per \$1= Rp 14.000

Berdasarkan simulasi HOMER diperoleh sistem PLTH yang akan terus memproduksi energi listrik setiap tahunnya sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Program Homer untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrid di Propinsi Riau" oleh Kunafi pada tahun 2010.pdf."
- [2] J. Pradiyo, B. Winardi, and A. Nugroho, "EVALUASI DAN OPTIMASI SISTEM OFF GRID PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA (PLTH) BAYU BARU, BANTUL,
- [3] D.I. YOGYAKARTA," Transient J. Ilm. Tek. Elektro, vol. 4, no. 3, Art. no. 3, Nov. 2015, doi: 10.14710/transient.4.3.557-564.
- [4] A. M. S. Yunus, A. Pangkung, S. Abadi, and A. Taufik, "Economic Study of Hibrid Power System in Selayar Island, South Sulawesi, Indonesia," p. 4, 2013.
- [5] A. N. Pakha and A. N. Pakha, "Evaluasi dan Optimasi Ukuran Komponen Penyusun Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Sistem Inovasi Daerah Pantai Baru," Universitas Gadjah Mada, 2014. Accessed: Oct. 15, 2021. [Online]. Available: [http://etd.repository.ugm.ac.id/home/detail\\_pencarian/73208](http://etd.repository.ugm.ac.id/home/detail_pencarian/73208)
- [6] M. A. Wijaya, "ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SISTEM 48 V UNTUK BEBAN WARUNG KULINER DI SEKITAR AREA PLTH PANDANSIMO," Jun. 2017, Accessed: Oct. 15, 2021. [Online]. Available: <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/11157>
- [7] "ANALISIS TEKNO EKONOMI PENGGUNAAN MOTOR INDUKSI TIGA - PDF Download Gratis." <https://docplayer.info/63496353-Analisis-teknno-ekonomi-penggunaan- motor-induksi-tiga.html> (accessed Oct. 19, 2021).
- [8] "A photovoltaic solar home system dissemination model - Barua - 2001 - Progress in Photovoltaics: Research and Applications - Wiley Online Library." <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pip.376> (accessed Oct. 19, 2021).

- [9] "Kolhe, M., Kolhe, S. and Joshi, J.C. (2002) Economic Viability of Stand-Alone Solar Photovoltaic System in Comparison with Diesel-Powered System for India. Energy Economics, 24, 155-165. - References - Scientific Research Publishing." [https://www.scirp.org/\(S\(vtj3fa45qm1ean45%20vffcz55\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2989843](https://www.scirp.org/(S(vtj3fa45qm1ean45%20vffcz55))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2989843) (accessed Oct. 19, 2021).
- [10] 'Sulasno. (2001). Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Semarang. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.'
- [11] 'K.Raja, 2006, Power Plant Engineering, New Age International (P) Ltd., Ansari Road, Daryaganj, New Delhi - 110002.'
- [12] 'Rosyid, A., (2008). Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) Wini. Tangerang. Balai Besar Teknologi Energi - BPPT.'
- [13] 'NASA Surface meteorology and Solar Energy'. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets@nrcan.gc.ca>
- [14] A. A. Prayogi, 'PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HIBRIDA (PLN- SOLAR CELL) PADA GEDUNG FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA MENGGUNAKAN HOMER', p. 7.

#### Biodata Penulis

Penulis lahir di kota Batam tanggal 3 Desember 1998 dari pasangan Bapak Johari dan Ibu Sulastrri. Penulis mulai bersekolah di SDN Sawojajar 3 pada tahun 2004 dan lulus pada tahun 2010. Kemudian melanjutkan ke SMPN 2 Singosari pada tahun 2011 dan lulus pada tahun 2013. Di SMPN 2 Singosari inilah penulis mulai mengenal kelistrikan dan mulai minat dibidang kelistrikan, namun karena nilai ujian nasional yang tidak sesuai untuk mengambil teknik listrik. Akhirnya penulis melanjutkan studinya ke SMKN 1 Singosari Kabupaten Malang dengan memilih keahlian Teknik Gambar Bangunan pada tahun 2014 dan lulus pada tahun 2017. Penulis memilih untuk melanjutkan lagi di perguruan tinggi Institut Teknologi Nasional Malang dan memilih program studi Teknik Elektro S-1 konsentrasi Teknik Energi listrik pada tahun 2018. Pada bulan Maret 2022 penulis lulus dari Institut Teknologi Nasional Malang dengan judul skripsi "PERENCANAAN DESAIN SISTEM PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK HIBRID PLTB DAN PLTS DI LOKASI EKOWISATA DESA GUNUNGREJO KECAMATAN SINGOSARI KABUPATEN MALANG".Email penulis yaitu: [gilangpradana295@gmail.com](mailto:gilangpradana295@gmail.com).





Lembar Persetujuan  
Jurnal  
Perencanaan Desain Sistem Pembangkit

Disusun Oleh  
Gilang Pradana Lasthari  
18.12.014

Malang, 5 Juni 2022  
Diperiksa dan Disetujui  
Oleh

Dosen pembimbing 1

Dosen pembimbing 2

Dr. Ir Widodo Pudji Muljanto, MT.

NIP. Y. 1028700171

Ir. Ni Putu Agustini, MT.

NIP. 1030100371

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1 PEMINATAN TEKNIK  
ENERGIFAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG 2021**