

IMPLEMENTASI DAN OPTIMALISASI SOLAR PV SEBAGAI SUMBER TENAGA LISTRIK UNTUK MEMENUHI BEBAN ELEKTRONIK DI KAMPUNG OASE ONDOMOHEN SURABAYA

Moch. Fikry Fathul Yaqin ¹, Isa Hafidz ² and Lora Khaula Amifia ³

^{1, 2, 3} Electrical Engineering, Institut Teknologi Telkom Surabaya

¹ mfikryfy@student.ittelkom-sby.ac.id, ² isa@ittelkom-sby.ac.id, ³ loraamifia@ittelkom-sby.ac.id

Abstrak: Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki konsep yang sederhana yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik yang mana cahaya matahari adalah salah satu bentuk energi yang memiliki sifat renewable energy. Penelitian yang dilakukan ini adalah merancang dan mengoptimalkan solar PV sebagai sumber pembangkit listrik yang akan digunakan untuk menjalankan pompa air hidroponik. Pengamatan yang dilakukan adalah pengambilan data terkait irradiance matahari dan kualitas daya listrik yaitu analisis pada drop tegangan di kampung oase ondomohen. Alat ukur yang digunakan berupa multimeter dan energy meter untuk mengukur dan memonitoring hasil keluaran pompa air bertenaga PLTS yang bersistem internet of things. IoT yang digunakan berupa mikrokontroler Esp8266 dengan aplikasi Blynk Iot. Solar photovoltaic nantinya dimanfaatkan untuk pompa air hidroponik di salah satu kampung wisata Surabaya, yaitu Kampung Oase Ondomohen. Dengan dibangunnya Solar photovoltaic beserta pengembangan teknologinya ini menunjukkan hasil bahwa solar PV layak digunakan sebagai renewable energy untuk memenuhi kebutuhan beban pompa air dan dapat meningkatkan kembali produktivitas masyarakat sehari-hari, yaitu utamanya untuk mendukung budidaya ikan dan tanaman tanpa menggunakan media tanah atau hidroponik. Penggunaan analisis ekonomis menunjukkan pengembalian biaya investasi selama 19.6 tahun pemakaian.

Kata Kunci: Irradiansi Matahari, Kampung Oase Ondomohen, Pompa Air, Renewable Energy, Solar

IMPLEMENTATION AND OPTIMIZATION OF SOLAR PV AS A SOURCE OF ELECTRICITY FOR ELECTRONIC LOADS IN OASE ONDOMOHEN VILLAGE SURABAYA

Abstract: Solar Power Plants (PLTS) have a simple concept, namely converting sunlight into electrical energy, where sunlight is a form of energy that has the properties of renewable energy. The research being carried out is to design and optimize solar PV as a source of electricity generation

that will be used to run hydroponic water pumps. Observations made were collecting data related to solar irradiance and the quality of electric power, namely the analysis of the voltage drop in the village of Odomohen Oase. The measuring instrument used will be a pyranometer connected to a server to determine the potential output power from the installation of Photovoltaic and also an energy meter to measure and monitor the output of a PLTS-powered water pump with an internet of things system. The IoT used is an Esp8266 microcontroller with the Blynk Iot application. Solar photovoltaic will later be used for hydroponic water pumps in one of Surabaya's tourist villages, namely Kampung Oase Odomohen. With the construction of solar photovoltaic along with the development of this technology, the results show that solar PV is suitable for use as renewable energy to meet the needs of water pump loads and can increase the productivity of everyday people, namely, mainly to support fish and plant cultivation without using soil or hydroponic media. The use of economic analysis shows the return on investment costs for 19.6 years of use.

Keywords: Odomohen Oasis Village, Renewable Energy, Solar Panels, Water Pumps

1. Pendahuluan

Potensi energi terbarukan Nasional untuk dikonversi menjadi listrik mencapai 422 sampai 500 GW, sekitar 7 sampai 8 kali dari total kapasitas pembangkit terpasang saat ini. Pemerintah menargetkan bauran energi penggunaan energi baru dan terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dapat direalisasikan [1]. Mengingat fakta dari energi matahari yang tidak akan habis ketersediannya. Energi ini memiliki peran penting yang bebas emisi karbon untuk menghasilkan energi listrik menggunakan teknologi photovoltaic. Mengingat pengurangan emisi gas rumah kaca merupakan upaya yang perlu kita lakukan untuk mencegah perubahan iklim dan menjaga laju pemanasan bumi tetap berada di bawah 1.5 derajat celcius [2]. Indonesia telah memasang target untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 29% melalui usaha sendiri dan 41% melalui bantuan Internasional serta berkomitmen untuk mencapai net zero emission pada 2060 [3].

Pada kampung oase sendiri solar PV dimanfaatkan untuk sumber tenaga listrik pompa air untuk mengaliri pipa hidroponik dan kolam ikan. Akan tetapi, Solar PV yang mereka miliki sudah tidak dapat difungsikan lagi. Penyebab kerusakan solar PV ini kemungkinan disebabkan oleh desain dan instalasi photovoltaic yang tidak sesuai dengan kebutuhan beban alat elektronik yang digunakan, Sehingga dibutuhkan desain dan instalasi terbaru yang dapat menyesuaikan dengan beban penggunaan listrik dari photovoltaic.

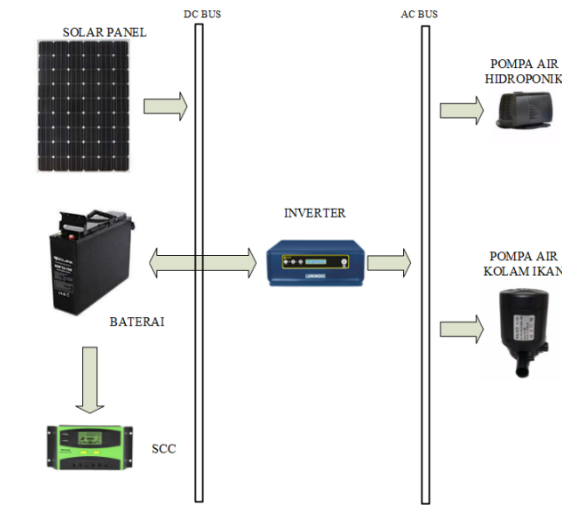
2. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini menggunakan penelitian sebelumnya sebagai acuan dan melakukan pengembangan dari penelitian tersebut. Pada tahun 2018 dilakukan penelitian oleh Mardiyono, Sugeng Ariyono, Endro Wasito, dan Slamet Handoko yang meneliti sistem hidroponik yang dikembangkan berbentuk media tanam secara horisontal dan vertikal dengan PLTS berkonfigurasi hybrid dengan PLN [4]. Pada penelitian lainnya oleh Poppy Honora yang menggunakan dua jenis solar PV yang berbeda yaitu jenis *polycrystalline* dan *monocrystalline* [5]. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ali Basrah Pulungan, Juli Sardi, Hamdani, dan Hastuti menggunakan *Dual Power Automatic Transfer Switch (ATS)* untuk sistem *hybrid* pada PLTSnya [6]. Lalu, penelitian lain yang berfokus pada respons sistem PLTS terhadap setting point yang dilakukan oleh Luthfansyah Mohammad dkk [7].

Pada paper ini, Dalam memonitoring hasil keluaran sistem PLTS menggunakan alat ukur PZEM-004T berbasis *Internet of Things*. Alat ukur tersebut akan diolah pada ESP8266 sebagai mikrokontroler. Dari mikrokontroler akan mengirimkan data pengukuran ke software Blynk guna mengetahui seberapa hasil keluaran solar PV terhadap beban pompa air yang digunakan.

3. Metode dan Pemodelan

3.1. Konfigurasi Sistem

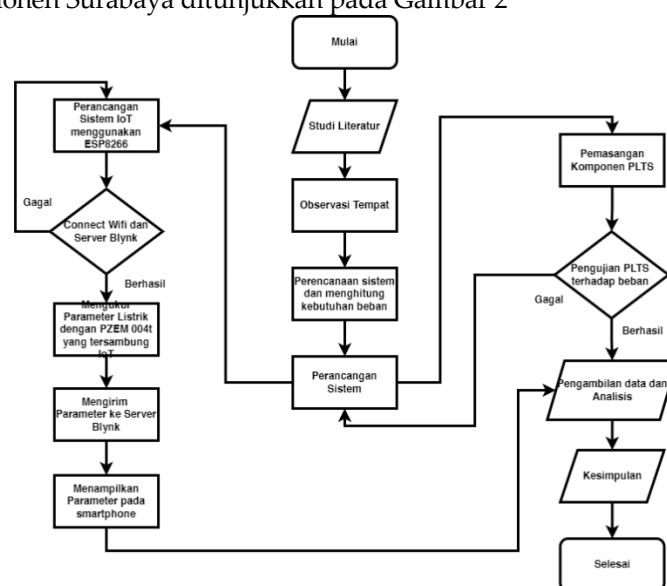


Gambar 1. Konfigurasi Desain PV, Baterai, Kontroller, Inverter, Dan Beban Pompa Air

Berdasarkan Konfigurasi sistem pada Gambar 1 diketahui bahwa Solar PV, Baterai, dan Solar charge controller (SCC) berada pada bus DC sedangkan beban pompa air pada bus AC. Inverter berfungsi mengelola energi yang didapatkan dari Solar PV untuk disimpan ke baterai dan apabila beban menyala maka energi yang disimpan pada baterai diubah dari listrik DC ke AC untuk disuplai ke pompa air. Penggunaan SCC sendiri hanya dihubungkan pada baterai guna memonitoring parameter yang ada pada baterai seperti persentase energi yang disimpan, tegangan, dan suhu baterai.

3.2. Flowchart

Flowchart dari Solar PV Sebagai Sumber Tenaga Listrik Untuk Memenuhi Beban Elektronik Di Kampung Oase Ondomohen Surabaya ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2. Flowchart

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, dimulai dengan melakukan studi literatur tentang komponen dan parameter penyelesaian yang relevan dalam rumusan masalah yang diambil. Setelah studi literatur selesai, observasi tempat dilakukan untuk menentukan lokasi terbaik untuk pemasangan panel surya. Setelah observasi tempat selesai, perencanaan sistem dan perhitungan beban elektronik diperlukan untuk sistem PLTS dilakukan. Langkah berikutnya adalah perencanaan sistem. Untuk melacak hasil energi terhadap beban yang terpasang, sistem PLTS dan IoT dirancang dalam dua tahap. Apabila alat gagal berfungsi atau mengalami kendala maka kembali pada perancangan sistem alat untuk menemukan *problem solve* nya dan jika berhasil digunakan dengan baik sesuai awal perencanaan sistem maka dilakukan pengambilan data dan analisis terkait alat yang terpasang tersebut. Langkah terakhir setelah analisis dilakukan adalah kesimpulan terhadap penelitian yang dilakukan tersebut.

4. Hasil dan Analisa

4.1. Perancangan Desain PV

Dalam melakukan perancangan desain PV maka perlu melakukan perhitungan terkait kebutuhan beban, Kapasitas baterai, Kapasitas Solar PV, dan kapasitas Inverter.

4.1.1. Perhitungan kebutuhan beban

Tabel 1. Kebutuhan Energi Tiap Hari

No	Beban Elektronik	Jumlah	Jumlah Daya (Watt)	Jam Pemakaian (h)	Total Daya yang Digunakan (Wh)
1	Pompa Air Kolam Ikan	1	26	24	624
2	Pompa Air Hidroponik	2	90	12	1080
	Total	3	116	36	1704

Pompa air hidroponik menyala 12 jam karena metode yang digunakan dalam budidaya hidroponik ialah DFT (Deep Flow Technique) dimana akar tanaman dibiarkan terendam di dalam larutan nutrisi yang mengalir dengan kecepatan rendah melalui saluran dangkal. Sehingga Total konsumsi daya yang diperlukan adalah 116 Watt dan konsumsi energi sebesar 1704 Wh per hari. Dengan mengasumsikan adanya kehilangan energi dalam sistem Solar PV maka total kebutuhan energi per hari tersebut dikalikan dengan safety faktor sebesar 20% ialah :

$$\begin{aligned}
 ET &= EB \times \text{Rugi dan Safety Faktor} \\
 &= 1704 \times 1.2 \\
 &= 2044.8 \text{ Wh}
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

Sedangkan jumlah daya setelah dikalikan dengan safety faktor adalah $116 \times 1.2 = 139.2 \text{ Watt}$

4.1.2. Perhitungan Kapasitas Baterai

Perhitungan kapasitas baterai mempertimbangkan faktor cuaca apabila terdapat kondisi tanpa ada matahari (No-sun or Black Day). Kondisi tersebut diasumsikan baterai dapat bertahan atau dapat digunakan dalam kurun waktu 2 hari dengan DOD (Depth of Discharge) sebesar 80%. Rata-rata waktu beban adalah:

$$\text{Rata-rata waktu beban} = (\sum \text{Energy}) / (\sum \text{Power}) = 2044.8 / 139.2 = 14.68 \text{ h} \tag{4.2}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata discharge rate (h)} &= ((\text{autonomy day} \times \text{rata-rata waktu beban}) / \text{DOD}) \\
 &= ((2 \times 14.68) / 0.8) = 36.7 \text{ h}
 \end{aligned}
 \tag{4.3}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Baterai} &= (D \times ET) / (\text{DOD} \times \eta_{\text{out}} \times V) \\
 &= (2 \times 2044.8 / (0.8 \times 0.9 \times 48)) \\
 &= 118.33 \text{ Ah}
 \end{aligned}
 \tag{4.4}$$

Sesuai perhitungan maka kapasitas baterai yang digunakan adalah 118.33 Ah atau 100 Ah. Jika baterai yang digunakan adalah baterai dengan merk Solana Baterai dengan tipe SOL12-100 12 Volt, 10 Hr rate capacity 100 Ah sesuai dengan Lampiran 1, maka jumlah baterai yang digunakan agar mampu bertahan dalam kondisi tanpa ada matahari atau (2x24jam) adalah:

$$\text{Paralel} = 118.33 \text{ Ah} / 100 \text{ Ah} = 1.183 = 1 \text{ unit} \quad (4.5)$$

$$\text{Seri} = 48 \text{ V} / 12 \text{ V} = 4 \text{ unit} \quad (4.6)$$

Sehingga total baterai yang digunakan adalah $1 \times 4 = 4$ unit

4.1.3. Perhitungan Kapasitas Solar PV

Solar PV monocrystalline Maysun solar 120 Wp dipilih dalam perancangan penelitian ini. Pada kondisi Standart Temperature Condition (STC) yaitu saat irradiasi senilai 1000 W/m² dan temperatur suhu mencapai 25°C yang akan digunakan sebagai acuan perhitungan kapasitas panel Solar PV array. Lama penyinaran matahari dalam satu hari antara jam 09.00 sd 14.00 atau sekitar 5 jam per hari.

$$\text{PV array power output} = \text{Daily electricity consumption} / \text{Minimum sunshine time} \quad (4.7)$$

$$= 2044.8 \text{ Wh} / 5 \text{ h} = 408.96 \text{ Watt}$$

$$\text{Safety factor} = (1 + \text{Surplus capacity}) / (\text{Battery efficiency} \times \text{Temperature loss factor} \times \text{dust loss factor} \times \text{controller efficiency}) \quad (4.8)$$

$$= (1 + 0.15) / (0.9 \times 0.9 \times 0.9 \times 0.85) = 1.85$$

Nilai Surplus capacity berkisar antara 10% - 15%, perancangan ini diambil 15% = 0.15

$$\text{System Capacity} = \text{Output} \times \text{safety factor} = 408.96 \text{ W} \times 1.85 = 756.576 \text{ Watt} \quad (4.9)$$

$$\text{Total PV} = 756.576 \text{ W} / 120 \text{ W} = 6.304 = 7 \text{ unit panel Solar PV} \quad (4.10)$$

Dari perhitungan diatas maka dapat ditemukan hasil dimana solar PV untuk memenuhi kebutuhan beban di kampung oase ondomohen yang akan digunakan membutuhkan total 756.576 Watt atau berjumlah 7 unit dengan konfigurasi rangkaian campuran, seri-paralel.

4.1.4. Perhitungan Kapasitas Inverter

$$\text{Inverter Capacity} = \text{Load Power} / \eta \text{ inverter} \quad (4.11)$$

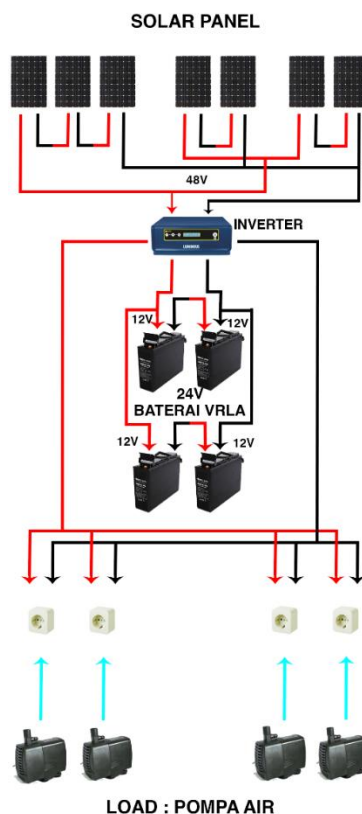
$$= 102 \text{ W} / 0.8$$

$$= 127.5 \text{ Watt}$$

$$\text{Controller current} = \text{System Capacity} / (\text{Voltage} \times \text{Loss Factor}) \quad (4.12)$$

$$= 756.576 \text{ W} / (48 \times 0.85) = 18.56 \text{ A} = 19 \text{ A}$$

Sehingga, Inverter yang dipilih pada penelitian ini adalah Luminous Solar Hybrid Pure Sine Wave Inverter 1500Va dengan Controller current senilai 20 Ampere. Setelah perhitungan terkait parameter perancangan komponen telah ditemukan hasilnya maka berikut gambaran rangkaian hasil perhitungan perancangannya dengan menggunakan 7 unit solar PV, 4 Baterai, dan 1 unit Inverter yang disambungkan dengan beban elektronik yang ada ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Hasil Perancangan Solar PV

4.2. Pengujian Kelayakan Solar PV

Dalam melakukan pengujian dan pengambilan data solar PV dilakukan menggunakan alat ukur multimeter dimana probe diletakkan pada kabel output solar PV atau terminal input inverter. Pengukuran dan pengambilan data solar PV juga mempertimbangkan cuaca cerah, mendung, dan hujan sebagai perbandingan tentang pengaruh cuaca terhadap parameter yang dihasilkan oleh solar PV.

4.2.1. Pengujian Solar PV dengan Cuaca Mendung Dan Hujan

Tabel 2. Hasil Pengukuran Solar PV pada Cuaca Mendung & Hujan

Jam (Wib)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu (°C)	Irradiansi (W/M ²)	Keterangan
08.00	24.16	3.25	78.52	27	375.8	Mendung
09.00	24.26	3.27	79.33	30	574.88	Mendung
10.00	24.19	3.19	77.16	30	876.56	Mendung
11.00	24.17	3.16	76.37	31	954.82	Mendung
12.00	24.11	3.13	75.46	32	757.34	Mendung
13.00	24.07	3.14	75.579	32	154.72	Mendung
14.00	24.05	3.06	73.593	33	223.83	Mendung
15.00	24.04	0.82	19.712	31	185.31	Hujan
16.00	24.4	3.15	76.86	29	165.72	Hujan
17.00	24.1	2.4	57.84	27	75.71	Mendung
18.00	2.9	0.15	0.435	25	14.3	Mendung

Pada tabel 2 yang merupakan tabel hasil pengukuran hari pertama, dimana pada tabel tersebut pada pengukuran solar PV didapatkan titik puncak penyinaran matahari pada pukul 09.00-12.00. Pada pukul 13.00 hingga 18.00 irradiansi matahari sebagai input dari solar PV tidak dalam kondisi optimal dikarenakan pengaruh cuaca pra hujan - hujan - pasca hujan yang berdampak pada penurunan nilai arus solar PV.

4.2.2. Pengujian Solar PV dengan Cuaca Cerah, Mendung, dan Hujan

Tabel 3. Hasil Pengukuran Solar PV Cuaca Cerah, Mendung & Hujan

Jam (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu (°C)	Irradiansi (W/M ²)	Keterangan
08.00	25.03	3.35	83.850	30	216.68	Cerah
09.00	25.31	3.28	83.016	30	392.2	Cerah
10.00	24.95	3.19	79.59	30	634.5	Cerah
11.00	24.69	3.18	78.514	31	451.33	Cerah
12.00	24.58	3.17	77.918	32	306.77	Mendung
13.00	24.84	3.2	79.488	32	344.33	Mendung
14.00	24.78	3.18	78.8	33	360.22	Mendung
15.00	24.83	3.2	79.456	31	363.36	Mendung
16.00	24.16	3.13	75.62	30	119.09	Mendung
17.00	22.91	3.04	69.64	29	23.43	Hujan
18.00	1.8	0.08	0.144	24	0	Hujan

Pada Tabel diatas yang merupakan tabel hasil pengukuran solar PV dan baterai pada hari kedua, dimana tabel 4.5 menunjukkan bahwa titik puncak penyinaran matahari pada pukul 09.30-15.00 dengan hasil tegangan dan arus yang didapatkan cukup stabil dan cuaca yang mendung hingga pukul 17.00 baru Hujan turun yang menyebabkan arus drop menjadi 1 ampere.

4.2.3. Pengujian Solar PV dengan Cuaca Cerah

Tabel 4. Hasil Pengukuran Solar PV Hari pada Cuaca Cerah

Jam (Wib)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Suhu (°C)	Irradiansi (W/M ²)	Keterangan
08.00	24.43	3.21	78.420	27	224.47	Cerah
09.00	24.61	3.22	79.244	28	479.03	Cerah
10.00	25.18	3.28	82.590	29	573.12	Cerah
11.00	25.73	3.27	84.137	29	546.33	Cerah
12.00	25.62	3.25	83.265	32	561.13	Cerah
13.00	24.6	3.12	76.752	31	625.08	Cerah
14.00	24.41	3.12	76.159	31	506.59	Cerah
15.00	24.46	3.15	77.049	30	367.72	Cerah
16.00	24.26	3.14	76.176	28	253.57	Cerah
17.00	24.2	3.12	75.504	27	91.07	Cerah
18.00	11.33	2.38	26.965	27	31.28	Cerah

Pada Tabel diatas menunjukkan hasil dimana cuaca seharian dalam kondisi cerah sehingga pada pengukuran solar PV didapatkan titik puncak penyinaran matahari pada pukul 10.00-14.00. Inverter juga berpengaruh dalam kestabilan daya pada saat transisi dari keadaan sore ke malam dimana irradiansi menurun. Kestabilan daya inverter ini dihasilkan oleh fitur power optimizer yang ada didalamnya.

4.3. Perhitungan Drop Tegangan

Persentase Drop tegangan ialah 5% maka :

$$\text{Untuk sistem 1 Fasa: } \Delta V(\%) = \Delta U / (100\%) \quad U_n = (5\%) / (100\%) \cdot 220 = 11V \quad (4.13)$$

Rugi tegangan berdasarkan Luas penampang untuk arus bolak-balik satu Fasa (penampang minimum), yaitu : $\Delta U = 2 \times I \times l (RL \cos\phi + XL \sin\phi)$

Maka perhitungan diambil dari jarak terjauh dari MCB utama yaitu grup 2 . Dengan asumsi $\cos\phi = 0.9$ Kabel NYM 3 x 2.5 mm²

$l = 8 \text{ Meter} = 0.08 \text{ Km}$ (Dari MCB utama ke grup 2)

$$I = I_n = p / (V \times \cos\phi) = 85 / (220 \times 0.9) = 0.347 \text{ A} \quad (4.14)$$

$$\Delta U = 2 \times I \times l (RL \cos\phi + XL \sin\phi)$$

$$= 2 \times 0.695 \times 0.8 (8.866 + 0.318)$$

$$= 10.21 \text{ V}$$

$$\Delta V(\%) = \Delta U / U_n \cdot 100\% = 10.21 / 220 \cdot 100\% = 4.64\% \quad (4.15)$$

4.4 Perhitungan Ekonomis

4.4.1 Carbon Pricing

Tabel 5. Jejak Karbon Listrik

No	Beban Elektronik	Jumlah	Jam/Minggu	Watt/alat	Total Watt	Total kW
1	Pompa Air Kolam Ikan	1	168	26	4368	4.368
2	Pompa Air Hidroponik	2	84	90	7560	7.560
Total					11928	11.928

$$\text{Electric Emission} = EC \times EF = 11.928 \times 0.725 = 8647.8 \text{ kg/co}^2 \quad (4.16)$$

$$\text{Reduction Emission} = \text{Electric Emission} \times \text{Percentage current of using solar photovoltaic} \quad (4.17)$$

$$= 8647.8 \times 4$$

$$= 3459.12 \% \text{CO}_2$$

Dari hasil perhitungan *carbon pricing* diatas didapatkan emisi energi listrik senilai 8647.8 kg/co². perhitungan emisi karbon ini dilakukan dengan mempertimbangkan faktor emisi wilayah yang sesuai dengan tempat penelitian yaitu pulau Jawa yang senilai 0.725.

4.4.2 Life Cycle Cost

Tabel 6. Total Biaya Investasi (Peralatan)

No	Item	Jumlah	Harga Satuan (Rp.)	Total (Rp.)
1	Solar PV Mono 120 Wp	7	730.000.00	5.110.000
2	Inverter	1	3.000.000.00	3.000.000
3	Baterai VRLA Solana	4	2.250.000.00	9.000.000
4	Twin Kabel 2x2.5mm	1	260.500.00	260.500
5	Konektor kabel	2	12.535.00	25.070
6	MCB	1	85.000.00	85.000
7	Solar Charge Controller	1	180.000.00	180.000
JUMLAH				17.660.570

$$\begin{aligned} O\&M_p &= O\&M [(1+i)^n / i(1+i)^n] \\ &= USD 10 [(1+10\%)^{10} / (10\%(1+10\%)^{10})] \\ &= USD 100 \\ &= Rp.1.516.045 \end{aligned} \quad (4.18)$$

Setelah diketahui biaya investasi dan biaya operasional dan perbaikan maka dapat dihitung nilai LCC dalam penggunaan modul PV.

$$\begin{aligned} LCC &= II + O\&M_p \\ &= 17.660.570 + 1.516.045 \\ &= Rp.19.176.615 \end{aligned} \quad (4.19)$$

4.4.3. Cost Of Energy

$$CRF = \frac{I(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \frac{10\%(1+10\%)^{10}}{(1+10\%)^{10} - 1} = 10 \quad (4.20)$$

$$\begin{aligned} \text{Estimasi Energi} &= \frac{\text{Kapasitas Total}}{\text{Radiasi Maksimum}} \times \text{Irradiasi} = \frac{840 \text{ Wp}}{1000 \text{ W/M}^2} \times 387.2 \text{ W/M}^2 \times 365 \text{ hari} \\ &= 118.71 \text{ kWh/ Tahun} \end{aligned} \quad (4.21)$$

Berdasarkan hasil perhitungan LCC, CRF, dan estimasi energi dalam satu tahun maka besar biaya energi (cost of energy) untuk PLTS sebagai berikut :

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{A \text{ kWh}} = \frac{19.176.615 \times 10}{118.71} = \text{Rp. } 1.615.417/\text{kWh} \quad (4.22)$$

4.4.4. Break Even Point

$$\text{Biaya listrik} = 1.704 \text{ kWh} \times \text{Rp}1.444,70.- = \text{Rp. } 2.461,76,-/\text{hari} \quad (4.23)$$

Apabila satu tahun rata-rata terdiri dari 365 hari, maka biaya listrik yang diperlukan selama satu tahun adalah

$$\text{Biaya listrik} = 365 \times \text{Rp. } 2.461,76,-/\text{hari} = \text{Rp. } 898.546/\text{tahun} \quad (4.24)$$

$$BEP = \frac{II}{\text{Biaya Listrik Tahunan}} = \frac{17.660.570}{898.546} = 19.6 \text{ Tahun} \quad (4.25)$$

5. Kesimpulan

Implementasi Solar PV ini diharapkan dapat mengembalikan dan mengoptimalkan kembali inovasi sebagai salah satu kampung wisata edukasi dengan menggunakan metode *Standalone/ Offgrid*. Hasil Implementasi dengan pengujian yang memperhatikan macam kondisi tropis yaitu hujan, mendung, dan cerah menunjukkan bahwa solar PV layak untuk digunakan sebagai renewable energy. Monitoring kualitas daya listrik menunjukkan hasil bahwa drop tegangan sebesar 10.21 Volt atau 4.64% yang nilainya masih termasuk kategori standar daya listrik. Pengamatan alat dan beban dilaksanakan selama 3 bulan operasional alat. Biaya penggunaan listrik serta *carbon pricing* pada pemasangan PV sebagai *renewable energy* mampu menekan 13.496 %CO₂ dan hasil pengembalian investasi didapatkan ketika mencapai 18.45 tahun pemakaian

Saran yang dapat dilakukan untuk kelanjutan penelitian (future study) adalah dengan melakukan penambahan kapasitas baterai agar pompa air dapat bertahan lebih lama, Melakukan pengujian tambahan terkait data baterai seperti SOC, SOH, dan DOD untuk menambah kedalaman dan analisis penelitian, Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi, disarankan bahwa untuk penelitian-penelitian selanjutnya perlu ditambahkan metode analisis dalam pengolahan data terkait penelitian yang dilakukan. Melakukan perbandingan dengan hasil pengukuran solar PV tipe lain agar dapat mengetahui perbedaan, efisiensi, serta hasil pemakaian dalam kondisi cuaca yang beragam juga.

Referensi

- [1] D. A. Widodo, "Pengembangan Potensi Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Berwawasan Lingkungan Pada Area Atap Fotovoltaik Permukiman Provinsi Jawa Tengah," 2020.
- [2] Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia, "Upaya Penurunan Gas Rumah Kaca Melalui Langkah Strategis Pada Sektor Kritis Perubahan Iklim," 2021. [Online]. Available: [Www.Ekon.Go.Id](http://www.Ekon.Go.Id)
- [3] Media Publication Green Info, "Mengenal Carbon Pricing Dan Peranannya Dalam Mengatasi Perubahan Iklim," Nov. 19, 2021.
- [4] S. Ariyono, E. Wasito, S. Handoko, J. Teknik Elektro, And J. Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang, "Pemanfaatan Teknologi Konversi Energi Surya Untuk Hidroponik Pada Smp Alam Ar Ridho," 2018.
- [5] P. Honora, "Pemanfaatan Tenaga Surya Sebagai Penggerak Pompa Air Dc Pada Tanaman Hidroponik," 2018.
- [6] A. B. Pulungan, J. Sardi, And J. T. Elektro, "Pemasangan Sistem Hybrid Sebagai Penggerak Pompa Air," Vol. 5, P. 2019, [Online]. Available: [Http://Ejournal.Unp.Ac.Id/Index.Php/Jtev/Indexjtev](http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/indexjtev)
- [7] L. Mohammad, Suyanto, Muhammad Khamim Asy'ari, Asma'ul Husna, And Sarinah Pakpahan, "Pengembangan Sistem Hidroponik Otomatis-Modern Berbasis Panel Surya Dan Baterai," *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, Vol. 10, No. 1, Pp. 77–84, Feb. 2021, Doi: 10.22146/jnteti.V10i1.727.



22 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).