

Potensi Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid Pada Lahan Pertanian di Wilayah Binong

Economic Potential of Off-Grid Solar Power Plants on Agricultural Land in the Binong Region

Zaenal Arifin, Wendy Supriatna, Ari Ajibekti, Deden Komaludin, Aten Subagja

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Subang Jl. Arief Rahman Hakim No.8, Subang
Email : zaenalarifinn67@gmail.com

Abstrak - Setiap musim kemarau pada lahan pertanian di Wilayah Binong mengalami kekeringan sehingga harus mengambil air menggunakan pompa air yang digerakan menggunakan mesin diesel yang berbahan bakar bio-solar. Pada saat ini penggunaan bio-solar dibatasi sehingga para petani kesulitan untuk mendapatkannya. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai pengganti bahan bakar bio-solar serta menghitung kelayakan secara ekonomi. Adapun metode yang dilakukan yaitu melakukan wawancara serta observasi secara langsung, serta menghitung menggunakan persamaan yang telah ada sebelumnya. Hasil pada penelitian ini yaitu dengan kebutuhan daya pompa air sebesar 2.400 watt memerlukan 10 pcs panel surya monocrystalline 530 Wp, baterai lifepo4 48v 100A sebanyak 4 pcs, *Solar Charger Controller* dengan kapasitas 100A, inverter dengan kapasitas 5 kw dengan total investasi awal sebesar Rp. 121.088.187 total biaya siklus hidup sebesar Rp. 400.186.820 dengan arus kas bersih Rp. 291.558.056, *Cost of Energy* (COE) Rp.1.477/kWh, *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp. 170.469.869, *Diskon Payback Period* (DPP) di tahun ke 5. Pada penelitian ini dinyatakan layak secara investasi karena dapat memenuhi standar perhitungan COE, NPV dan DPP. Dengan hasil tersebut kita dapat mengevaluasi proyek, risiko, likuiditas agar membuat keputusan yang lebih terinformasi dan bijaksana.

Kata kunci : PLTS, Ekonomi, LCC, NPV, DPP.

Abstract - Every dry season the agricultural land in the Binong Region experiences drought, so they have to collect water using a water pump that is driven by a diesel engine that runs on bio-solar fuel. At this time the use of biodiesel is limited so that it is difficult for farmers to get it. The purpose of this research is to analyze the Solar Power Plant (PLTS) as a substitute for bio-diesel fuel and to calculate the economic feasibility. The methods used are conducting interviews and direct observation, and calculating using pre-existing equations. The results of this study are that with a water pump power requirement of 2,400 watts, it requires 10 pcs of 530 Wp monocrystalline solar panels, 4 pcs of lifepo4 48v 100A batteries, a Solar Charger Controller with a capacity of 100A, an inverter with a capacity of 5 kw with an initial investment of Rp. 121,088,187 total life cycle costs of Rp. 400,186,820 with a net cash flow of Rp. 291,558,056, *Cost of Energy* (COE) Rp. 1,477/kWh, *Net Present Value* (NPV) of Rp. 170,469,869, *Discounted Payback Period* (DPP) in year 5. In this study, it was stated that it was investment-worthy because it could meet the COE, NPV and DPP calculation standards. With these results we can evaluate projects, risks, liquidity to make more informed and wiser decisions.

Keywords : PLTS, Economy, LCC, NPV, DPP

I. PENDAHULUAN

Negara Indonesia adalah negara kepulauan dengan jumlah pulau mencapai 17.504 dan memiliki 267 juta penduduk yang tentunya setiap tahun terus mengalami peningkatan. Badan Pusat Statistik (BPS) menyebut jika peningkatan jumlah penduduk berbanding lurus dengan jumlah listrik yang tersedia [1]. Dan akan berdampak terhadap cadangan energi fosil yang suatu saat akan habis, Energi fosil sendiri menghasilkan emisi gas buang

(CO₂) yang tinggi sehingga tidak ramah terhadap lingkungan [2]. Sehingga dibutuhkan alternatif lain sebagai pengganti bahan bakar fosil seperti menggunakan energi yang didapat dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya dapat digunakan untuk kebutuhan pertanian, yaitu sebagai alternatif pengganti bahan bakar bio-solar yang biasanya digunakan untuk menggerakkan mesin pompa air pada saat musim kemarau tiba,

seperti yang terjadi pada lahan pertanian di Wilayah Binong. Yang setiap musim kemarau harus mengambil air dari sungai menggunakan mesin diesel sebagai penggerak pompa air nya. Akan tetapi penggunaan mesin diesel dengan bahan bakar bio-solar saat ini lumayan sulit, karena bahan bakar bio-solar sendiri dibatasi sehingga penggunaan energi dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya bisa menjadi salah satu alternatif. Akan tetapi pembangunan PLTS sendiri memerlukan biaya pemasangan yang masih mahal oleh karena itu diperlukan perhitungan ekonomi meliputi besarnya investasi awal yang harus disediakan. Selain itu diperlukan kajian ekonomi dan studi kelayakan proyek untuk menghitung berapa lama pengembalian investasi awal dan layak atau tidaknya pembangunan PLTS tersebut [3].

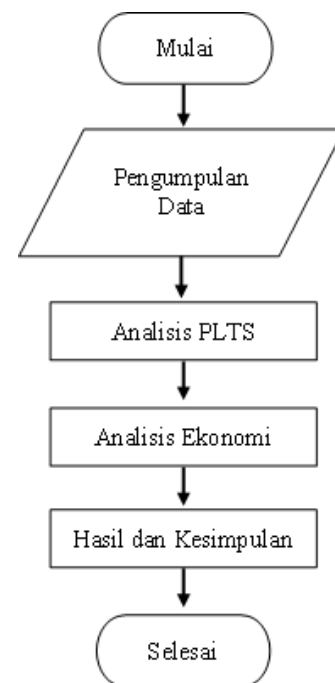
Pada analisis ekonomi ini didapat dari beberapa referensi penelitian sebelumnya yang masih relevan dengan penelitian yang akan dibuat, yaitu tentang analisis ekonomi PLTS Off-Grid, perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk pompa irigasi pertanian. Adapun penelitian relevan yang sebelumnya pernah dibuat tentang perencanaan analisis ekonomi PLTS dan PLTS untuk pompa air irigasi pertanian diantaranya sebagai berikut. Pertama penelitian yang dibuat oleh Fian Hidayat mengenai analisis ekonomi pada perencanaan PLTS adapun hasil yang didapat yaitu pengembangan PLTS secara investasi dianggap tidak layak, karena tidak mampu mengimbangi biaya investasi awal yang tinggi [4]. Pada penelitian ini menggunakan PLTS terhubung dengan jaringan listrik Pembangkit Listrik Negara (PLN) sehingga tidak dapat digunakan pada lokasi yang jauh dari sumber listrik PLN serta sistem PLTS ini hanya mengandalkan ketika cahaya matahari terik saja sehingga banyak loss energi yang terbuang percuma. Kedua penelitian yang dilakukan oleh Oya Iman Sanjaya mengenai perancangan PLTS untuk pompa air irigasi dari penelitian ini mendapatkan hasil dengan lahan pertanian 300 m² dapat dipasang panel surya monocrystalline dengan kapasitas maksimal 52,14 KW dengan modul surya berjumlah 158 unit, inverter 33 kW dua unit, dengan total biaya investasi Rp. 1.168.137.010 [5]. Pada penelitian ini tidak dilakukan studi lebih lanjut mengenai keekonomian seperti nilai *Net Present Value* (NPV), *Life Cycle Cost* (LCC), *Discount Payback Period* (DPP) sehingga tidak mengetahui proyek

ini layak atau tidaknya secara nilai investasi.

Berdasarkan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penulis melakukan penelitian tentang potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid pada lahan pertanian di wilayah binong. Penelitian dilakukan agar dapat mengetahui kelayakan PLTS secara ekonomi serta sebagai alternatif pengganti mesin diesel yang sebelumnya digunakan untuk menggerakkan pompa air pada lahan pertanian.

II. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap. Secara garis besar penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan beberapa sumber data, perhitungan kebutuhan PLTS yang akan digunakan serta analisis PLTS secara ekonomi. Adapun diagram alurnya dapat dilihat dengan jelas pada **Gambar 1**



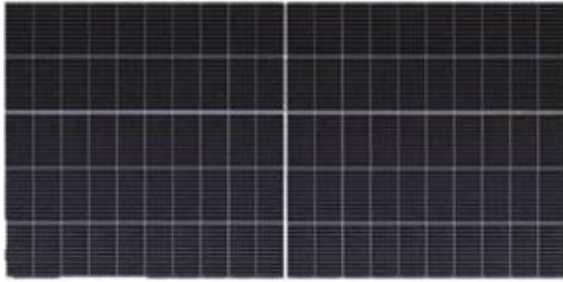
Gambar 1. Flowchart Penelitian.

A. Komponen Yang Dibutuhkan

Pada penelitian ini memerlukan beberapa komponen utama yang diperlukan untuk mendukung penelitian ini seperti pada **Gambar 2**.

1) Panel Surya

Panel surya adalah sebuah teknologi yang dibuat untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dengan memanfaatkan sel-sel *fotovoltaik* yang tertanam pada sebuah modul panel surya [6]. Seperti pada **Gambar 2** dan **Tabel I**.



Gambar 2. Panel Surya MS(530)-MDG-72H

Tabel I Spesifikasi Modul Panel Surya

Deskripsi	Spesifikasi
Merk	Maysun
Model Number	MS(530)MDG-72H
Max Power	530 W
Max Power Voltage	40,56 V
Max Power Current	13,17 A
Open Circuit Voltage	49,26 V
Short-Circuit Current	13,71 A
Net Weight	30,6 Kg
Size	2279x1130x30mm

2) Baterai

Baterai adalah sebuah alat yang mampu menyimpan sebuah energi listrik dengan sistem kerja baterai yang mampu merubah energi kimia reversibel menjadi energi listrik [7]. Seperti pada **Gambar 3** dan **Tabel II** salah satu jenis baterai dan spesifikasi baterai.



Gambar 3. Baterai ZTE ZXDC48 FB101

Tabel II. Spesifikasi Baterai

Item	Parameter
Rated capacity	100Ah(C3 ,25°C, cut-off voltage 42V)
Energy storage	4800wh
Nominal voltage	48V
Battery type (Cathode material)	LiFePO4
Charger current range	0A~ 50A

3) Solar Charger Controller (SCC)

Solar Charger Controller atau bisa disebut sebagai kontrol pengisian baterai adalah sebuah

komponen rangkaian listrik yang berfungsi untuk mengatur arus yang masuk kedalam ke baterai supaya optimal [8]. Seperti pada **Gambar 4** dan **Tabel III** yang menunjukkan SCC serta spesifikasinya.



Gambar 4. SCC SAMOTO MPPT100

Tabel III. Spesifikasi SAMOTO MPPT100

Item	Spesifikasi
Model	MPPT100
Max. Charger Current	100A
Sytern Voltage	12V/24V/36V/48V
Max.PV Voltage (VOC)	150 Vdc
Product Dimension	350 x 274 x 110 mm
Produk Weight	5,84 kg
Operation Temperature	-25~60°

4) Inverter

Inverter adalah sebuah komponen rangkaian elektronika yang memiliki fungsi sebagai media untuk merubah sistem tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC) [8]. Seperti pada **Gambar 5** dan **Tabel IV** salah satu contoh dari inverter dan spesifikasinya.



Gambar 5. Inverter Sako SUNPAX 5,5 KW

Tabel IV. Spesifikasi Inverter Sako SUNPAX

Model	SUNPAX 5.5KW
The rate power	5500VA/5500W
Voltage	230VAC ±
Frequency Range	50Hz/60Hz(Auto sensing)
Efficiency(Peak)	>90%
No load current	1,3A
MPPT Range at Operation Vol.	120-420VDC
Maximum Charge Current	100A
Maximum Efficiency	98%
Products Dimension	498mm x 313mm x 123mm
Net Weight	10 Kg

B. Pengumpulan Data

Tahapan awal yang dilakukan adalah pengumpulan data untuk memenuhi kebutuhan penelitian. Adapun sumber data ini dibagi menjadi dua yaitu data primer dan sekunder.

1) Data Primer

Data Primer adalah data yang didapat secara langsung seperti melakukan wawancara dan observasi langsung. Adapun data primer yang didapat tertera pada **Tabel V.**

Tabel V. Data Primer

Data Primer	Sumber Data
Radiasi matahari pada lokasi	Observasi Langsung
Kebutuhan daya yang diperlukan	Wawancara dan Observasi secara langsung

2. Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang didapat dari sumber yang sudah ada sebelumnya baik dari internet maupun buku. Adapun data sekunder yang didapat tertera pada **Tabel VI.**

Tabel VI. Data Sekunder

Data Sekunder	Sumber Data
Radiasi matahari	Web : Global Solar Atlas
Titik koordinat lokasi	Google Earth Pro
Sumber referensi yang mendukung	Jurnal dan buku

C. Analisis PLTS

Pada bagian ini menghitung kebutuhan dari PLTS dengan menggunakan persamaan dari beberapa sumber yang telah ada. Adapun kebutuhan yang akan dihitung yaitu seperti dibawah ini.

1) Efektivitas Cahaya

Untuk menghitung efektivitas cahaya dapat menggunakan persamaan (1) [9].

$$PSH = \frac{GHI_{hourly}}{1 \text{ sun}} \quad (1)$$

Dimana *PSH* adalah *peak sun hours*, *GHI* adalah *global horizontal irradiance*, 1 sun adalah radiasi matahari dalam 1.000/m².

2) Total Daya Harian

Untuk menghitung total daya harian menggunakan persamaan (2) [10].

$$TBH = \text{Total daya} \times \text{Lama pemakaian} \quad (2)$$

3) Jumlah Panel Surya Yang Dibutuhkan

Jumlah panel surya yang dibutuhkan diperoleh dengan persamaan (3) [11].

$$\text{Kapasitas PV} = \frac{TBH}{PSH} \quad (3)$$

Dimana *TBH* adalah total beban harian, *PSH* adalah *Peak Sun Hours*.

4) Jumlah Baterai

Jumlah baterai ditentukan menggunakan persamaan (4,5,6) [12].

$$DOD = \frac{\text{Rata-rata discharge}}{\text{Kapasitas Baterai}} \quad (4)$$

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{\text{Total daya harian}}{DOD} \quad (5)$$

$$\text{Jumlah Baterai} = \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Power Baterai}} \quad (6)$$

Dimana *DOD* adalah *Depth of Discharge*.

5) Kapasitas Solar Charger Controller

Kapasitas *Solar Charger Controller* ditentukan menggunakan persamaan (7) [11].

$$CSS = \frac{DW \times SF}{V_{mpp}} \quad (7)$$

Dimana *CSS* adalah kapasitas *solar charge controller*, *DW* adalah permintaan watt, *SF* adalah *Safety factor*, *V_{mpp}* adalah Total tegangan panel surya.

6) Kapasitas Inverter

Kapasitas inverter ditentukan menggunakan persamaan (8) [13].

$$CIV = DW \times SF \quad (8)$$

Dimana CIV adalah kapasitas inverter, DW adalah permintaan watt, SF adalah *safety factor*.

D. Analisis Ekonomi

Pada bagian ini menghitung Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) secara nilai investasi apakah proyek yang akan dilakukan ini layak atau tidak untuk lakukan. Adapun beberapa faktor yang dihitung seperti dibawah ini.

1) Biaya Operasional dan Perawatan

Biaya operasional dan perawatan dihitung dengan menggunakan persamaan (9,10,11) [8].

Biaya Pemeliharaan (A)

$$A = 1\% \times Ia \quad (9)$$

Biaya Pemeliharaan Selama Umur Proyek (AW)

$$AW = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (10)$$

$$Biaya\ operasional = Nb \times BPB \quad (11)$$

Dimana AW adalah biaya pemeliharaan selama umur proyek, Nb adalah jumlah baterai, Ia adalah investasi awal, BPB adalah biaya penggantian baterai.

2) Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Biaya siklus hidup dihitung menggunakan persamaan (12) [4].

$$LCC = C + MPW + RPW \quad (12)$$

Dimana LCC adalah biaya siklus hidup, C adalah biaya investasi awal, MPW adalah biaya pemeliharaan selama umur proyek, RPW adalah biaya yang harus dikeluarkan selama umur proyek.

3) Capital Recovery Factor

Capital recovery factor atau faktor pemulihan modal didapat dengan menggunakan persamaan (13) [14].

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (13)$$

Dimana CRF adalah faktor pemulihan modal, i adalah tingkat diskon, n adalah periode dalam tahun (umur investasi).

4) Biaya Energy (*Cost of Energy*)

Cost of energy didapat dengan menggunakan persamaan (14) [15].

$$A\ kWh = kWh\ harian \times PSH \times 365 \quad (14)$$

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{A\ kWh} \quad (15)$$

Dimana 365 adalah 1 tahun, COE adalah *cost of energy* atau Biaya Energi (Rp/kWh), CRF adalah faktor pemulihan modal, A kWh adalah energi yang dibangkitkan tahunan (kWh/tahun).

5) Net Present Value

Net present value atau nilai bersih yang didapat dari keseluruhan ditentukan menggunakan persamaan (16) [8].

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1-i)^t} - II \quad n\ t=1 \quad (16)$$

Dimana NCFt adalah *net cash flow* periode tahun ke-1 sampai tahun ke-n, II adalah Investasi awal, i adalah Tingkat diskon, n adalah Umur proyek. Jika nilai NPV yang didapatkan adalah positif / > 0 maka proyek tersebut dinyatakan layak tetapi jika nilai NPV yang didapatkan adalah negatif / < 0 maka proyek tersebut dinyatakan tidak layak [8]

6) Diskon Payback Period (DPP)

Diskon payback period adalah periode pengembalian uang yang dihitung menggunakan discount factor. Untuk mendapatkan persamaannya maka harus menghitung tahun ke berapa nilai arus kas bersih kumulatif sama dengan nilai investasi awal. Investasi akan dianggap layak apabila DPP memiliki periode waktu lebih pendek dari umur proyek [14].

E) Rangkaian Alat

Adapun rangkaian SLD PLTS Off-Grid yang dirancang, dapat dilihat seperti pada **Gambar 6**.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

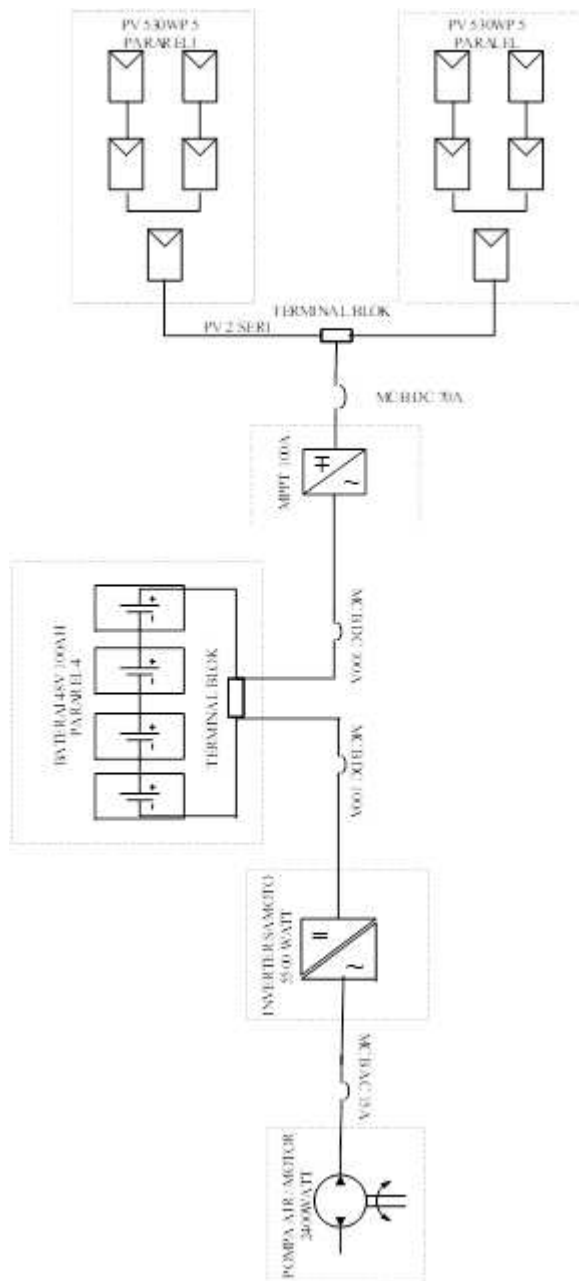
Setelah tahapan alur penelitian dilakukan semua seperti melalui wawancara, observasi langsung, sumber ilmiah, serta secara hitungan maka diperoleh hasil seperti dibawah.

A. Hasil Data Yang Diperoleh

Beberapa data yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu seperti dibawah ini.

1) Daya yang dibutuhkan untuk pompa air

Daya yang dibutuhkan untuk menggerakan pompa air didapat dengan melakukan observasi secara langsung serta melakukan wawancara terhadap tokoh masyarakat sekitar. Adapun hasil yang didapat yaitu membutuhkan sebuah daya sebesar 2400 watt sedangkan lama penggunaannya sekitar 6 jam dengan umur proyek selama 25 tahun.



Gambar 6. Rangkaian SLD PLTS Off-Grid

2) Data lokasi penelitian

Data lokasi diperlukan untuk mengetahui radiasi matahari pada lokasi serta menentukan kapasitas panel surya menggunakan persamaan diatas. Pada penelitian ini untuk mengetahui titik koordinat lokasi yaitu menggunakan *google earth pro* dan mendapatkan hasil *latitude*: 6°25'46.50"S dan *longitude* : 107°49'33.61"E.

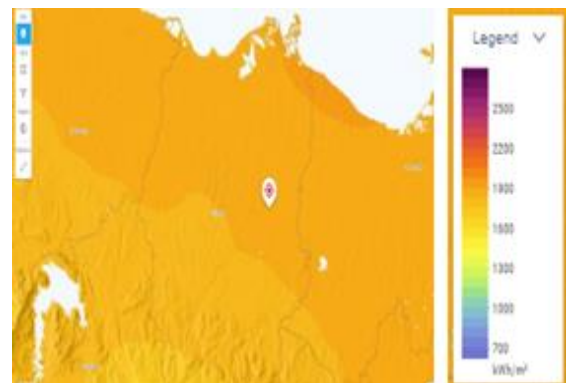
3) Data radiasi matahari pada lokasi

Data radiasi matahari didapat menggunakan sebuah website Global Solar Atlas. Adapun hasil yang radiasi matahari pada lokasi dapat dilihat pada **Tabel VII** dan **Gambar 7**.

Tabel VII. Data Radiasi Matahari

Nama Data	Data Radiasi	
	Day	Years
Specific photovoltaic power output (PVOU)	4,04 kwh/m2	14,76 kwh/m2
Direct normal iridian (DNI)	3,32 kwh/m2	12,09 kwh/m2
Global horizontal irradiance (GHI)	5,06 kwh/m2	18,49 kwh/m2
Diffuse horizontal iridian (DHI)	2,56 kwh/m2	9,48 kwh/m2
Global tilted irradiation of optimum angel (GTIopta)	5,14 kwh/m2	18,77 kwh/m2
Optimum tilt of PV modules	11/0	11/0
Air temperature	27,4 °C	27,4 °C

Sumber : <https://globalsolaratlas.info>



Gambar 7. GHI Pada Lokasi Penelitian
(sumber : <https://globalsolaratlas.info>)

B. Hasil Perhitungan Kebutuhan PLTS

Hasil perhitungan kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) didapat dengan menggunakan perhitungan persamaan diatas. Adapun hasil yang didapat seperti dibawah ini.

1) Efektifitas Cahaya

Untuk menghitung efektifitas cahaya dapat menggunakan persamaan (1).

$$PSH = \frac{GHI_{hourly}}{1 \text{ sun}}$$

$$PSH = \frac{5.067 \text{ w/m}^2}{1.000 \text{ w/m}^2}$$

$$PSH = 5,67 \text{ hours}$$

Jadi pada lokasi penelitian ini memiliki efektifitas cahaya sebesar 5,67 jam yang dibulatkan menjadi 5 jam.

2) Total Daya Harian Yang Diperlukan

Total daya yang dibutuhkan didapat dengan menggunakan persamaan (2).

$$\begin{aligned} TBH &= \text{Daya} \times \text{Lama pemakaian} \\ TBH &= 2.400 \text{ watt/hours} \times 6 \text{ hours} \\ TBH &= 14.400 \text{ watt} \end{aligned}$$

Jadi total beban harian yang dibutuhkan pada penelitian ini sebesar 14.400 watt.

3) Jumlah Panel Yang Dibutuhkan

Sebelum menentukan jumlah panel yang akan digunakan maka harus menghitung jumlah penurunan energi yang disebabkan oleh debu dan lain-lain. Pada penelitian ini ditentukan yaitu sekitar 40% maka jumlah daya yang dibutuhkan = 14.400 watt : (100% - 40%) = 24.000 watt. Selanjutnya tinggal menghitung jumlah panel yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan (3).

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas PV} &= \frac{TBH}{PSH} \\ \text{Kapasitas PV} &= \frac{24.000 \text{ watt}}{5 \text{ hours}} \\ \text{Kapasitas PV} &= 48.000 \text{ watt/hours} \end{aligned}$$

Jadi jumlah power panel surya yang dibutuhkan adalah 4.800 watt. Maka banyaknya panel adalah jumlah panel surya : spesifikasi panel surya yang akan dipakai maka = banyaknya panel adalah 4.800 watt : 530 wp = 9.06 dibulatkan menjadi 9 / 10 pcs.

4) Jumlah Baterai

Untuk menentukan jumlah baterai pertama harus menghitung DOD dari baterai terlebih dahulu. Adapun pada penelitian ini menggunakan Persamaan (4).

$$\begin{aligned} DOD &= \frac{\text{discharge harian baterai}}{\text{Kapasitas baterai}} \times 100\% \\ DOD &= \frac{14.400}{19.200} \times 100\% \\ DOD &= 75\% \end{aligned}$$

Setelah mengetahui nilai DOD baterai selanjutnya mencari kapasitas baterai dengan menggunakan persamaan (5)

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas baterai} &= \frac{TBH}{DOD} \\ \text{Kapasitas baterai} &= \frac{14.400}{75\%} \end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas baterai} = 19.200 \text{ watt}$$

Selanjutnya menentukan jumlah baterai dengan menggunakan persamaan (6)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baterai} &= \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Power Baterai}} \\ \text{Jumlah baterai} &= \frac{19.200 \text{ watt}}{4.800 \text{ watt}} \\ \text{Jumlah baterai} &= 4 \end{aligned}$$

Jadi jumlah baterai yang dibutuhkan sebanyak 4 pcs dengan kapasitas masing-masing baterai sebesar 4.800watt.

5) Solar Charge Controller (SCC)

Untuk mengetahui kapasitas SCC yang akan digunakan maka harus terlebih dulu mengetahui spesifikasi panel surya, adapun cara menghitungnya menggunakan persamaan (7).

$$\begin{aligned} CSS &= \frac{DW \times SF}{V_{mpp}} \\ CSS &= \frac{5.300 \times 1,25}{81,12} \\ CSS &= 81,67 \text{ A} \end{aligned}$$

Jadi kapasitas SCC yang dibutuhkan yaitu sebesar 81,67 Ampere tapi pada perencanaan penelitian ini menggunakan Solar Charge Controller sebesar 100 Ampere.

6) Kapasitas Inverter

Kapasitas inverter didapat dengan menggunakan persamaan (8).

$$\begin{aligned} CIV &= DW \times SF \\ CIV &= 2.400 \times 1.25 \\ CIV &= 3.000 \text{ watt} \end{aligned}$$

Jadi kapasitas inverter yang dibutuhkan yaitu sebesar 3.000 watt. Tapi pada perencanaan penelitian ini menggunakan kapasitas inverter sebesar 5.500 watt, karena jumlah daya yang dihasilkan oleh solar panel bisa melebihi dari 3.000 watt. Sehingga kelebihan daya yang tersisa tidak terbuang dan dapat digunakan untuk kedepannya apabila ingin menambahkan pompa atau beban lainnya.

C. Rincian Biaya

Setelah menghitung kebutuhan PLTS maka selanjutnya menentukan Rincian biaya supaya dapat mengetahui nilai investasi awal yang dikeluarkan. Pada penelitian ini harga dari alat-alat didapat dari harga yang tersedia di marketplace

yang tentunya akan mengalami perubahan setiap waktunya. Adapun hasil yang didapat seperti pada **Tabel IV**.

Tabel IV. Rincian Biaya

Nama Barang	Qty	Harga Satuan	Jumlah Keseluruhan
Panel Surya	10 pcs	Rp. 3.450.000	Rp. 34.450.000
Baterai	4 pcs	Rp. 16.702.000	Rp. 66.808.000
MPPT / SCC	1 pcs	Rp. 3.262.500	Rp. 3.262.500
Inverter	1 pcs	Rp. 6.200.000	Rp. 6.200.000
MCB DC	3 pcs	Rp. 129.000	Rp. 387.000
MCB AC	1 pcs	RP. 80.900	Rp. 80.900
Arrester	1 pcs	Rp. 200.000	Rp. 200.000
Terminal Block	3 pcs	Rp. 23.929	Rp. 71.787
Box Panel	1 pcs	Rp. 138.000	Rp. 138.000
Kabel NYAF 22mm	120 m	Rp. 51.500 / meter	Rp. 6.180.000
Kabel NYAF 38 mm	8 m	Rp. 74.400 / meter	Rp. 595.200
Rak Baterai	1	Rp. 500.000	Rp. 500.000
Baja Ringan	6m x 14	Rp. 83.200	Rp. 1.164.800
Tukang, Baut, Mur, Skun dll	1	Rp. 1000.000	Rp. 1000.000
Jumlah			Rp. 121.088.187

D. Hasil Analisis Ekonomi

Hasil dari analisis ekonomi yang didapat dengan menggunakan persamaan diatas.

1) Biaya Operasional dan Perawatan

Untuk biaya dan operasional Perawatan didapat dengan menggunakan persamaan (9,10, dan 11).

Biaya Perawatan (A)

$$\begin{aligned}
 A &= 1\% \times Ia \\
 &= 1\% \times 121.088.187 \\
 &= 1.210.881 /th
 \end{aligned}$$

Biaya Pemeliharaan Selama Umur Proyek

$$\begin{aligned}
 AW &= A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \\
 &= 1.210.881 \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \\
 &= 1.210.881 \times 9.8 \\
 &= 11.866.633 /proyek
 \end{aligned}$$

Biaya Operasional Baterai

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya operasional} &= Nb \times BPB \\
 &= 4 \times 66.808.000 \\
 &= Rp. 267.232.000
 \end{aligned}$$

2) Biaya Siklus Hidup (Life Cycle Cost)

Biaya siklus hidup didapat dengan menggunakan persamaan (12).

$$\begin{aligned}
 LCC &= C + MPW + RPW \\
 LCC &= 121.088.187 + 267.232.000 \\
 &\quad + 11.866.633 \\
 LCC &= 400.186.820
 \end{aligned}$$

3) Faktor Pemulihan Modal (*Capital Recovery Factor*)

Faktor pemulihan modal didapat dengan menggunakan persamaan (13).

$$\begin{aligned}
 CRF &= \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \\
 &= \frac{0,1(1+0,1)^{25}}{(1+0,1)^{25} - 1} \\
 &= \frac{1,083471}{9,834706} \\
 &= 0,11
 \end{aligned}$$

4) Biaya energi (*Cost of Energy*)

Biaya energi didapat dengan menggunakan persamaan (15 dan 16)

$$\begin{aligned}
 A kWh &= kWh \times PSH \times 365 \\
 &= 14,4 \times 5,67 \times 365 \\
 &= 29.801.57 kWh
 \end{aligned}$$

Biaya energi (*Cost Of Energy*)

$$\begin{aligned}
 COE &= \frac{LCC \times CRF}{A kWh} \\
 COE &= \frac{400.187.820 \times CRF}{A kWh} \\
 COE &= \frac{400.187.820 \times 0,11}{29.801.57} \\
 COE &= 1.477 / kWh
 \end{aligned}$$

Jadi biaya per kWh yang didapat selama 1 tahun = 29.801.57 x 1.477.12 = Rp. 44.020.550.

5) Net Present Value (NVP)

Pada **Tabel VIII** menunjukkan nilai sekarang, yaitu arus kas bersih (PV NCF) yang merupakan hasil perkalian antara arus kas bersih (NCF) dengan faktor diskon (DF) adalah sebesar $(\sum NCF_t (1+i)^{-t} \text{ for } t=1 \text{ to } n)$ yaitu sebesar = 291.558.056
Maka :

$$\begin{aligned}
 NPV &= 291.558.056 - 121.088.187 \\
 &= 170.469.869
 \end{aligned}$$

Hasil dari *Net Present Value* diatas adalah 170.469.869 > 0 sehingga investasi ini layak secara NPV.

Tabel VIII. Perhitungan NCF, DF, NCFDF, dengan I = 10%

Tahun ke	Cash In	Cash Out	Net Cash Flow	Discount Factor	NCF + DF	Kumulatif
1	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.90909091	Rp. 29.200.354	Rp. 29.200.354
2	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.82644628	RP. 26.545.776	Rp. 55.746130
3	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.7513148	RP. 24.132.524	Rp. 79.876.653
4	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.68301346	RP. 21.938.658	Rp. 101.817.311
5	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.62092132	RP. 19.944.234	Rp. 121.761.545
6	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.56447393	RP. 18.131.122	Rp. 139.892.668
7	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.51315812	RP. 16.48230.838	Rp. 156.375.506
8	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.46650738	RP. 14.984.399	Rp. 171.359.904
9	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.42409762	RP. 13.622.180	Rp. 184.982.085
10	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.38554329	RP. 12.383.800	Rp. 197.365.885
11	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.3504939	RP. 11.258.000	Rp. 208.623.886
12	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.31863082	RP. 10.234.546	Rp. 218.858.432
13	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.28966438	RP. 9.304.133	Rp. 228.162.564
14	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.26333125	RP. 8.458.302	Rp. 236.620.866
15	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.23939205	RP. 7.689.366	Rp. 244.310.232
16	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.21762914	RP. 6.990.332	Rp. 251.300.565
17	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.19784467	RP. 6.354.848	Rp. 257.655.412
18	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.17985879	RP. 5.777.134	Rp. 263.432.547
19	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.16350799	RP. 5.251.940	Rp. 268.684.487
20	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.14864363	RP. 4.774.491	Rp. 273.458.978
21	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.13513057	RP. 4.340.447	Rp. 277.799.425
22	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.12284597	RP. 3.945.860	Rp. 281.745.285
23	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.11167816	RP. 3.587.146	Rp. 285.332.431
24	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.1015256	RP. 3.261.042	Rp. 288.593.473
25	Rp. 44.020.550	Rp. 11.900.161	Rp. 32.120.389	0.092296	RP. 2.964.583	Rp. 291.558.056

6) Diskon Payback Period (DPP)

Hasil *diskon payback period* dapat dilihat pada **Tabel IX** yang menunjukkan arus kas bersih terjadi pada tahun keempat $DPP = 5 + (753.359,00 / 18.131.122,00) = 5$ tahun. Proyek ini layak secara DPP karena hasil yang didapat lebih cepat dibanding dengan umur proyek yaitu selama 25 tahun.

Adapun hasil yang didapat pada penelitian ini berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian ini arus kas bersih atau DPP terjadi pada tahun ke 5 sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Fian Hidayat sebelumnya terjadi pada tahun ke 24. Perbedaan ini disebabkan oleh faktor kebutuhan daya yang

berbeda. Pada penelitian sebelumnya kebutuhan daya lebih tinggi sehingga mempengaruhi biaya yang harus dikeluarkan untuk pembelian alat. Dan pada penelitian sebelumnya tidak dilakukan studi lebih lanjut mengenai spesifikasi alat yang akan digunakan sedangkan pada penelitian saat ini dilakukan studi lebih lanjut mengenai kebutuhan alat yang digunakan sehingga langkah-langkah ini dapat membantu memangkas biaya investasi awal yang harus dikeluarkan.

Tabel.V *Diskon Payback Period*

Tahun Ke	NCF + DF	DPP
0	Rp. -	-Rp. 121.008.187
1	Rp. 29.200.354	-Rp. 91.807833
2	Rp. 26.545.776	-Rp. 65.262.057
3	Rp. 24.132.524	-Rp. 41.129533
4	Rp. 21.938.658	-Rp. 19.190.875
5	Rp. 19.944.234	Rp 753.359
6	Rp 18.131.122	Rp 18.884.481
7	Rp 16.482838	Rp 35.367.319

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis diatas dapat disimpulkan bahwa proyek Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid pada lahan pertanian di wilayah binong dinyatakan layak secara ekonomi karena dapat memenuhi standar perhitungan baik itu *Net Present Value* (NPV) maupun *Diskon Payback Period* (DPP). Adapun hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu dengan kebutuhan daya pompa air sebesar 2.400 watt memerlukan 10 pcs panel surya monocrystalline 530 Wp, baterai lifepo4 48v 100A sebanyak 4 pcs, *Solar Charger Controller* (SCC) dengan kapasitas 100A, inverter dengan kapasitas 5 kw dengan total investasi awal sebesar Rp. 121.088.187 dan total untuk biaya siklus hidup sebesar Rp. 400.186.820 dan total arus kas bersih yang didapat selama proyek sebesar Rp. 291.558.056, *Cost of Energy* sebesar Rp.1.477/kWh serta mendapatkan NPV sebesar Rp. 170.469.869 dan DPP terjadi ditahun ke 5. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui kebutuhan dan kelayakan dari proyek PLTS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B.A Pramudita, B.S Aprillia, M.Ramdhani, " Analisis Ekonomi On Grid Untuk Rumah 2200 VA, " *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan*, vol. 1, hlm. 2746-2536, 2022.
- [2] Y. Kariongan, Joni, " Perencanaan dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop dengan Sistem On Grid sebagai Catu Daya Tambahan pada RSUD Kabupaten Mimika, " *Jurnal Pendidikan Tambusai* vol. 6, no. 1, hlm. 3763-3773, 2022.
- [3] I.P.G.Riawan, I.N.S.Kumara, W.G.Ariastina, " Analisis Performansi dan Ekonomi PLTS Atap 10 kwp pada Bangunan Rumah Tangga di Desa Batuan Gianyar, " *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 21, no.1, hlm. 1693-2951, 2022.
- [4] F. Hidayat, B. Winardi, A. Nugroho, " Analisis Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro, " *TRANSIENT*, vol. 7, no. 4, hlm.2302-9927, 2022
- [5] O.I. Sanjaya, I.A.D Giriantari, I N Satya Kumara, " Perancangan Sistem Pompa Irigasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Pertanian Subak Semaagung, " *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 6, No. 3, hlm. 159-171, 2019.
- [6] M.A. Ridho, B. Winardi, A. Nugroho Nugroho, " Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Menggunakan Software Pvsyst 6.43, " *TRANSIENT*, vol. 7, no. 4, hlm. 2302-9927, 2018.
- [7] M.G. Pae, M.D. Badjowawo, O. Tiran, " Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Penyiraman Lahan Pertanian, " *Jurnal Ilmiah Flash*, vol. 6, no. 1, hlm. 37-41, 2020.
- [8] Samsurizal, S.A. Jaya, " Studi Masa Pakai Baterai pada Panel Surya, " *SENTER VI 2021*, hlm. 1-13, 2021
- [9] H.B. Tambunan, " Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya, " *deepublish*, hlm. 978-623, 2018
- [10] A. Hafid, Z. Abidin, S. Hasain, R. Umar, " Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pulau Balang Lombo, " *Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, vol. 14, no. 1, hlm. 6-12, 2017.
- [11] Bahar A.K, Maulana A.T, "Perencanaan dan Simulasi Sistem PLTS Off-Grid Untuk Penerangan Gedung Fakultas Teknik UNKRIS, " *Jurnal ilmiah Elektrokimia*, vol.6, hlm. 97-107, 2018.
- [12] M.A. Ridho, B. Winardi, A Nugroho " Analisis Potensi dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Menggunakan Software PVSYST 6.43, " *TRANSIENT*, vol. 7, no. 4, hlm. 2302-9927, 2018
- [13] M.B. Rizqi, Ir.P. Pangaribuan, M.T, Dr. Eng. A. Suhendi. " Desain Dan Implementasi Smart Switching Pada Sistem Catu Daya Listrik On Grid, " *e-Proceeding of Engineering*, vol. 6, no.2, hlm. 2355-9365, 2019.
- [14] G. Pradika, I.A.D. Giriantari, I.N. Setiawan, " Potensi Pemanfaatan Tribun Stadion Kabupaten I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS Rooftop, " *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 19, no. 2, hlm. 1693-2951, 2020.
- [15] A. Manab, I.Torang, A. Rabiula, H. Matalata, " Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off-Grid di Desa Bungku Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Jambi, " *Journal of Electrical Power Control and Automation*, hlm. 61-66, 2022.