

# PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI SUPLAI DAYA POMPA AIR *SUBMERSIBLE* INOTO 2 HP DI DUSUN LERAN

Ogik Azis Bukhori<sup>1</sup>, I Nyoman Setiawan<sup>2</sup>, I Wayan Arta Wijaya<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Sel., Kabupaten Badung, Bali 80361

[azisbukhori@student.unud.ac.id](mailto:azisbukhori@student.unud.ac.id)<sup>1</sup>, [setiawan@unud.ac.id](mailto:setiawan@unud.ac.id)<sup>2</sup>, [artawijaya@ee.unud.ac.id](mailto:artawijaya@ee.unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Pompa Air Minum (PAM) di Dusun Leran ditujukan untuk memenuhi kebutuhan air minum dan sanitasi masyarakat, pompa yang digunakan adalah pompa air *submersible* INOTO 2 HP berpengerak motor listrik 1 fasa. Penelitian ini membahas perancangan PLTS *on-grid* berdasarkan daya pompa air yang disimulasikan dengan *software* PVSyst. Pada penelitian ini pompa air diproyeksikan untuk dapat mengangkat air dari dalam tanah dengan volume sebesar 1.328 m<sup>3</sup>/bulan sesuai dengan data penggunaan air pelanggan. Sistem PLTS yang dirancang menggunakan modul surya Risen RSM72-6-335P berkapasitas 335 Wp sebanyak 10 unit dan inverter Solis 1P4K-4G berkapasitas 4 kW. Hasil simulasi menunjukkan produksi energi tahunan PLTS sebesar 4,194 MWh/tahun dengan *solar fraction* sebesar 1,28 yang berarti bahwa produksi energi PLTS mampu memenuhi kebutuhan energi listrik pompa air. Analisis kelayakan investasi menghasilkan *Net Present Value* sebesar Rp.145.867.228, *Profitability Index* sebesar 3,6 dan *Discounted Payback Period* selama 4,3 tahun yang menunjukkan bahwa investasi layak untuk dijalankan.

**Kata kunci** : Pompa Air, PLTS, PVSyst, Investasi.

## ABSTRACT

*The Water Pump System in Leran Hamlet is intended to meet the water needs of the community, the pump used is an INOTO 2 HP submersible water pump driven by a 1 phase electric motor. This study designing grid-tied solar system based on the water pump power which has simulated with PVSyst. In this study, the water pump is projected to lift water from the ground with a volume of 1,328 m<sup>3</sup>/month according to customer water usage. The Solar Power Plant system uses 10 unit of 335 Wp Risen RSM72-6-335P solar modules and an 4 kW inverter Solis 1P4K-4G. The simulation results show that the annual energy production of PLTS is 4.194 MWh/year with solar fraction 1.28 which means Solar Power Plant is able to meet the energy needs of water pump. The investment analysis resulted in Net Present Value is Rp.145,867,228, Profitability Index is 3.6 and Discounted Payback Period is 4.3 years which indicates that the investment is feasible.*

**Key Words** : Water Pump, solar power plant, PVSyst, Investment

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan potensi energi surya sebesar 207,898 GW, Provinsi Jawa Timur memiliki potensi teknis pemanfaatan energi surya sebesar 10,335GW [1]. Data proyeksi bauran energi pembangkitan tenaga listrik Provinsi Jawa

Timur menetapkan target bauran energi baru terbarukan sebesar 17,09% pada tahun 2025 dengan proyeksi PLTS sebesar 950MW [2]. PLTS terpasang di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2018 memiliki kapasitas daya mampu sebesar 0,2MW atau 0,001% dari total pembangkit listrik

yang ada di Provinsi Jawa Timur [3], dibandingkan dengan target bauran energi terbarukan Provinsi Jawa Timur maka PLTS yang harus dibangun masih sangat besar. Salah satu solusi pengembangan PLTS untuk dapat mencapai target proyeksi PLTS adalah pemanfaatan PLTS sebagai suplai daya Pompa Air Minum (PAM) di Dusun Leran Kabupaten Bojonegoro.

Pemerintah Desa Palembang melalui program pembangunan sarana dan prasarana air bersih pedesaan telah mengoperasikan Pompa Air Minum (PAM) di Dusun Leran. Program PAM adalah program penyediaan fasilitas air bersih bagi masyarakat pedesaan untuk memenuhi kebutuhan air minum dan sanitasi masyarakat [4]. Pompa yang digunakan adalah pompa *submersible* INOTO 2 HP. PAM Dusun Leran mulai beroperasi pada bulan Desember 2020, pada saat ini sumber kelistrikan pompa air berasal dari jaringan listrik PLN dengan daya tersambung sebesar 4400 VA.

Data pemakaian air pelanggan pada bulan Desember 2020 sampai Mei 2021 menunjukkan bahwa setiap bulan terdapat kenaikan jumlah pelanggan diiringi dengan peningkatan kebutuhan air 10-42%. Kenaikan kebutuhan air menyebabkan peningkatan tagihan energi listrik yang harus dibayarkan sehingga diperlukan langkah penghematan tagihan energi listrik.

PAM Dusun Leran terletak pada koordinat -7,145° Lintang Selatan dan 112° Bujur Timur mempunyai potensi energi surya dengan iradiasi matahari sebesar 5,03 kWh/m<sup>2</sup>/hari [5], adanya potensi pemanfaatan PLTS sebagai upaya penghematan tagihan energi listrik serta sebagai upaya mendukung target bauran PLTS Jawa Timur maka dilakukan perancangan PLTS sebagai suplai daya pompa air INOTO 2 HP di Dusun Leran. Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem PLTS, simulasi unjuk kerja menggunakan *software* PVSyst serta kajian investasi rancangan PLTS.

## 2. Perancangan Sistem PLTS

### 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan panel surya sebagai penghasil energi listrik *Direct Current* dengan memanfaatkan radiasi foton dari matahari [6]. Kebutuhan kapasitas (Wp) panel surya ditentukan oleh besar daya listrik beban dan tingkat iradiasi matahari di lokasi pemasangan PLTS.

$$N_{modul} = \frac{P}{P_{modul}} \quad (1)$$

$N_{mod}$  = jumlah modul surya

$P$  = daya yang dibangkitkan (Wp)

$P_{mod}$  = daya nominal modul surya (Wp)

### 2.2 Losses pada sistem PLTS

Rugi-rugi (*losses*) merupakan suatu kondisi dimana jumlah energi yang dibangkitkan atau disalurkan tidak sama dengan jumlah energi yang diterima pada sisi penerima [7]. Data rugi-rugi daya pada PLTS disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Rugi-Rugi pada PLTS

Jenis Rugi-Rugi	Persentase
Losses Temperature (L1)	14%
Mismatch (L2)	2%
Losses Kabel (L3)	1,2%
Inverter (L4)	3%
Soiling (L5)	3%
Losses kualitas modul (L6)	1,5%

Dari tabel rugi-rugi daya dilakukan perhitungan daya aktual modul surya dengan menggunakan persamaan (1).

$$P_{actual} = [(1 - L_1) \times \dots \times (1 - L_n)] \times (P_{max}) \quad (6)$$

### 2.3 Perancangan sistem PLTS

Modul surya dapat menghasilkan daya maksimum apabila dipasang tegak lurus dengan sudut datang iradiasi matahari. kemiringan pemasangan modul surya dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\alpha = 90^\circ + lat - \delta \quad (7)$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha \quad (8)$$

$\alpha$  = ketinggian maksimum matahari (°)

$lat$  = garis lintang lokasi (°)

$\delta$  = sudut deklinasi matahari (23,45°)

$\beta$  = kemiringan panel surya (°)

Dalam menentukan susunan modul surya perlu diperhatikan batasan jumlah modul yang disusun secara seri dan jumlah modul yang disusun secara paralel disesuaikan dengan spesifikasi inverter. Perhitungan susunan seri paralel modul surya dapat digunakan persamaan berikut:

$$Min.series = \frac{V_{min.Inverter}}{V_{OC.PV}} \quad (9)$$

$Min.series$  = minimum susunan seri modul  
 $V_{min.Inv}$  = tegangan input min inverter (V)  
 $V_{OC.PV}$  = tegangan *open circuit* modul (V)

$$Max.series = \frac{V_{max.Inverter}}{V_{mpp.PV}} \quad (10)$$

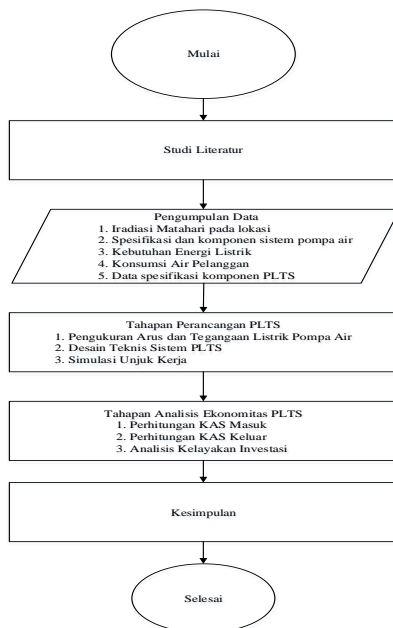
$Max.series$  = maksimal susunan seri modul  
 $V_{max.Inv}$  = tegangan input min inverter (V)  
 $V_{mpp.PV}$  = tegangan maksimum modul (V)

$$Max.Parallel = \frac{I_{max.Inverter}}{I_{mpp.PV}} \quad (11)$$

$Max.parallel$  = susunan maks paralel  
 $I_{max.Inv}$  = arus input maksimum inverter (A)  
 $I_{mpp.PV}$  = arus maksimum modul surya (A)

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Dusun Leran, Desa Palembang, Kanor, Kabupaten Bojonegoro. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan Maret sampai Juni 2021. Analisis Data dapat dilihat pada Gambar 1 :



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Berikut penjelasan pada Gambar 1 :

#### Langkah 1. Pengumpulan Data

Penelitian diawali dengan identifikasi dan pengumpulan data komponen sistem pompa air untuk mengetahui spesifikasi dari masing-masing komponen yang digunakan.

#### Langkah 2. Tahap Perancangan PLTS

Analisis dan perhitungan rancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya didasarkan pada besar kebutuhan daya pompa air dengan memperhitungkan rugi-rugi daya.

#### Langkah 3. Tahap Analisis Ekonomitas

Analisis ekonomitas rancangan PLTS dilakukan dengan menghitung arus kas masuk, arus kas keluar dan analisis kelayakan investasi dengan parameter *Net Present Value*, *Profitability Index* dan *Discounted Payback Period*.

#### Langkah 4. Penarikan Kesimpulan

Berdasarkan analisis data hasil simulasi dapat ditarik kesimpulan dari sistem pompa air PLTS yang dirancang.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pompa Air Minum (PAM) Dusun Leran

Pompa yang digunakan pada sistem Pompa Air Minum (PAM) Dusun Leran berjenis *submersible* dengan tipe INOTO 2 HP berpengerak motor listrik 1 phasa. Hasil pengukuran daya kerja pompa menunjukkan daya listrik pompa air sebesar 2573,04 W. Pompa air *submersible* INOTO 2 HP yang digunakan mampu mengangkat air dari dalam tanah sebanyak 12,63 m<sup>3</sup>/jam. Data konsumsi air ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Konsumsi air

Bulan	Jumlah Pelanggan	Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> )
Desember 2020	77	787
Januari 2021	80	1.119
Februari 2021	83	1.081
Maret 2021	84	1.165
April 2021	87	1.253
Mei 2021	93	1.328

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsumsi air tertinggi terjadi pada bulan mei 2021 sebesar 1.328 m<sup>3</sup>. Dilakukan perhitungan

penggunaan energi listrik pompa air berdasarkan daya pompa, debit air dan konsumsi air bulan mei 2021 sebagai berikut:

$$t_{pompa} = \frac{V_{tandon} (m^3)}{Debit (m^3/jam)}$$

$$t_{pompa} = \frac{1.328 m^3}{12,63 m^3/jam}$$

$$= 106 jam$$

Durasi operasi pompa air adalah 106 jam untuk dapat mengangkat air dari tanah menuju tandon air sebanyak 1.328m<sup>3</sup>. Perhitungan penggunaan energi listrik adalah sebagai berikut:

$$W = P \times t_{pompa}$$

$$= 2573,04 Wh \times 106 jam$$

$$= 273 kWh$$

Energi listrik yang dibutuhkan pompa air dalam satu bulan sebesar 273kWh.

#### 4.2 Perancangan PLTS

PLTS menggunakan tipe *ground mounted* penyangga tetap (*fixed*). Untuk mendapatkan iradiasi optimal kemiringan modul surya dapat di hitung dengan persamaan (7) dan (8).

$$\alpha = 90^\circ + lat - \delta$$

$$= 90^\circ + 7,15^\circ - 23,45$$

$$= 73,7^\circ$$

Besar sudut kemiringan orientasi panel surya terhadap garis khatulistiwa ( $\beta$ ) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

$$= 90^\circ - 73,7^\circ$$

$$= 16,3^\circ$$

Kemiringan optimal panel surya yang dipasang sebagai suplai pompa submersible inoto 2 HP Di Dusun Leran Desa Palembang adalah sebesar 16,3°.

(a) Modul Surya

Modul surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah modul surya produksi RISEN ENERGY CO.,LTD. melalui PT. Surya Energi Indotama (LenSolar) dengan seri RSM72-6-335P.

Tabel 3. Spesifikasi Modul Surya

Model Number	RSM72-6-335P
Rated Power in Watts-Pmax (Wp)	335
Open Circuit Voltage-Voc (V)	45,90
Short Circuit Current-Isc (A)	9,40
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	37,65
Maximum Power Current-Imp (A)	8,90
Temperature Coefficient of Voc	-0,32% / °C
Temperature Coefficient of Isc	0,055% / °C
Temperature Coefficient of Pmax	-0,39% / °C

(b) Inverter

Inverter yang digunakan dalam penelitian ini adalah inverter *on-grid* Solis 1P4K-4G dengan kapasitas 4 kW

Tabel 4. Spesifikasi Inverter

Solis 1P4K-4G	
Input (DC)	
Max. Input power	4600 W
Max. Input voltage	600 V
MPP voltage range	90 V to 520 V
Min. Input voltage	120 V
Max. input current	11 A
Mppt	2
Output (AC)	
Rated power	4000 W
Max. power AC	4400 VA
Nominal AC voltage	220 V, 230 V
AC Power frequency	50 Hz, 60 Hz
Max. output current	21 A
Max. Efficiency	97 %

(c) Daya Aktual Modul Surya

Perhitungan *losses* akibat temperatur adalah sebagai berikut:

Perhitungan daya aktual modul surya adalah sebagai berikut:

$$P_{max actual} = [(1 - L_1) \dots x(1 - L_6)]x(P_{max})$$

$$= \left[ \begin{matrix} (1 - 0,14)(1 - 0,02) \\ (1 - 0,012)(1 - 0,03) \\ (1 - 0,03)(1 - 0,015) \end{matrix} \right] x(335)$$

$$= 258,5 WP$$

Perhitungan jumlah modul surya sebagai berikut:

$$Jumlah Modul = \frac{P_{pompa}}{P_{max actual}}$$

$$= \frac{2573,04 W}{258,5 Wp}$$

$$= 10 modul$$

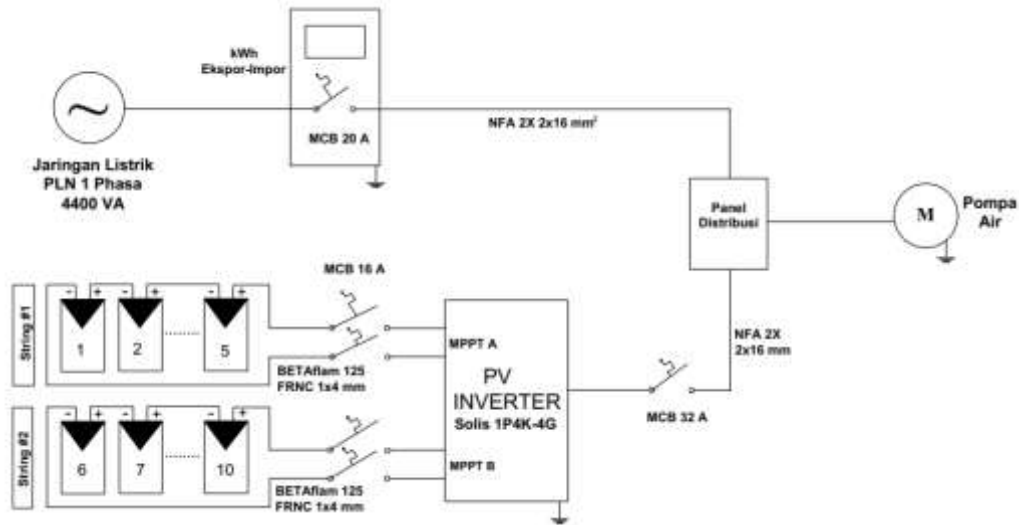
Perhitungan susunan modul surya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Min. series} &= \frac{V_{\text{min.Inverter}}}{V_{\text{OC.PV}}} \\ &= \frac{120}{45,9} = 3 \text{ unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. series} &= \frac{V_{\text{max.Inverter}}}{V_{\text{mpp.PV}}} \\ &= \frac{600}{37,65} = 15 \text{ unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. Parallel} &= \frac{I_{\text{max.Inverter}}}{I_{\text{mpp.PV}}} \\ &= \frac{11}{8,9} = 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

Modul surya disusun menjadi dua string, masing-masing string terdiri atas 5 modul yang disusun secara seri. String 1 dihubungkan dengan MPPT A inverter dan string 2 dihubungkan dengan MPPT B inverter. Line diagram kelistrikan PLTS pompa air dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Line Diagram Kelistrikan PLTS Pompa air

### 4.3 Hasil Simulasi PVSyst

Simulasi unjuk kerja rancangan PLTS dilakukan dengan menggunakan software PVSyst. Data produksi energi PLTS hasil simulasi menggunakan software PVSyst ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Produksi Energi PLTS

Produksi energi PLTS tertinggi terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 400,8 kWh sedangkan produksi energi terendah terjadi pada bulan Februari yaitu sebesar 284,9 kWh.

#### (a) Solar fraction

Solar fraction merupakan persentase jumlah energi yang disediakan oleh pembangkit listrik tenaga surya dibagi dengan total energi yang disuplai menuju beban listrik. data hasil perhitungan solar fraction disajikan dalam tabel 5.

Tabel 5. Solar Fraction

Bulan	Pemakaian Energi (kWh)	E_PLTS (kWh)	Selisih (kWh)	Solar Fraction
Januari	273	306,7	33,7	1,12
Februari	273	284,9	11,9	1,04
Maret	273	331	58	1,23
April	273	344,3	71,3	1,26
Mei	273	375,5	102,5	1,38
Juni	273	366,6	93,6	1,34
Juli	273	391,4	118,4	1,43
Agustus	273	400,8	127,8	1,47
September	273	377,5	104,5	1,38
Oktober	273	373,8	100,8	1,37
November	273	327,3	54,3	1,20
Desember	273	314,9	41,9	1,15
Total	3276	4.194,70	918,7	1,28

(b) Ekspor-Impor Energi

Produksi energi PLTS yang tidak dimanfaatkan dapat diekspor menuju jaringan listrik PLN. Energi listrik pelanggan PLTS atap yang diekspor dihitung berdasarkan nilai kWh ekspor yang tercatat pada meter kWh ekspor-impur dikali 65% [8]. Data konsumsi energi listrik setelah adanya PLTS disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Ekpor Impor Energi

Bulan	Konsumsi Energi (kWh)	Energi PLTS (kWh)	Selisi (kWh)	Energi Ekspor* (kWh)	Tambahan Energi (kWh)
Jan	273	306,7	33,7	21,9	21,9
Feb	273	284,9	11,9	7,7	29,6
Mar	273	331	58	37,7	67,3
Apr	273	344,3	71,3	46,3	46,3
Mei	273	375,5	102,5	66,6	112,9
Jun	273	366,6	93,6	60,8	173,7
Jul	273	391,4	118,4	77,0	77
Agu	273	400,8	127,8	83,1	160,1
Sep	273	377,5	104,5	67,9	228
Okt	273	373,8	100,8	65,5	65,5
Nov	273	327,3	54,3	35,3	100,8
Des	273	314,9	41,9	27,2	128
Total	3.276	4.194,70	918,7	597,2	21,9

\*kWh ekspor = E\_Lebih PLTS x 65%

4.4 Perhitungan Ekonomi PLTS

(a) Biaya Investasi

Biaya investasi awal dari rancangan sistem PLTS PAM Dusun Leran meliputi biaya komponen, biaya instalasi, dan biaya pengiriman komponen, total biaya investasi PLTS ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Biaya investasi PLTS

Nama Produk	Jumlah	Satuan	Harga	Total
<i>Direct Cost</i>				
Modul Surya Risen Poly335 Wp <sup>1</sup>	10	unit	2.000.000	20.000.000
Inverter Selisi IP4K-8G <sup>2</sup>	1	unit	16.173.300	16.173.300
Leoni BETAFlan 125-flex Solar FRNC 1x4mm <sup>2</sup> solar cable	60	meter	15.000	900.000
Suntree MCB DC SL7-63 550V/16 A	2	unit	195.000	390.000
Schneider MCB EOM113448N1 25A	1	unit	65.000	65.000
Biaya konstruksi penyangga <sup>3</sup>	1	set	5.000.000	5.000.000
<i>Indirect Cost</i>				
Biaya Instalasi <sup>4</sup>	1	kali	8.000.000	9.000.000
Biaya Pengiriman <sup>4</sup>	1	kali	3.000.000	3.000.000
<b>Total (Rp.)</b>				<b>54.528.300</b>

Informasi harga komponen didapatkan dari website resmi penjual komponen di Indonesia yaitu PT. Surya Energi Indotama (LENSolar), PT. Bina Lintas Utama Ekonomi, informasi biaya instalasi dan konstruksi penyangga dari PT. Lintas Karya Sembilan Sembilan. Pengiriman modul oleh PT. Transporindo Agung Sejahtera.

(b) Biaya Penggantian Inverter

Masa operasi inverter diasumsikan selama 5 tahun sesuai data teknis dan garansi dari produsen, perlu dilakukan penggantian inverter setiap 5 tahun sekali. Nilai suku bunga 4,25% digunakan dalam perhitungan mengacu pada tingkat suku bunga kredit Bank Indonesia per tanggal 19 Oktober 2021. Perhitungan biaya peenggantian inverter dapat dilakkan dengan peersamaan berikut [9]:

$$R_{pw} = F(1 + i)^{-n} \quad (11)$$

F=harga inverter pada saat ini

i =suku bunga

Biaya penggantian inverter sampai pada tahun ke-20 ditampilkan pada tabel 8.

Tabel 8. Biaya penggantian inverter

Komponen	Biaya
Inverter 5 tahun	Rp. 13.134.644
Inverter 10 tahun	Rp. 10.666.894
Inverter 15 tahun	Rp. 8.662.788
Inverter 20 tahun	Rp. 7.035.214
Total	Rp. 39.499.540

(c) Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) ditetapkan persentase sebesar 1% dari investasi awal [10].Perhitungan biaya O&M sebagai berikut:

$$\begin{aligned} O\&M &= 1\% \times \text{Biaya Investasi} \\ &= 1\% \times \text{Rp. } 54.528.300 \\ &= \text{Rp. } 545.283/\text{tahun} \end{aligned}$$

(d) Biaya Pengelolaan Air

Tugas pengelolaan Pompa Air Minum (PAM) dijalankan oleh satu orang yang bertugas melakukan pengawasan dan monitoring terhadap pemakaian air bersih oleh masyarakat. Dalam penelitian ini ditentukan upah minimum yang diterima pengelola sebesar Rp. 1.000.000/bulan atau sebesar Rp.12.000.000/tahun.

(e) Penghematan Tagihan Listrik

Penghematan tagihan listrik didapatkan melalui selisih biaya pembelian energi listrik dari PLN. Penghematan tagihan listrik yang dicapai selama satu tahun disajikan dalam tabel 9.

Tabel 9. Penghematan Tagihan

Bulan	Sebelum PLTS		Setelah PLTS		Penghematan (Rp.)
	E. impor (kWh)	Tagihan (Rp.)	E. impor (kWh)	Tagihan (Rp.)	
Jan	273	312.683	0	22.240	290.443
Feb	273	312.683	0	22.240	290.443
Mar	273	312.683	0	22.240	290.443
Apr	273	312.683	0	22.240	290.443
Mei	273	312.683	0	22.240	290.443
Jun	273	312.683	0	22.240	290.443
Jul	273	312.683	0	22.240	290.443
Agu	273	312.683	0	22.240	290.443
Sep	273	312.683	0	22.240	290.443
Okt	273	312.683	0	22.240	290.443
Nov	273	312.683	0	22.240	290.443
Des	273	312.683	0	22.240	290.443
Total	3.276	3.752.199	0	266.880	3.485.319

Penggunaan PLTS memberikan penghematan tagihan listrik sebesar Rp.3.485.319/tahun.

(f) Arus Kas

Arus kas bersih diperoleh dari arus kas masuk dikurangi arus kas keluar. Arus kas masuk berasal dari nilai penjualan air sebesar Rp.23.904.000/tahun ditambah dengan penghematan tagihan listrik sebesar Rp.3.485.319 maka nilai arus kas masuk tahunan sebesar Rp.27.389.319, arus kas keluar didapatkan dari biaya pengelolaan air sebesar Rp. 12.000.000 dan biaya operasional sebesar Rp.545.283, maka nilai arus kas keluar tahunan adalah Rp.12.545.283, biaya penggantian inverter sebesar Rp.39.499.540 selama umur PLTS. Arus kas perancangan PLTS pompa air disajikan dalam tabel 10.

Tabel 10. Arus Kas

Tahun	Kas Masuk (Rp.)	Kas Keluar		NCF (Rp.)	DF	PVNCF (Rp.)	K-PVNCF(Rp.)
		Tahunan	Inverter				
0	-	-	-	-	1	-	-
1	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,96	14.250.274,56	14.250.274,56
2	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,92	13.656.513,12	27.906.787,68
3	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,88	13.062.751,68	40.969.539,36
4	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,85	12.617.430,60	53.586.969,96
5	27.389.319,00	12.545.283,00	13.134.644,00	1.709.392,00	0,81	1.384.607,52	54.971.577,48
6	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,78	11.578.348,08	66.549.925,56
7	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,75	11.133.027,00	77.682.952,56
8	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,72	10.687.705,92	88.370.658,48
9	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,69	10.242.384,84	98.613.043,32
10	27.389.319,00	12.545.283,00	10.666.894,00	4.177.142,00	0,66	2.756.913,72	101.369.957,04
11	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,63	9.351.742,68	110.721.699,72
12	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,61	9.054.861,96	119.776.561,68
13	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,58	8.609.540,88	128.386.102,56
14	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,56	8.312.660,16	136.698.762,72
15	27.389.319,00	12.545.283,00	8.662.788,00	6.181.248,00	0,54	3.337.873,92	140.036.636,64
16	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,51	7.570.458,36	147.607.095,00
17	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,49	7.273.577,64	154.880.672,64
18	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,47	6.976.696,92	161.857.369,56
19	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,45	6.679.816,20	168.537.185,76
20	27.389.319,00	12.545.283,00	7.035.214,00	7.808.822,00	0,43	3.357.793,46	171.894.979,22
21	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,42	6.234.495,12	178.129.474,34
22	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,4	5.937.614,40	184.067.088,74
23	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,38	5.640.733,68	189.707.822,42
24	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,37	5.492.293,32	195.200.115,74
25	27.389.319,00	12.545.283,00		14.844.036,00	0,35	5.195.412,60	200.395.528,34

(g) Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) dapat menentukan kelayakan investasi dari seluruh aliran kas bersih (K-PVNCF) dikurangi biaya investasi awal [11]. Nilai K-PVNCF sebesar Rp.200.395.528 dan biaya investasi awal sebesar Rp.54.528.300.

$$NPV = Rp. 200.395.528 - Rp. 54.528.300 = Rp. 145.867.228$$

Hasil perhitungan NPV bernilai Rp.145.867.228 (>0) yang berarti investasi PLTS PAM Dusun Leran layak untuk dilaksanakan.

(h) *Profitability Index (PI)*

*Profitability Index (PI)* merupakan perbandingan seluruh kas bersih nilai sekarang dengan biaya investasi awal [11].

$$PI = \frac{Rp. 200.395.528}{Rp. 54.528.300} = 3,6$$

*Profitability Index (PI)* bernilai 3,6 (>1) yang berarti investasi layak untuk dilaksanakan.

(i) *Discounted Payback Period (DPP)*

*Discounted Payback Period* adalah periode waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek. Dalam penelitian ini diketahui bahwa *year before recovery* terjadi pada tahun ke-4, biaya investasi awal sebesar Rp. 54.528.300. dan seluruh arus kas bersih nilai sekarang (K-PVNCf) sebesar Rp.200.395.528. Maka perhitungan DPP adalah sebagai berikut [11]:

$$DPP = 4 + \frac{Rp. 54.528.300}{Rp. 200.395.528} = 4,3 \text{ tahun} = 4 \text{ tahun } 4 \text{ bulan}$$

Nilai DPP 4 tahun 4 bulan lebih kecil dari umur PLTS (25 tahun), sehingga investasi PLTS Pompa Air Minum Dusun Leran layak untuk dilaksanakan. Periode pengembalian modal dapat dilihat pada grafik *Net Present Value* pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram *Net Present Value*

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya didapatkan kesimpulan :

1. Hasil pembahasan desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) didapatkan hasil bahwa dengan daya pompa air sebesar 2,573 kW dapat dipasang

modul surya Risen RSM72-6-335P sebanyak 10 modul dan inverter Solis 1P4K-4G dengan kapasitas 4 kW. Modul surya disusun dengan konfigurasi 5 seri-2 paralel dengan tipe pemasangan fixed menghadap utara dengan sudut kemiringan modul sebesar 16°.

2. Hasil simulasi PVsyst menunjukkan PLTS PLTS menghasilkan energi sebesar 4,194 MWh/tahun dengan nilai solar fraction sebesar 1,28 yang berarti bahwa energi yang dihasilkan PLTS mampu mencukupi kebutuhan energi listrik pompa air karena nilai solar fraction lebih besar dari 1.
3. Hasil kajian investasi menunjukkan perhitungan *Net Present Value* sebesar Rp.145.867.228 yang artinya investasi dianggap layak karena lebih besar dari 0, *Profitability Index* sebesar 3,6 yang berarti investasi dianggap layak karena karena lebih besar dari 1 dan *Discounted Payback Period* selama 4,3 tahun yang artinya investasi dianggap layak karena pengembalian biaya investasi awal terjadi sebelum umur PLTS berakhir.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2017. Rencana Umum Energi Nasional. Jakarta: Kementerian ESDM
- [2] Rencana Umum Energi Daerah Provinsi Jawa Timur (RUEND Jawa Timur). 2019.
- [3] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2019. Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2019-2038. Jakarta: Kementerian ESDM
- [4] Wulandari, I.P dan Tauran. 2016. "Evaluasi Program Penyediaan Fasilitas Air Bersih Berbasis Pengelolaan Masyarakat Di Desa Sendangharjo Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro". *Jurnal PUBLIKA Vol. 4, No.4*.
- [5] National Aeronautics and Space Administration. 2020. NASA Prediction of Worlwide Energy Resources. <https://power.larc.nasa.gov/>. Diakses 16 Nopember 2020.



- [6] Ariawan, I.G.A.J, Giriantari, I.A.D, Sukerayasa, I.W. 2021. "Perancangan PLTS Atap di Gedung Graha Sewaka Dharma". *Jurnal SPEKTRUM Vol. 8, No.3*.
- [7] Sastradiangga, I.M.A, Giriantari, I.A.D, Sukerayasa, I.W. 2020. "Solar PV Plant as a Replacement for Power Supply of Irrigation Water Pump". *International Journal of Engineering and Emerging Technology Vol. 5, No.2*
- [8] Peraturan Menteri ESDM 49: 2018. Penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga surya atap oleh konsumen PT PLN, KESDM 2018
- [9] Pangaribuan, B.M, Girintari, I.A.D, Sukerayasa, I. W. 2020. "Desain PLTS Atap Kampus Universitas Udayana: Gedung Rektorat". *Jurnal SPEKTRUM Vol. 7, No.2*
- [10] Indrawan, I.P.E, Hartati, R.S, Linawati. 2013. "Desain *Photovoltaic Stand Alone* Sebagai Catu Daya pada Rase *Transceiver Station* Telekomunikasi di Pulau Nusa Penida". *Jurnal Majalah Ilmiah Teknik Elektro Vol. 12, No. 1*
- [11] Halim, A. 2009. Analisis Kelayakan investasi Bisnis. Yogyakarta: Graha Ilmu