

Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Kandang Ayam Broiler *Close House* Kabupaten Magetan

Planning for Solar Power Generation in Broiler Chicken Cage Close House Magetan Regency

Muchlas Tetuko Prihatmoko¹, Irna Tri Yuniahastuti^{2*}, Ina Sunaryantiningsih³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Madiun

E-mail: muchlas_1905105017@mhs.unipma.ac.id¹, irnatri@unipma.ac.id^{2*},
inas@unipma.ac.id³.

email correspondent : irnatri@unipma.ac.id*

Disubmit : 23-08-2023; Direvisi: 29-08-2023; Dipublikasikan:31-12-2023

Abstrak

Energi merupakan kebutuhan mendasar bagi semua manusia. Namun, pasokan energi saat ini sedang menurun. Apabila tidak ditangani secepat mungkin, tidak menutup kemungkinan akan terjadinya krisis energi. Kandang ayam broiler *close house* di kabupaten Magetan ini memerlukan banyak energi listrik untuk beroperasi. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di kandang ayam broiler *close house* desa Belotan, kecamatan Bendo, kabupaten Magetan bertujuan untuk menyuplai daya listrik di kandang ayam, agar energi tetap terjamin dengan baik serta menjaga peralatan listrik dapat bekerja maksimal. Besar daya listrik keseluruhan untuk kandang ayam broiler sebesar 16.310 Watt sedangkan besarnya energi harian untuk kandang ayam broiler sebesar 328.080 Wh. Komponen sistem PLTS yang diperlukan untuk kebutuhan daya listrik keseluruhan di kandang ayam broiler adalah 330 panel surya 200 Wp, 13 buah *charge controller* kapasitas 5,2 kW, 432 buah baterai 1000 Ah dan 12 unit inverter 6 kW. Berdasarkan aspek ekonomis, Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini membutuhkan biaya investasi sebesar Rp. 3.414.606.800. Hasil perhitungan NPV yang bernilai positif sebesar Rp. 456.588.302 menunjukkan bahwa investasi PLTS layak untuk dilaksanakan.

Kata kunci: *Close House*, Energi terbarukan, Panel Surya

Abstract

Energy is a basic need for all humans. However, the energy supply is currently in decline. If it is not handled as quickly as possible, it is possible that an energy crisis will occur. This close house broiler chicken coop in Magetan district requires a lot of electrical energy to operate. Planning for a Solar Power Plant in a broiler chicken coop close house in Belotan village, Bendo sub-district, Magetan district aims to supply electrical power in the chicken coop, so that energy is properly guaranteed and keeping electrical equipment working optimally. The total electrical power for the broiler coop is 16,310 Watt while the amount of daily energy for the broiler coop is 328,080 Wh. The components of the PLTS system needed for the overall electrical power requirements in the broiler coop are 330 200 Wp solar panels, 13 charge controllers with a capacity of 5.2 kW, 432 1000 Ah batteries and 12 6 kW inverter units. Based on the economic aspect, this Solar Power Plant Planning requires an investment cost of Rp. 3,414,606,800. The results of the calculation of the positive NPV are Rp. 456,588,302 indicates that the PLTS investment is feasible.

Keywords: *Close House*, Renewable energy, Solar Panels, *Close House*

PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan mendasar bagi semua manusia. Sebagian besar energi sekarang ini menggunakan bahan bakar fosil, termasuk batu bara, minyak bumi, dan gas [1]. Namun, pasokan energi saat ini sedang menurun. Apabila tidak ditangani secepat mungkin, akan mengakibatkan adanya krisis energi. Ketiadaan energi listrik akan sangat mengganggu keberlangsungan aktivitas manusia [2]. Sekarang ini listrik memainkan peran penting dalam setiap aspek aktivitas manusia di seluruh dunia, termasuk industri, tempat kerja, lembaga pendidikan, dan sejumlah fasilitas lainnya. Energi listrik ini berasal dari berbagai macam-macam pembangkit listrik yang sumber energinya berbeda, tergantung pada jenis pembangkit listrik itu sendiri. Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) lebih banyak digunakan di daerah terpencil karena memiliki keunggulan secara ekonomi, teknis, dan sifat yang baik [3]. Kebutuhan energi yang terus meningkat dapat dijadikan tolak ukur kesejahteraan manusia, tetapi juga akan mempersulit upaya pemenuhan kebutuhan tersebut [4].

Indonesia memiliki potensi penyinaran matahari rata-rata sekitar 4,8 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% [5]. Tentu saja, mengingat pentingnya masalah yang terkait dengan pembangkitan listrik dari bahan bakar fosil, ada banyak potensi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik jika diperhatikan. Mengingat potensi energi surya yang sangat besar, maka perlu dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan implementasi program EBT pemerintah untuk memenuhi kebutuhan listrik yang terus meningkat. Potensi energi terbarukan di Indonesia antara lain energi matahari, angin, mikrohidro, panas bumi, biomassa, gelombang dan arus laut dan lain-lain [6].

Energi alternatif ini harus diciptakan mengingat melimpahnya sumber energi listrik terbarukan yang tersedia saat ini [7]. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit daya selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi [8]. Pemanfaatan PLTS sebagai sumber energi alternatif sudah semakin meningkat dari tahun ke tahun khususnya di Indonesia [9]. Penggunaan sistem *close house* mengharuskan penggunaan banyak komponen listrik yang cukup besar. Keunggulan kandang tipe *close house* yaitu daya tampung lebih banyak, ayam lebih terlindungi dari gangguan luar baik fisik, cuaca, maupun serangan penyakit, terhindar dari polusi, keseragaman ayam lebih baik, dan pakan lebih efisien [10]. Sistem kelistrikan bangunan kandang ayam *close house* menggunakan blower untuk menarik dan mengeluarkan udara dari kandang, memastikan sirkulasi udara yang baik. Komponen kelistrikan ini membutuhkan banyak energi listrik untuk beroperasi, yang menimbulkan biaya listrik setiap bulannya yang cukup mahal. Biaya listrik di kandang ayam broiler ini sekitar 12-14 juta per bulannya. Tarif tenaga listrik dari PLN pada tahun 2023 untuk batas daya 6.600 VA ke atas adalah sebesar Rp. 1.444,70. Maka membutuhkan pembangkit listrik yang sumber energinya dapat dengan mudah dijangkau di lingkungan kandang dengan

menggunakan sumber energi alternatif dan ramah lingkungan untuk menurunkan konsumsi dan biaya penggunaan energi listrik. Merencanakan PLTS relatif sangat sederhana dibandingkan dengan jenis pembangkit listrik lain atau konvensional [11]. Pemanfaatan cahaya matahari sudah banyak digunakan dengan mengkonversinya menjadi energi listrik, tetapi belum banyak yang menjelaskan berapa besar rupiah yang dapat kita hemat dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi [12]. PLTS ini diharapkan mampu untuk mengganti energi listrik dari PLN di kandang ayam broiler kabupaten Magetan. Karena intensitas sinar matahari yang tinggi di kabupaten Magetan, sel surya ini berpotensi untuk dikembangkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di kandang ayam broiler *close house* di desa Belotan, kecamatan Bendo, kabupaten Magetan. Objek penelitian ini adalah atap kandang ayam broiler *close house* sebagai tempat perencanaan pembangunan pembangkit listrik tenaga surya. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan observasi secara langsung di kandang ayam broiler di desa Belotan, kecamatan Bendo, kabupaten Magetan. Peneliti juga melakukan wawancara dengan anak buah kandang (ABK) yang merawat ayam broiler langsung di kandang. Wawancara juga dilakukan secara langsung dengan menemui pemilik kandang ayam broiler tersebut. Data yang didapat dari hasil observasi lapangan adalah data yang masih berupa angka sehingga perlu dilakukan pengolahan data sebagai berikut.

Analisa Data

Menghitung Area Array (PV Area)

Luas *array* dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$PV_{area} = \frac{W}{G_{av} \times \eta_{pv} \times TCF \times \eta_{out}} \quad (1)$$

Dimana :

PV_{area} = Luas *array* (m²)

W = Besar pemakaian energi listrik (kWh)

G_{av} = Nilai isolasi harian matahari (kWh/m²)

η_{pv} = Efisiensi modul surya (%)

TCF = Faktor koreksi suhu

η_{out} = efisiensi keluaran (%)

[13]

Menghitung Daya Yang Dibangkitkan PLTS (*Wattpeak*)

Untuk menentukan besarnya daya yang dihasilkan oleh PLTS (*Watt peak*) dari perhitungan area *array*, menggunakan rumus berikut ini.

$$P_{\text{Wattpeak}} = \text{area array} \times \text{PSI} \times \eta_{pv} \quad (2)$$

Dimana :

P_{Wattpeak} = Besar daya yang dibangkitkan PLTS (*Wattpeak*)

PSI = *Peak Sun insolation* (PSI) adalah 1000 W/m²

[13]

Menghitung Jumlah Panel Surya

Dalam menghitung jumlah panel surya yang akan dipakai, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{P_{\text{wattpeak}}}{P_{\text{mpp}}} \quad (3)$$

Dimana :

P_{mpp} = Daya maksimum panel surya yang digunakan (W)

P_{Wattpeak} = Daya yang dihasilkan (W)

[13]

Menghitung Kapasitas Baterai

Satuan energi (dalam Wh) diubah menjadi Ah yang sesuai dengan satuan kapasitas baterai sebagai berikut.

$$C = \frac{WXAD}{(DOD \times V_s)} \quad (4)$$

Dimana :

C = Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)

DOD (*Deep od Discharge*) = Kedalaman kapasitas baterai

AD = *Autonom Days* (Hari Otonomi)

V_s = Tegangan Sistem

[13]

Menghitung Kapasitas *Charge Controller*

Daya maksimum yang mampu dihasilkan oleh *array* surya serta arus yang meninggalkan susunan digunakan untuk menghitung kapasitas *charge controller*. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa *charge controller* dapat terus menangani arus yang dihasilkan oleh panel surya dan mendistribusikan daya maksimum yang dihasilkan.

Menghitung Inverter

Spesifikasi untuk inverter dimodifikasi berdasarkan *charge controller* yang

dipilih. Tegangan AC nominal yang digunakan adalah 220 Volt, dan tegangan *input* dan *output* dari inverter diketahui berdasarkan tegangannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Beban

Data daya yang diperlukan untuk pengoperasian kandang ayam broiler *close house* sehari-hari.

Tabel 1 Data Beban Kandang Ayam

No	Peralatan	Jumlah	Daya (Watt)	Total Daya (Watt)	Lama Pemakaian /Jam	Pemakaian Energi (Wh)
1.	Lampu lantai 1	52	5	260	24	6.240
2.	Lampu lantai 2	52	5	260	24	6.240
3.	Lampu lantai 1	20	20	400	24	6.240
4.	Lampu lantai 2	20	20	400	24	6.240
5.	Blower (Kipas) Lantai 1	5	1.200	6.000	24	144.000
6.	Blower (Kipas) Lantai 2	5	1.200	6.000	24	144.000
8.	Pompa Air	1	1.500	1.500	6	9.000
9.	Lampu Samping	6	5	30	12	360
10.	Lampu Luar	1	30	30	12	360
11.	Lampu dalam	1	30	30	12	360
12.	Lampu gudang	4	5	20	12	240
13.	Pemanas	3	50	150	12	1.800
14.	Lhifft untuk menaikkan pakan	1	1.200	1.200	2	2.400
15.	Kipas Angin	1	50	50	12	600
TOTAL				16330	224	328.080

Radiasi Matahari Kabupaten Magetan

Tabel 2 Radiasi Matahari Kabupaten Magetan [14]

Bulan	Lama Penyinaran Matahari (kWh/m ²)
Januari	4.6
Februari	4.5
Maret	4.7
April	4.8

Mei	5.1
Juni	5.2
Juli	5.7
Agustus	6.3
September	6.7
Oktober	6.3
November	5.2
Desember	4.8
Rata-rata	5.3

Tabel 3 Suhu Udara Kabupaten Magetan [14]

No	Bulan	Suhu (° C)		
		Rendah	Tinggi	Rata-rata
1.	Januari	22	29	25
2.	Februari	22	29	25
3.	Maret	22	29	25
4.	April	22	30	26
5.	Mei	22	30	26
6.	Juni	21	30	25
7.	Juli	20	30	25
8.	Agustus	20	31	25
9.	September	21	32	26
10.	Oktober	22	32	26
11.	November	22	31	26
12.	Desember	22	30	25

Menentukan luas *array* (PV area)

Berdasarkan perkiraan beban harian, listrik di kandang ayam broiler *close house* digunakan selama 24 jam. Daya yang diperlukan kandang ayam adalah 16.310 Watt, maka energi yang dibutuhkan kandang ayam sebesar 328.080 Wh. Untuk nilai isolasi harian matahari (G_{av}) digunakan nilai radiasi rata rata kabupaten magetan adalah 5,3 kWh/m².

Dan berdasarkan Tabel 3 suhu tertinggi wilayah kabupaten Magetan terjadi pada bulan September dan Oktober yaitu 32 °C. Suhu paling rendah terjadi pada bulan juli dan Agustus yaitu 20 °C. Berdasarkan karakteristik modul surya memiliki kapasitas 200 Wp dan efisiensi modul 16%. Perhitungan kemudian digunakan untuk menentukan berapa banyak daya yang hilang ketika suhu di sekitar panel surya naik 7 °C di atas suhu biasa (25 °C).

P saat naik 7°C = 0.5% per°C x P_{mpp} x T (°C)

$$P \text{ saat naik } 7^{\circ}\text{C} = 0.5\% \text{ per}^{\circ}\text{C} \times 200\text{W} \times 7^{\circ}\text{C}$$

$$P \text{ saat naik } 7^{\circ}\text{C} = 7 \text{ W}$$

Saat suhu mencapai 32°C , tingkat energi surya siang hari maksimum dicapai, dihitung dengan persamaan berikut.

$$P_{mpp} \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}\text{C} = P_{mpp} - P \text{ saat } t \text{ naik } ^{\circ}\text{C}$$

$$P_{mpp} \text{ saat } t = 32^{\circ}\text{C} = 200 \text{ W} - 7 \text{ W}$$

$$P_{mpp} \text{ saat } t = 32^{\circ}\text{C} = 193 \text{ W}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maksimum modul surya pada suhu 32°C . Nilai TCF dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{TCF} = \frac{P_{mpp} \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}\text{C}}{P_{mpp}}$$

$$\text{TCF} = \frac{193 \text{ W}}{200 \text{ W}}$$

$$\text{TCF} = 0,965$$

$$\text{TCF} = 0,97$$

Nilai efisiensi *output* (η_{out}) ditentukan oleh nilai efisiensi inverter (98%) dan efisiensi *charge controler* (99%), sehingga nilai efisiensi outputnya adalah 97%. Jadi, untuk mendapatkan luas *array* PV dengan mensubstitusikan nilai energi listrik yang dibutuhkan (W), rata-rata isolasi matahari (G_{av}), efisiensi PV (η_{pv}), dan efisiensi *output* (η_{out}) ke dalam persamaan.

$$PV_{area} = \frac{328.080 / 1000}{5,3 \times 0,16 \times 0,97 \times 0,97}$$

$$PV_{area} = 411,23 \text{ m}^2$$

$$PV_{area} = 412 \text{ m}^2$$

Menghitung Daya Yang Dibangkitkan PLTS (*Watt-peak*)

Persamaan (2.2) dapat digunakan untuk menentukan besarnya daya yang dihasilkan PLTS (*Watt peak*) berdasarkan perhitungan *array area*. *Peak sun insolation* (PSI) adalah 1000 w/m^2 untuk area *array* 412 m^2 , dan efisiensi modul surya adalah 16%.

$$P_{\text{Wattpeak}} = \text{area array} \times \text{PSI} \times \eta_{pv}$$

$$P_{\text{Wattpeak}} = 412 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ w/m}^2 \times 0,16$$

$$P_{\text{Wattpeak}} = 65.920 \text{ Watt peak}$$

Menentukan Jumlah Panel Surya

Pada perencanaan PLTS ini, panel surya yang digunakan adalah tipe

Monocrystalline. Dengan kapasitas daya sebesar 200 Wp.

Tabel 4 Spesifikasi Panel Surya

<i>Modul Type</i>	Mono 12 BB 182 Cell
<i>Maximum Power Voltage (Vmp)</i>	18,24 V
<i>Maximum Power Current (Imp)</i>	10,97 A
<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	21,8 V
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	11,73 A
<i>Maximum Power (Pmax)</i>	200 Wp
<i>Modul Efficiency</i>	16 %
<i>Cell Tehcnology</i>	Mono-Si
<i>STC</i>	1000 W/m ² .25C. AM 1.5
<i>Dimensions</i>	129x76x3,5 cm
<i>Power Tolarance</i>	0-5 %

Panel surya yang dirancang dengan kapasitas P_{mpp} 200 Wp digunakan untuk

PLTS yang dibuat di kandang ayam ini. Oleh karena itu, berdasarkan pada kapasitas ini, jumlah panel surya yang dibutuhkan adalah :

$$\text{Jumlah Panel surya} = \frac{P_{\text{Wattpeak}}}{P_{\text{mpp}}}$$

$$\text{Jumlah Panel surya} = \frac{65.920 \text{ Watt Peak}}{200 \text{ Watt Peak}}$$

$$\text{Jumlah Panel surya} = 329,6$$

$$\text{Jumlah Panel surya} = 330 \text{ Panel Surya}$$

Menentukan Jumlah Baterai

Jenis baterai Kijo OPzV-2-1000 digunakan dalam sistem perencanaan ini. Baterai ini dipilih karena sangat efisien dan memiliki umur pakai yang lebih lama dibandingkan jenis baterai lainnya.

Tabel 5 Spesifikasi Baterai

<i>Type</i>	<i>Kijo OPzV-2-1000</i>
<i>Capacity</i>	1000 Ah
<i>Weight</i>	78 kg
<i>Dimension</i>	211 x 233 x 678 mm

Dalam penelitian ini, kapasitas baterai ditentukan dengan menggunakan energi listrik 328,08 kWh yang dibutuhkan oleh kandang ayam selama 24 jam. Faktor-faktor berikut harus diperhitungkan saat menghitung kapasitas baterai:

1. DOD (*Deep of Discharge*), yang mengacu pada 80% kedalaman kapasitas baterai yang dapat digunakan.
2. *Autonom Days*, yaitu faktor kondisional yang menentukan berapa lama (dalam hari) modul surya akan menerima energi yang tidak mencukupi jika cuaca tidak

mendukung selama beberapa hari atau energi matahari tidak dalam kondisi terbaiknya. 2 hari adalah jumlah hari penyimpanan yang diantisipasi.

3. Efisiensi baterai 98% baterai

Maka, besar kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah :

$$C = \frac{328,08 \text{ kWh} \times 2}{0,8 \times 48 \text{ V}} \text{ Ah}$$

$$C = 17.307,5 \text{ Ah} : 0,98$$

$$C = 17.436 \text{ Ah}$$

Baterai perencanaan sistem memiliki kapasitas 1000 Ah dan tegangan nominal 2 V. Oleh karena itu, baterai harus diatur agar nilai Ah dan tegangan sistem (48 V). Ada 24 unit baterai yang dipasang secara seri, dan baterai yang dipasang secara paralel sebanyak :

$$\text{Susunan paralel} = \frac{17.436 \text{ Ah}}{1000 \text{ Ah}}$$

$$\text{Susunan paralel} = 17,4$$

$$\text{Susunan paralel} = 18$$

Maka, jumlah baterai yang dibutuhkan untuk sistem ini sebanyak 432 buah.

Menentukan Jumlah *Charge Controller*

Sistem PLTS ini menggunakan *charge controller* tipe MPPT100.

Tabel 6 Spesifikasi *Charge Controller*

<i>Capacity</i>	5,2 kW
<i>Vmp of PV</i>	64-150 Vdc
<i>Voc</i>	<150 Vdc
<i>Charging Current</i>	100 A
<i>Nominal Battery Voltage</i>	48 Vdc

Kapasitas *charge controller* ditentukan berdasarkan daya maksimum yang dapat dihasilkan *array* surya, yaitu 65,9 kWp. *Charge controller* memiliki kapasitas penghantaran daya sebesar 5,2 kW, oleh karena itu diperlukan 13 unit *charge controller* pada sistem perencanaan ini.

Menentukan Kapasitas Inverter

Inverter yang digunakan untuk rancangan sistem PLTS ini dengan tipe *Pure Sine Wave* memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 7 Spesifikasi Inverter

<i>Rated Power</i>	6 Kw
<i>Nominal Voltage</i>	48 V
<i>Efficiency</i>	98 %
<i>Dimensions</i>	35.8 x 18 x 13.5 cm
<i>Frequency</i>	50 Hz

Kapasitas inverter ditentukan dengan memodifikasi kapasitas *charge controller* atau dengan memilih inverter yang dapat menghasilkan output daya

maksimum panel surya sebesar 65,9 kWp. Diperlukan 12 inverter untuk sistem perencanaan ini karena inverter yang dipilih memiliki kapasitas 6 kW.

Investasi Awal

Biaya investasi awal untuk PLTS yang akan direncanakan di kandang ayam broiler *close house* di desa belotan, kecamatan bendo, kabupaten Magetan mencakup biaya untuk komponen sistem PLTS serta biaya instalasinya. Besar biaya investasi awal dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 8 Biaya investasi awal PLTS

No	Komponen	Jumlah	Harga Satuan	Total Harga (Rp)
1.	Panel Surya 200 Wp	330	1.189.000	392.370.000
2.	Baterai 1000 Ah	432	6.700.000	2.894.400.000
3.	Charge Controller 5,2 kW	13	3.250.000	42.250.000
4.	Inverter 6 kW	12	3.798.900	45.586.800
Biaya Instalasi				40.000.000
TOTAL				3.414.606.800

Biaya Pemeliharaan dan Operasional

Biaya pemeliharaan dan operasional per tahun untuk PLTS dihitung sebesar 1% sampai 2 % dari total biaya investasi awal. Besar persentase tersebut memperhitungkan biaya pemeliharaan dan pemeriksaan bagian komponen peralatan, serta pembersihan panel surya. Biaya pemeliharaan dan operasional (M) untuk studi ini ditetapkan sebesar 1% dari total biaya investasi awal.

$$M = 1\% \times \text{total biaya investasi}$$

$$M = 0.01 \times \text{Rp. } 3.414.606.800$$

$$M = \text{Rp. } 34.146.068 / \text{tahun}$$

Menghitung Biaya Siklus Hidup PLTS (*Life Cycle Cost*)

Biaya siklus hidup (LCC) pada sistem PLTS ditentukan oleh total biaya sistem saat ini, yang terdiri dari biaya untuk investasi awal (C), biaya jangka panjang pemeliharaan, biaya operasional, dan pemeliharaan komponen (Mpw). PLTS yang akan dibangun dalam studi ini diperkirakan akan beroperasi selama 25 tahun. Biaya proyek didasarkan pada jaminan yang disediakan oleh produsen panel surya. Batas diskonto (i) yang digunakan untuk mengurangi kuotasi saat ini dalam penelitian ini adalah sekitar 5%. Ambang batas pencairan yang dimaksud

sesuai dengan ambang batas kredit suku bunga Bank Indonesia bulan Desember tahun 2022 yang rata-rata sekitar 5% [15].

Persamaan berikut digunakan untuk menentukan *present value* biaya pemeliharaan dan operasional (Mpw) PLTS selama umur proyek 25 tahun dengan tingkat diskonto 5,5%.

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

Mpw (5,5%25)

$$= \text{Rp. } 34.146.068 \left[\frac{(1+0,055)^{25} - 1}{0,055(1+0,055)^{25}} \right]$$

$$= \text{Rp. } 34.146.068 \times 13,4158$$

$$= \text{Rp. } 458.096.819$$

setelah mendapatkan biaya operasi dan pemeliharaan bulanan (Mpw). Biaya siklus hidup PLTS (LCC), yang akan dibuat sepanjang masa hidup proyek selama 25 tahun, adalah sebagai berikut.

$$\text{LCC} = C + \text{Mpw}$$

$$\text{LCC} = 3.414.606.800 + 458.096.819$$

$$\text{LCC} = \text{Rp. } 3.872.703.619$$

Menghitung Biaya Energi PLTS (*Cost of Energy*)

Menghitung biaya energi PLTS (*cost of energy*) yang didasarkan pada faktor pemulihan modal (CRF), biaya siklus hidup (LCC), dan kWh produksi tahunan. Persamaan berikut menentukan faktor pemulihan modal untuk mengubah semua arus kas biaya siklus hidup menjadi daftar biaya tahunan.

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

$$\text{CRF} = \frac{0,055(1+0,055)^{25}}{(1+0,055)^{25} - 1}$$

$$\text{CRF} = \frac{0,2097}{2,8133}$$

$$\text{CRF} = 0,0745$$

Sedangkan kWh produksi tahunan adalah sebagai berikut.

A kWh = kWh produksi sehari x Jumlah hari selama setahun

$$A \text{ kWh} = 328,08 \times 365$$

$$A \text{ kWh} = 119.749 \text{ kWh}$$

Setelah didapatkan nilai LCC, CR, dan kWh produksi tahunan, berikut adalah biaya energi (CoE) untuk perancangan sistem PLTS ini.

$$\text{CoE} = \frac{\text{LCC} \times \text{CRF}}{A \text{ kWh}}$$

$$\text{CoE} = \frac{3.872.703.619 \times 0,0745}{119.749}$$

$$\text{CoE} = \text{Rp. } 2.409,34$$

CoE = Rp 2.410 / kWh

Analisis Kelayakan Investasi

Kelayakan investasi PLTS dinilai berdasarkan hasil perhitungan *Net Present Value* (NPV). Biaya energi sebesar Rp 2.410 / kWh. Besar produksi tahunan sebesar 119.749 kWh. Arus kas masuk tahunan adalah Rp. 288.595.090. Biaya pemeliharaan dan pengoperasian tahunan PLTS digunakan untuk menghitung pengeluaran tahunan sebesar Rp. 34.146.068.

Net Present Value (NPV)

Persamaan berikut digunakan untuk menentukan metode *Net Present Value*.

$$NPV = \left(\sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} \right) - IA$$

Hasil perkalian *Net Cash Flow* (NCF) dengan faktor diskonto (DF) adalah sebesar $\left(\sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} \right)$ adalah sebesar Rp. 3.871.195.102. Sehingga dengan biaya investasi

awal (IA) sebesar Rp. 3.414.606.800 maka besar nilai NPV adalah:

$$NPV = \text{Rp. } 3.871.195.102 - 3.414.606.800$$

$$NPV = \text{Rp. } 456.588.302$$

Hasil perhitungan NPV yang bernilai positif sebesar Rp. 456.588.302 (>0), menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dikembangkan tersebut layak untuk dilaksanakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di kandang ayam broiler *close house* kabupaten Magetan yang dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknik dan ekonomi. Besar daya listrik keseluruhan untuk kandang ayam broiler sebesar 16.310 Watt sedangkan besarnya energi harian untuk kandang ayam broiler sebesar 328.080 Wh. Komponen sistem PLTS yang diperlukan untuk kebutuhan daya listrik keseluruhan di kandang ayam broiler adalah 330 panel surya 200 Wp, 13 buah *charge controller* kapasitas 5,2 kW, 432 buah baterai 1000 Ah dan 12 unit inverter 6 kW. Berdasarkan aspek ekonomi, Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini membutuhkan biaya investasi sebesar Rp. 3.414.606.800. Hasil perhitungan NPV yang bernilai positif sebesar Rp. 456.588.302 menunjukkan bahwa investasi PLTS layak untuk dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Prasetya, I. T. Yuniahastuti, and I. Sunaryantiningsih, "PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI GEDUNG LAB TERPADU UNIVERSITAS PGRI MADIUN," *J. ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, no. b, pp. 2-2, 2022.
- [2] A. Gifson, M. Rt Siregar, and M. P. Pambudi, "RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ON GRID DI ECOPARK ANCOL," 2020.

- [3] I. T. Yuniahastuti, I. Anshori, and I. Robandi, "Load frequency control (LFC) of micro-hydro power plant with capacitive energy storage (CES) using bat algorithm (BA)," *Proc. - 2016 Int. Semin. Appl. Technol. Inf. Commun. ISEMANTIC 2016*, pp. 147–151, 2017, doi: 10.1109/ISEMANTIC.2016.7873828.
- [4] F. Hidayat, B. Winardi, and A. Nugroho, "ANALISIS EKONOMI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DI DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS DIPONEGORO," 2019.
- [5] S. Handoko dan Denis and J. H. Soedarto, "ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN PLTS TERPUSAT DENGAN PLTS TERDISTRIBUSI PADA ATAP KANDANG AYAM CLOSED HOUSE DI TUALANG KABUPATEN SERDANG BEDAGAI," 2016. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- [6] A. Pradipta and I. Sunaryantiningsih, "Performance analysis of a standalone hybrid renewable electric generation system during fault condition," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1375, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1375/1/012040.
- [7] H. Eteruddin, J. Sitompul, and M. Putra Halilintar, "Analisis Dan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Kebutuhan Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning," 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer/>
- [8] W. Noviandi and A. Hiendro, "RANCANG BANGUN SOLAR SEL PADA GEDUNG PERKANTORAN SEBAGAI ENERGI LISTRIK ALTERNATIF (Studi Kasus : Gedung Kantor Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sintang Provinsi Kalimantan Barat)," 2019.
- [9] O. Iman Sanjaya, I. Giriantari, and I. N. Satya Kumara, "Oya Iman Sanjaya, IAD Giriantari, I N Satya Kumara Perancangan Sistem Pompa Irigasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Pertanian Subak Semaagung," 2019.
- [10] E. D. Susanti *et al.*, "PERBANDINGAN PRODUKTIVITAS AYAM BROILER TERHADAP SISTEM KANDANG TERBUKA (Open House) DAN KANDANG TERTUTUP (Closed House) DI UD SUMBER MAKMUR KECAMATAN SUMBERREJO KABUPATEN BOJONEGORO," 2016.
- [11] R. Sianipar, "DASAR PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA," vol. 11, pp. 61–78, 2014.
- [12] Z. Tharo and E. Syahputra, "PEMANFAATAN PLTS 500 WP OFF GRID DITINJAU DARI PENYUSUTAN BIAYA TAGIHAN DAN LAMA WAKTU KERJA," Medan-Sabtu, 2021.
- [13] Z. Syamsudin, S. Hidayat, T. Elektro, S. Tinggi Teknik -PIn, Z. A. Id, and S. A. Id, "PERENCANAAN PENGGUNAAN PLTS DI STASIUN KERETA API CIREBON JAWA BARAT," 2017.
- [14] W. Spark, "Iklim dan Cuaca Rata-Rata Sepanjang Tahun di Magetan Indonesia," 2022. <https://id.weatherspark.com/y/122628/Cuaca-Rata-rata-pada-bulan-in-Magetan-Indonesia-Sepanjang-Tahun>.
- [15] B. Indonesia, "BI 7-DAY REVERSE REPO RATE NAIK 25 BPS MENJADI 5,50%: SINERGI MENJAGA STABILITAS DAN MOMENTUM PEMULIHAN," 2022. https://www.bi.go.id/id/publikasi/ruang-media/news-release/Pages/sp_2435022.aspx.