

ANALISIS EKONOMI TEKNIK PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SISTEM *HYBRID* PADA ATAP KANDANG AYAM *CLOSED HOUSE* DI TUALANG KABUPATEN SERDANG BEDAGAI

Ardilla Dwi Budiarta^{*}), Susatyo Handoko dan Ajub Ajulian Zahra

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

^{*}E-mail: ardillabudiarta@alumni.undip.ac.id

Abstrak

Tualang merupakan daerah jauh dari perkotaan dengan banyak sektor peternakan ayam. Untuk menciptakan peternakan yang ideal, diperlukan 20 jam kondisi aktif pemakaian listrik pada peternakan untuk memenuhi kebutuhan ayam, sedangkan jauhnya daerah dari perkotaan membuat pasokan PLN untuk daerah tersebut dirasa masih kurang memadai. Maka dari itu dibutuhkan teknologi lain yang berpotensi menjadi sumber penggunaan energi listrik untuk memenuhi kekurangan energi dari PLN dan juga sebagai upaya penghematan biaya listrik PLN. Penggunaan teknologi sel surya sebagai sumber energi listrik di Indonesia masih sangat minim padahal potensi sumber energi matahari sangat melimpah, seperti pada daerah Tualang ini. Pemanfaatan yang minim sangat disayangkan karena sumber energi fosil semakin lama akan habis. Tugas akhir ini bertujuan menganalisis perencanaan sistem PLTS *Hybrid* dari segi ekonomi dengan menggunakan software HOMER. Metode yang digunakan untuk menganalisis biaya investasi dan arus kas selama investasi, yaitu *Net Present Value* (NPV), *Benefit–Cost Ratio* (B-CR), dan *Discounted Payback Period* (DPP). Hasil perhitungan analisis ekonomi teknik berdasarkan simulasi HOMER menunjukkan penggunaan system PLTS pada atap peternakan ayam *closed house* Tualang ini tidak layak diterapkan. Hal ini dikarenakan biaya penggantian komponen yaitu baterai dan inverter selama masa proyek yang sangat mahal.

Kata kunci: HOMER, PLTS, NPV, B-CR, DPP

Abstract

Tualang is an area far from urban areas with chicken farming sectors. To create an ideal farm, it takes 20 hours of active use electricity on farm to meet the needs of chickens, while the distance from the city makes the supply of PLN for area still inadequate. Therefore, other technologies are needed that can be source of using electrical energy to meet the energy shortage from PLN and as an effort to save PLN electricity costs. The use of solar cell technology as source electrical energy in Indonesia is still minimal even though the potential solar energy sources is abundant, such as in this Tualang area. Minimal utilization is unfortunate because fossil energy sources will eventually run out. This final project aims to analyze planning of PLTS Hybrid system from an economic point of view using HOMER software. Methods used to analyze investment costs and cash flows during investment are NPV, B-CR and DPP. The results of calculation technical economic analysis based on HOMER simulation show that use of PLTS system on roof Tualang closed house chicken farm is infeasible. This is because the cost of replacing components, namely batteries and inverters during the project period is very expensive.

Keywords: HOMER, PLTS, NPV, B-CR, DPP

1. Pendahuluan

Energi terlibat pada semua aspek kehidupan. Saat ini kebutuhan energi yang ada mayoritas terpenuhi oleh energi yang berasal dari bahan bakar fosil, yang merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui sehingga akan terus berkurang dan habis jika digunakan secara terus menerus[1]. Kondisi cadangan energi fosil yang terus berkurang menjadikan Pemerintah agar lebih

meningkatkan fungsi energi baru dan terbarukan secara nyata sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Berdasarkan PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target sebaran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 minimal 23% dan 31% pada tahun 2050[2]. Indonesia memiliki potensi energi baru terbarukan yang relatif besar agar mencapai target sebaran energi tersebut. Potensi energi baru terbarukan dengan total 442 GW dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dan pemanfaatan EBT. Sebesar 8,8 GW

untuk pembangkit listrik tahun 2018 atau 14% dari total kapasitas pembangkit listrik yaitu sebesar 64,5 GW[3]. Sebagai negara tropis, Indonesia berpotensi lebih untuk memanfaatkan energi baru terbarukan, khususnya pemanfaatan energi surya

Kurangnya pemanfaatan EBT dalam bidang ketenagalistrikan dikarenakan harga produksi pembangkit EBT yang hingga saat ini masih relatif tinggi dan hal itu menyebabkan sulit bersaingnya dengan pembangkit fosil[2]. Jika pemanfaatan EBT tidak dikembangkan dan hanya mengandalkan bahan bakar fosil, maka tidak menutup kemungkinan akan terjadinya krisis energi[3]. Pemanfaatan energi surya di Indonesia adalah salah satu alternatif yang dapat diterapkan sebagai solusi permasalahan ini mengingat Indonesia adalah negara dengan potensi cahaya matahari yang tinggi.

Kelurahan Tualang merupakan salah satu daerah dengan mayoritas penduduknya bekerja sebagai peternak ayam[4]. Namun masih terdapat beberapa permasalahan untuk memenuhi kebutuhan peternakan ayam di daerah tersebut, antara lain kurang maksimalnya pasokan aliran listrik PLN dan besarnya biaya pemakaian listrik untuk memenuhi kebutuhan peternakan selama kurang lebih 20 jam setiap harinya[5]. Dikarenakan Sumatera Utara berposisi di garis Khatulistiwa dengan intensitas radiasi matahari yang cukup tinggi, menjadikan PLTS sebagai alternatif untuk solusi perencanaan kebutuhan energi listrik pada usaha peternakan ayam pedaging di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara, sebagai solusi antisipasi gangguan dan menjaga peralatan listrik agar dapat bekerja secara maksimal.

Berdasarkan keterkaitan data dengan pemanfaatan PLTS, Pemasangan dan penerapan PLTS skala besar membutuhkan suatu metode perancangan dan perencanaan. Perencanaan PLTS dibutuhkan untuk pemasangan yang lebih efektif sehingga tidak ada kerugian kedepannya. Salah satu cara perencanaan yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan simulasi awal dengan program ataupun *software*. Program atau *software* yang dapat digunakan sebagai perencanaan PLTS adalah *Microsoft Excel* dan HOMER.

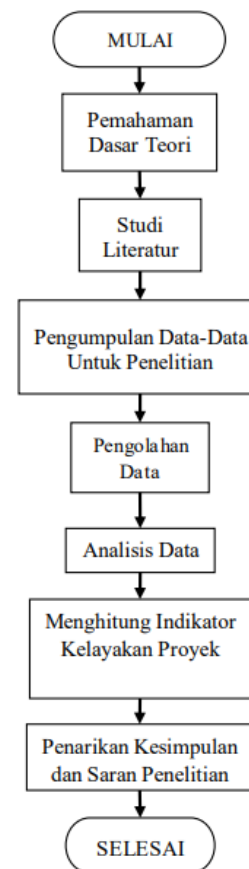
Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dalam Tugas Akhir ini penulis membahas mengenai “Analisis Ekonomi Teknik Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem *Hybrid* pada Atap Kandang Ayam *Closed House* di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai”.

2. Metode

2.1. Perencanaan dan Simulasi

Diagram alir dari Tugas Akhir dengan judul “Analisis Ekonomi Teknik Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem *Hybrid* pada Atap Kandang Ayam *Closed*

House di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai” ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa berawal dari pemahaman dasar teori tentang pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), seperti macam-macam PLTS, prinsip kerja PLTS serta komponen-komponen lainnya. Kemudian perlu pemahaman Ekonomi Teknik, karena ini akan menjadi aspek penentu kelayakan investasi. Membaca berbagai literatur dan jurnal-jurnal terkait penelitian dilakukan guna memahami dasar-dasar teori tersebut. Hal yang dilakukan setelah memahami dasar-dasar teori adalah pengumpulan data-data terkait penelitian seperti jumlah beban pada tiap jam setiap harinya, komponen yang akan dipakai, intensitas radiasi matahari, dan lain-lain. Pengolahan data seperti besar daya yang dibutuhkan dilakukan dengan *software HOMER* yang nantinya akan dianalisis secara ekonomi. Kemudian divalidasi dengan perhitungan *Microsoft Excel*. Dengan mengetahui besar biaya investasi, kita dapat membuat arus kas untuk investasi. Dari arus kas ini dapat mengetahui pendapatan selama umur proyek, dengan demikian dapat ditentukan tingkat kelayakan investasi dengan analisis kelayakan ekonomi. Metode penentuan analisis kelayakan ekonomi yang digunakan adalah *Net Present Value (NPV)*, *Benefit-Cost Ratio (B-CR)*, dan Metode *Payback Period (PBP)*. Dari hasil

analisis ketiga metode tersebut nantinya didapat kesimpulan apakah nantinya investasi dapat diteruskan atau tidak.

2.2. Lokasi Penelitian

Tugas akhir ini menggunakan atap peternakan ayam *closed house* di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai sebagai objek penelitian. Lokasi peternakan tersebut berada di Kecamatan Tualang, Kabupaten Serdang Bedagai, Sumatera Utara. Secara astronomis Universitas Diponegoro terletak pada 03°01'2,5" - 3°46'33" Lintang Utara dan 98°44'22" - 99°19'01" Bujur Timur. Kabupaten Serdang Bedagai memiliki luas area seluas 1.952,38 km². Kabupaten Serdang Bedagai beriklim tropis dengan rata-rata kelembapan udara per bulan sekitar 83%, curah hujan berkisar 27 sampai dengan 248 mm dan hari hujan berkisar 4 sampai dengan 21 hari per bulan dengan periode tertinggi pada bulan November dan periode hari hujan yang besar pada bulan September. Penyinaran matahari rata-rata 51% dengan kecepatan udara rata-rata berkisar 1,8 m/det dengan tingkat penguapan sekitar 3,8 mm/hari. Sedangkan suhu udara per bulan minimum 23,7°C dan maksimum 34,2°C. Lokasi wilayah peternakan dapat dilihat di Gambar 2 yang diambil melalui *website Helioscope* berikut.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

2.3. Pengambilan Data

2.3.1. Profil Beban

Profil beban yang digunakan untuk penelitian adalah data beban pada Peternakan *Closed house* Tualang. Beban yang digunakan sebagian besar adalah lampu dan pompa air untuk memenuhi kebutuhan ternak ayam. Beban tersebut mendapat suplai energi listrik berasal dari PLN, dan apabila terjadi pemadaman listrik maka beban akan disuplai dengan generator set. Selanjutnya, PLTS diharapkan mampu menyuplai energi listrik di Peternakan *Closed house* sehingga dapat menekan biaya pengeluaran untuk biaya listrik dari PLN yang cukup besar. Peternakan

Closed house ini memiliki 3 kandang. Informasi umum beban listrik di area peternakan secara lengkap dapat diperhatikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Profil Beban pada Area Peternakan

Lokasi Kandang	Beban	Daya (Watt)	Durasi (jam)	Total (Wh)
Kandang 1	Lampu	350	20	7000
	Pompa Air	200	2	400
Kandang 2	Lampu	595	20	11900
	Pompa Air	200	4	800
Kandang 3	Lampu	595	20	11900
Total		1940		32000

Berdasarkan data beban pada Peternakan ayam tersebut, diketahui bahwa total beban harian pada Kandang 1 mencapai 550 W, pada Kandang 2 mencapai 795 W dan pada Kandang 3 mencapai 595 W.

2.3.2. Data Intensitas Radiasi Matahari

Tabel 2. Data Intensitas Radiasi Matahari di Tualang

Bulan	Intensitas Radiasi Matahari (kWh/m ² /hari)
Januari	4,41
Februari	5,13
Maret	6,06
April	5,12
Mei	4,61
Juni	4,84
Juli	4,82
Agustus	5,12
September	4,75
Oktober	4,61
November	4,78
Desember	4,19
Rata-rata	4,65

Tabel 3. Data Temperatur di Tualang

Bulan	Temperatur Rata-rata (°C)
Januari	28,61
Februari	29,14
Maret	29,95
April	30,19
Mei	29,75
Juni	29,59
Juli	29,46
Agustus	29,90
September	29,34
Oktober	28,50
November	28,60
Desember	27,96
Rata-rata	29,25

Dalam penelitian tugas akhir ini, digunakan data yang diperoleh dari NASA Prediction of Worldwide Energy Resources[6], intensitas radiasi matahari seperti yang ditampilkan pada Tabel 2 dan temperatur wilayah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 yang dapat digunakan guna mengolah data mengenai potensi pemanfaatan energi matahari menjadi PLTS di area Peternakan Ayam Tualang, Kabupaten Serdang Bedagai. Temperatur suatu wilayah dapat mempengaruhi pengoperasian, efisiensi, dan besar

daya yang dihasilkan oleh panel surya. Suhu ideal untuk pengoperasian panel surya adalah 25° C.

Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa pada tahun 2019 intensitas radiasi matahari tertinggi di lokasi penelitian adalah pada bulan Maret sebesar 6,06 kWh/m²/hari, untuk nilai terendah adalah pada bulan Desember sebesar 4,19 kWh/m²/hari, dan untuk rata-rata tahun 2019 adalah 4,65 kWh/m²/hari. Sedangkan untuk data temperatur diketahui bahwa pada tahun 2019 temperatur rata-rata per bulan di lokasi penelitian sebesar 29,25 °C, dengan suhu terendah terjadi pada bulan Desember sebesar 27,96 °C dan suhu terbesar pada bulan April sebesar 30,19 °C.

2.4. Perencanaan Sistem PLTS

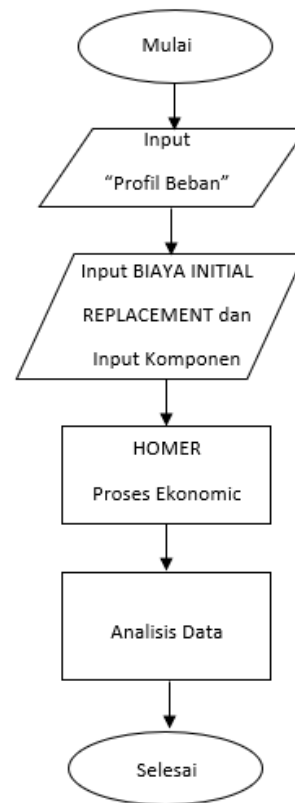
Pembangkit listrik tenaga surya merupakan pembangkit listrik dimana energi matahari dapat menjadi listrik dengan memanfaatkan panel surya sebagai media konversi. Dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Peternakan Ayam Kabupaten Serdang Bedagai ini, setelah dilakukannya identifikasi dan perkiraan beban harian yang digunakan maka tahap selanjutnya adalah perhitungan potensi serta perancangan sistem PLTS yang digunakan. Instalasi panel surya berada pada atap masing-masing kandang. Instalasi tidak memperhitungkan ruang komponen dan kabel, dikarenakan komponen yang digunakan hanya inverter yang dapat ditempatkan pada ruang listrik, sedangkan untuk kabel tidak diperhitungkan dikarenakan perincian untuk jumlah kabel yang digunakan belum bisa dilakukan.

Dengan potensi pemanfaatan energi matahari dan penggunaan konsumsi energi listrik yang non-stop setiap harinya di area peternakan, dipilih sebuah sistem yaitu PLTS sistem *Hybrid*, dimana sumber energi listrik yang digunakan guna mencukupi kebutuhan energi listrik area peternakan tidak hanya dicatu oleh PLTS saja, namun oleh jala-jala PLN. Melalui software HOMER maka jumlah penjualan, pemakaian listrik, modal awal, spesifikasi komponen pendukung, dan beragam parameter lainnya selama periode waktu, dapat diidentifikasi dengan baik. Setelah diperoleh hasil dari simulasi software HOMER, maka dilakukan analisis mengenai ekonomi Teknik Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Peternakan Ayam Kabupaten Serdang Bedagai.

2.5. Analisis Ekonomi Teknik

Analisis ekonomi teknik dalam penelitian ini dilakukan dengan permodelan pada Homer. Permodelan pada Homer ini digunakan untuk menentukan besarnya nilai ekonomi melalui simulasi. Input yang dimasukkan berupa data harian beban, data intensitas radiasi matahari dan temperature, komponen-komponen PLTS beserta harganya. Setelah seluruh komponen sudah diinput dan memilih spesifikasi komponen yang tersedia di katalog,

maka akan langsung muncul harga untuk komponen tersebut. Selanjutnya dilakukan analisis ekonomi dengan simulasi dan perhitungan yang sesuai dengan metode kelayakan ekonomi. Diagram alir permodelan pada Homer ditunjukkan pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Permodelan pada Homer

2.5.1. Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah suatu metode ekonomi teknik yang digunakan untuk menghitung selisih antara nilai investasi dengan nilai kas bersih di masa mendatang. Diperlukan menentukan tingkat bunga yang relevan guna menghitung nilai kas sekarang. Jika selisih nilai kas bersih di masa mendatang dengan nilai investasi sekarang bernilai positif, maka dapat diartikan bahwa proyek menguntungkan karena nilai kas bersih lebih tinggi dibanding biaya investasi sehingga proyek dinyatakan layak. Begitupun sebaliknya jika hasil NPV mempunyai nilai kas penerimaan yang lebih rendah dari nilai investasi maka proyek tersebut tidak menguntungkan[7]. Menghitung NPV dapat dilakukan dengan rumus berikut :

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

Dimana:

- NCF_t = Net Cash Flow periode tahun
- II = Investasi awal (*Initial Investment*)
- i = Tingkat diskonto
- n = Periode dalam tahun (umur investasi)

Pengambilan keputusan layak atau tidaknya suatu investasi dengan metode NPV dapat dilihat dari kriteria sebagai berikut[7] :

- Apabila NPV bernilai positif, maka proyek tersebut dapat dinyatakan layak untuk dilaksanakan karena hasil positif tersebut menunjukkan bahwa perhitungan investasi tersebut telah dapat mencapai kondisi yang menguntungkan sampai dengan periode yang diperhitungkan.
- Apabila NPV bernilai negatif, maka proyek tersebut dapat dinyatakan tidak layak untuk dilaksanakan karena nilai negatif menunjukkan bahwa perhitungan investasi belum dapat mencapai kondisi yang dapat menguntungkan.

2.5.2. Benefit Cost Ratio (B-CR)

Metode *benefit cost ratio* (BCR) merupakan metode tambahan yang digunakan untuk memvalidasi hasil evaluasi yang sudah dihitung dengan metode lainnya. Biasanya digunakan pada tahap evaluasi awal perencanaan investasi. Penekanan dalam metode ini adalah perbandingan aspek manfaat yang diperoleh dengan aspek biaya atau kerugian selama adanya investasi [7].

- Rumus umum
$$BCR = \frac{\text{benefit}}{\text{cost}} \quad (2)$$

- Kriteria keputusan
Pengambilan keputusan layak atau tidaknya suatu investasi dengan metode ini dapat disesuaikan melalui kriteria berikut :
Jika: $BCR \geq 1$ maka investasi layak (*feasible*)
 $BCR < 1$ maka investasi tidak layak

2.5.3. Discounted Payback Period (DPP)

DPP adalah durasi waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal biaya investasi. Dapat didefinisikan pula sebagai suatu periode yang diperlukan guna menutup kembali pengeluaran investasi (*initial cash investment*) dengan menggunakan aliran kas. Merupakan rasio antara pengeluaran investasi dengan aliran kas, dimana hasilnya nanti merupakan satuan waktu. Semakin pendek *Payback Period* dari periode yang diisyaratkan perusahaan, maka proyek investasi tersebut dapat dikatakan layak[7]. Lamanya periode pengembalian adalah:

$$k_{(PBP)} = \frac{\text{Investasi}}{\text{annual benefit}} \times \text{periode waktu} \quad (3)$$

Jika periode waktu DPP menunjukkan hasil yang lebih pendek dari umur proyek, maka investasi dapat dinyatakan layak dan jika periode waktu DPP menunjukkan hasil yang lebih panjang dari umur proyek maka investasi proyek dapat dinyatakan belum layak.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Investasi Awal PLTS

Biaya investasi awal untuk perencanaan sistem PLTS di area peternakan Tualang meliputi: biaya pembelian komponen sistem PLTS, biaya pengiriman dan instalasi sistem PLTS[8]. Sedangkan biaya komponen sistem terdiri dari pembelian panel, baterai dan inverter. Untuk jenis biaya pemasangan rak panel sudah termasuk biaya instalasi sistem PLTS. Komponen yang dibutuhkan seperti yang sudah dibahas pada Bab sebelumnya, antara lain 32 unit Solar Panel Sharp 250 Wp, 1 buah *inverter* 10kW, dan 26 baterai 25,6V 180AH. Informasi mengenai biaya investasi komponen awal sistem didapatkan dari sumber internet. Adapun Tabel 4 di bawah akan mencakup keseluruhan jenis biaya investasi sistem PLTS yang akan dirancang di Peternakan Ayam Tualang, Kabupaten Serdang Bedagai.

Tabel 4. Perhitungan Biaya Investasi Awal Perencanaan PLTS

Nama Komponen	Jumlah	Satuan	Harga	Total Harga
Solar Panel Sharp 250 Wp	32	Buah	Rp 1.395.000	Rp 44.640.000
Baterai 12V 100AH	100	Buah	Rp 1.420.000	Rp 142.000.000
Inverter 10kW	1	Buah	Rp 16.000.000	Rp 16.000.000
Rak Sel Surya	16	Buah	Rp 300.000	Rp 4.800.000
Biaya Pengiriman Panel Surya	1	Kali	Rp 6.500.000	Rp 6.500.000
Biaya Pengiriman Baterai	1	Kali	Rp 50.000	Rp 50.000
Biaya Pengiriman Inverter	1	Kali	Rp 175.000	Rp 175.000
Pemasangan dan Instalasi	1	Hari	Rp 14.000.000	Rp 10.000.000
Total Biaya Investasi				Rp 224.165.000

Perencanaan investasi awal PLTS ini memerlukan biaya sebesar Rp224.165.000 dapat berubah, sesuai dengan harga pasar yang berlaku. Untuk biaya pengiriman ditentukan melalui jasa cek ongkir JNE di internet sesuai dengan *e-commerce* tepat pembelian komponen.

3.2. Perhitungan Biaya O&M Sistem PLTS

Biaya pemeliharaan untuk sistem PLTS setiap tahunnya umumnya diambil dari 1-2% total biaya investasi awal untuk komponen sistem PLTS[8], sehingga biaya operasional per tahun untuk sistem PLTS dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Perhitungan Biaya O&M Sistem PLTS

Nama Komponen	Jml	Satuan	Harga	Total
Solar Panel Sharp 250 Wp	1	Tahun	Rp 446.400	Rp 446.400
Baterai 12V 100AH	1	Tahun	Rp 1.420.000	Rp 1.420.000
Inverter 10000W	1	Tahun	Rp 160.000	Rp 160.000
Total Biaya O&M			Rp	2.026.400

3.3. Biaya Penggantian Komponen

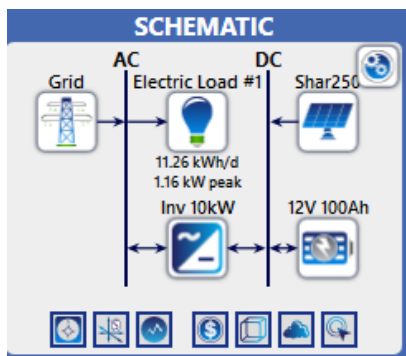
Penggantian komponen perlu dilakukan untuk baterai dan inverter yang memiliki umur kurang dari 20 tahun. Baterai lithium dan inverter yang digunakan memiliki umur penggunaan selama 10 tahun[9], maka dalam umur proyek 20 tahun akan mengalami penggantian baterai dan inverter selama 2 kali pada tahun ke-10 dan tahun ke-20 dengan rincian biaya penggantian komponen seperti pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Biaya Penggantian Komponen

Tahun ke	Penggantian	Total Harga
10	Inverter & Baterai	Rp158.000.000
20	Inverter & Baterai	Rp158.000.000
	Total	Rp316.000.000

3.4. Hasil Simulasi pada Homer

Komponen utama pada sistem PLTS ini mencakup inverter, baterai, PV dan PLN. Rangkaian komponen utama pada Homer ditunjukkan pada Gambar 4 berikut:



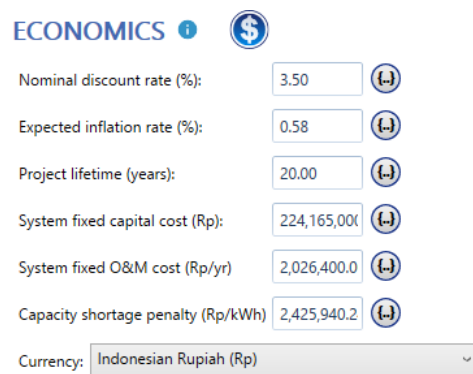
Gambar 4. Skema Rangkaian Simulasi Homer

Suku bunga per tahun merupakan hasil pengurangan antara nilai nominal suku bunga dengan nilai inflasi. Suku bunga per tahun menurut Bank Indonesia pada tahun 2021 ini sebesar 3,5%[10]. Tingkat inflasi disesuaikan dengan inflasi tahun kalender 2021 yaitu sebesar 0,58%[11]. Umur proyek adalah perkiraan durasi waktu umur proyek yang akan dibangun. Garansi komponen terlama dapat menjadi indikator penentu lamanya umur proyek. [8]. Pada sistem ini diperkirakan umur proyek berlangsung 20 tahun

disesuaikan dengan umur ideal PLTS[12]. *Capacity shortage penalty* merupakan hasil perkalian antara biaya kekurangan kapasitas dengan total kekurangan kapasitas[13]. Perhitungan *Capacity shortage penalty* sebagai berikut:

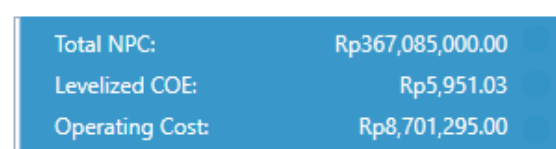
$$\begin{aligned} \text{Kekurangan kapasitas} &= 11.680 - 10.000,8 \\ &= 1.679,2 \\ \text{Rp}1.444,7 \times 1.679,2 &= \text{Rp}2.425.940,24 \end{aligned}$$

Umur proyek digunakan Homer untuk menghitung biaya selama setahun dan biaya dari masing-masing komponen. Input pada faktor ekonomi ditunjukkan pada Gambar 5.

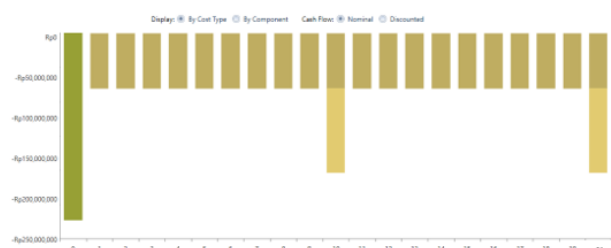


Gambar 5. Faktor Ekonomi pada Homer

Setelah input komponen dan faktor ekonomi, maka Homer akan memunculkan hasil simulasi seperti Gambar 6 dan Gambar 7 berikut:



Gambar 6. Hasil Simulasi Ekonomi pada Homer



Gambar 7. Grafik Biaya Hasil Simulasi

3.5. Analisis Ekonomi Teknik

Kelayakan investasi PLTS yang akan dirancang di Area Peternakan Ayam Tualang ini didapatkan dari hasil perhitungan *Net Present Value* (NPV), Metode *B-CR Ratio* dan *Discounted Payback Period* (DPP). Nilai arus kas bersih (PV) didapatkan dengan mengalikan hasil simulasi

NPC dengan faktor diskonto. Sistem PLTS ini akan diinvestasikan selama 20 tahun ke depan dikarenakan umur ideal PLTS berkisar 20-25 tahun[12]. Karena ini merupakan investasi yang tidak sebentar dan memerlukan biaya yang besar, maka perlu ada penyesuaian harga setiap tahunnya. Maka perlu ada Faktor Diskonto (DF) untuk menilai arus kas bersih setiap tahunnya, dan nilai DF untuk setiap tahunnya berbeda sesuai tahun investasinya. Besar nilai DF dipengaruhi tingkat diskonto (i) yang digunakan untuk menghitung nilai sekarang, pada penelitian ini adalah sebesar 3,5% sesuai dengan data real discount rate pada Homer. Berdasarkan hasil simulasi, nilai NPC (*Net Present Cost*) yang didapatkan adalah Rp367.085.000 dan biaya operasional sebesar Rp8.701.295.

3.5.1. Net Present Value

Kelayakan investasi dengan metode *Net Present Value* (NPV) dinilai berdasarkan hasil keuntungan bersih yang didapatkan di akhir pengerjaan suatu proyek atau investasi[14]. Keuntungan bersih tersebut didapatkan dari hasil pengurangan antara nilai sekarang investasi dengan aliran kas bersih yang diharapkan dari proyek atau investasi di masa mendatang atau pada periode tertentu. Penilaian kelayakan investasi dengan NPV ini bisa dikatakan sebagai metode kuantitatif yang mampu menunjukkan layak atau tidaknya suatu proyek atau investasi. Dari hasil simulasi HOMER diketahui total nilai NPC sebesar Rp367.085.000. Dengan biaya investasi awal sebesar Rp224.165.000, sehingga dapat diketahui besar nilai NPV adalah sebagai berikut :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - Initial\ Investment(II)$$

$$= \frac{367.085.000}{(1+3,5\%)^{20}} - 224.165.000$$

$$= -39.680.602,31$$

Hasil perhitungan NPV yang bernilai -Rp39.680.602,31 (<0), menunjukan bahwa investasi PLTS yang akan dirancang di Area Peternakan Ayam Tualang tidak layak untuk dilaksanakan.

3.5.2. Benefit-Cost Ratio (B-CR)

Menentukan kelayakan investasi dengan teknik B-CR dapat ditentukan dengan membandingkan antara jumlah nilai arus kas bersih sekarang dengan nilai investasi awal[14]. Dari hasil simulasi HOMER diketahui total nilai NPC sebesar Rp367.085.000. Dengan biaya investasi awal sebesar Rp224.165.000. Maka besar nilai B-CR dapat dicari sebagai berikut:

$$\frac{B}{C} = \frac{Benefit}{Cost} = \frac{EUAB}{EUAC}$$

$$= \frac{224.165.000}{367.085.000} = 0,61$$

Hasil perhitungan B-CR yang bernilai 0,61 (<1), menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dirancang di Area Peternakan Ayam Tualang tidak layak untuk dilaksanakan.

3.5.3. Discounted Payback Periode

Discounted Payback Periode (DPP) diperoleh dengan menghitung berapa tahun jumlah nilai arus kas bersih sekarang akan sama atau lebih dengan nilai investasi awal[14]. Dari hasil simulasi HOMER diketahui total nilai NPC sebesar Rp367.085.000 dan total cash flow sebesar Rp186.316.055, maka DPP adalah sebagai berikut.

$$k_{(PBP)} = \frac{Investasi}{annual\ benefit} \times periode\ waktu$$

$$k_{(PBP)} = \frac{224.165.000}{186.316.055} \times 20 = 24,06$$

Hasil perhitungan k yang bernilai 24,06 (> umur investasi) yaitu 20 tahun, menunjukkan bahwa nilai modal investasi PLTS akan dapat kembali di tahun ke-25. Maka dari itu dapat dikatakan bahwa sistem PLTS ini tidak layak untuk dilanjutkan, hal ini karena DPP memiliki waktu lebih panjang dari umur proyek.

Hasil analisis kelayakan investasi dengan ketiga teknik analisis dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7. Hasil Analisis Kelayakan

Analisis Kelayakan	Kriteria Kelayakan	Hasil Analisis Investasi	Kesimpulan
<i>Net Present Value</i> (NPV)	Layak (NPV > 0) Tidak Layak (NPV < 0)	- Rp39.680.602,31	Investasi dianggap tidak layak diinvestasikan karena nilai NPV selama umur proyek lebih kecil dari 0.
<i>Benefit - Cost Ratio</i> (B-CR)	Layak (B-CR > 1) Tidak Layak (B-CR < 1)	0,61	Investasi dianggap tidak layak diinvestasikan karena antara pendapatan dan investasi bernilai lebih kecil dari 1.
<i>Payback Period</i> (PBP)	Layak (PBP lebih pendek dari umur proyek) Tidak Layak (PBP lebih panjang dari umur proyek)	24,06	Investasi dianggap tidak layak diinvestasikan karena DPP lebih panjang dari umur proyek.

3.6. Pengolahan Data dengan Microsoft Excel

Pengolahan data dengan microsoft excel dilakukan untuk memvalidasi hasil simulasi Homer. Rincian perhitungan alur kas pada sistem PLTS Hybrid adalah sebagai berikut:

- Alur kas masuk yang didapatkan dari manfaat terukur[15]. Dalam hal ini pengurangan biaya pembayaran listrik setiap tahun dikarenakan dipasangnya sistem PLTS. Berdasarkan analisis

potensi daya, didapatkan hasil energi yang dapat disuplai PLTS sebesar 10.000,8 kWh dan energi yang dibutuhkan setiap tahun mencapai 11.680 kWh. Maka dapat disimpulkan bahwa sekitar 13% dari kebutuhan daya atau 1.679,2 kWh tidak terpenuhi oleh PLTS dan akan dipenuhi oleh PLN. Maka dari itu didapatkan hasil penghematan energi.

Biaya penggunaan energi per tahun ke PLN sebelum dipasang PLTS:

$$Rp1.444,7 \times 11.680 = Rp16.874.096$$

Biaya penggunaan energi per tahun ke PLN setelah dipasang PLTS:

$$Rp1.444,7 \times 1.679,2 = Rp2.425.940,24$$

Penghematan energi:

$$Rp16.874.096 - Rp2.425.940,24 = Rp14.448.155,76$$

- Arus kas keluar didapatkan dari komulatif dari biaya yang dikeluarkan[15]. Dalam hal ini adalah biaya pemeliharaan serta operasional tahunan PLTS dan biaya penggantian komponen.
- Arus kas bersih dari hasil pengurangan antara kas masuk dan kas keluar yang selanjutnya dapat digunakan untuk perhitungan arus kas komulatif. Rincian tersebut divalidasi dengan perhitungan menggunakan *microsoft excel* seperti pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Pengolahan Data pada Microsoft Excel

Tahun	Arus Kas Bersih	FBP (r=3.5%)	Arus Kas Kumulatif
0	Rp0	1.000	Rp0
1	Rp12,421,756	0.957	Rp11,886,848
2	Rp12,789,440	0.916	Rp23,598,521
3	Rp13,168,007	0.876	Rp35,137,601
4	Rp13,557,780	0.839	Rp46,506,631
5	Rp13,959,090	0.802	Rp57,708,118
6	Rp14,372,280	0.768	Rp68,744,530
7	Rp14,797,699	0.735	Rp79,618,300
8	Rp15,235,711	0.703	Rp90,331,826
9	Rp15,686,688	0.673	Rp100,887,467
10	Rp16,151,014	0.644	Rp111,287,552
11	Rp16,629,084	0.616	Rp121,534,373
12	Rp17,121,305	0.590	Rp131,630,187
13	Rp17,628,095	0.564	Rp141,577,222
14	Rp18,149,887	0.540	Rp151,377,668
15	Rp18,687,124	0.517	Rp161,033,687
16	Rp19,240,263	0.494	Rp170,547,407
17	Rp19,809,774	0.473	Rp179,920,924
18	Rp20,396,144	0.453	Rp189,156,305
19	Rp20,999,870	0.433	Rp198,255,586
20	Rp21,621,466	0.415	Rp207,220,773

Pengolahan data pada Microsoft Excel menunjukkan hasil yang mendekati dengan hasil simulasi Homer. Arus kas komulatif pada perhitungan Microsoft Excel menampilkan hasil sebesar Rp207.220.773 sedangkan hasil simulasi Homer menampilkan hasil sebesar Rp367.085.000.

Perhitungan pada Excel ini bertujuan untuk memvalidasi angka yang muncul pada hasil simulasi Homer. Dengan hasil perhitungan dan simulasi yang nilainya saling mendekati tersebut maka dapat disimpulkan bahwa tidak adanya perbedaan yang signifikan terkait perhitungan analisis ekonomi kelayakan menggunakan metode-metode tersebut di atas. Hasil analisis kelayakan tetap tidak layak untuk dilanjutkan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7 dikarenakan biaya penggantian baterai dan inverter yang sangat mahal.

4. Kesimpulan

Perencanaan PLTS pada Peternakan Ayam *Closed House* Tualang ini memerlukan biaya investasi awal sebesar Rp224.165.000 dengan nilai NPV sebesar -Rp39.680.602,31, B-CR sebesar 0,61, dan *Payback Period* selama 24,06 tahun. Berdasarkan nilai NPV yang didapatkan, maka perencanaan PLTS ini tidak layak dilaksanakan karena hasil NPV bernilai negatif. Berdasarkan nilai B-CR yang didapatkan, maka perencanaan PLTS ini tidak layak untuk dilaksanakan karena hasil B-CR bernilai < 1. Dan berdasarkan hasil perhitungan metode *payback period*, perencanaan PLTS akan mengembalikan biaya investasi pada tahun ke-25 dan disebut tidak layak untuk dilanjutkan karena memiliki waktu pengembalian modal lebih panjang dari umur proyek (20 tahun). Pada perencanaan Analisis ekonomi PLTS ini dapat dikembangkan dengan menambahkan perhitungan biaya penggunaan dan pemasangan kabel.

Referensi

- [1]. Hidayat, F., B. Winardi, dan A. Nugroho. "Analisis Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro". 2018.
- [2]. Suharyati, S. H. Pambudi, J. L. Wibowo, dan N. I. Pratiwi. *Outlook Energi Indonesia*. 2019.
- [3]. Liem Ek Bien, Ishak Kasim & Wahyu Wibowo, "Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Jala-Jala Listrik PLN Untuk Rumah Perkotaan". 2008.
- [4]. Data Pekerjaan Masyarakat Tualang. [Online]. Available: <https://serdangbedagaikab.bps.go.id/subject/6/tenaga-kerja.html>, [Accessed: 03-Juni-2021].
- [5]. Mery Christina Simanjuntak, "Analisis Usaha Ternak Ayam Boiler di Peternakan Ayam Selama Satu Kali Masa Produksi". 2018.
- [6]. NASA, "NASA Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) Higher Resolution Daily Time Series Climatology Resource for SSE-Renewable Energy." [Online]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/dataaccess-viewer/>. [Accessed: 23-April-2021].
- [7]. Ir. Mandiyo Priyo, M.T., *EKONOMI TEKNIK*. 2012.
- [8]. Patricia Hanna, "Analisis Keekonomian Kompleks Perumahan Berbasis Energi Sel Surya". 2012.
- [9]. Wahyu Dwi Yantoro, "Analisis Efisiensi Penggunaan Baterai Lithium 48V 25Ah pada Daya 3kW". 2019

- [10]. Data Suku Bunga Tahunan Bank Indonesia 2021. [Online]. Available: "<https://finansial.bisnis.com/read/20210420/11/1383611/bank-indonesiatetapkan-suku-bunga-acuan-tetap>", [Accessed: 01-Juni-2021]
- [11]. Data Inflasi 2021. [Online]. Available: "<https://www.bps.go.id/pressrelease/2021/05/03/1763/inflasi-terjadi-padaapril-2021>", [Accessed: 01-Juni-2021].
- [12]. Tetra Tech ES, Inc, "Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat". 2018
- [13]. Kanata, Sabhan, "Kajian Ekonomis Pembangkit Hybrid Renewable Energi Menuju Desa Mandiri Energi di Kabupaten Bone-Bolango". 2015.
- [14]. Giatman, Muhammad. Ekonomi Teknik. 2006.
- [15]. Prof. Ir. Salengke, M.Sc., Ph.D. "Draf Buku Ajar Mata Kuliah Ekonomi Teknik". 2011.