

Kajian Teknis dan Analisis Ekonomis PLTS *Off-grid Solar System* sebagai Sumber Energi Alternatif (Studi Kasus : Dusun Sedayu Desa Pulau Limbung Kecamatan Sungai Raya Kabupaten Kubu Raya)

Ruskardi

Department of Electrical Engineering, State Polytechnic Of Pontianak
e-mail: Ruskardi_polnep@yahoo.co.id

Abstract– *In this study, the off-grid solar system is used to support the lighting for the residents in Dusun Sedayu. Each house had a total lighting power of 12 Watt consisting of two lamps of 5 Watt and 7 Watt lamp respectively. The technical analysis conducted includes several supporting components such as: the examination of solar panel capacity of 700 WP, the examination of the used battery capacity of 500 Ah, the examination of the BCU capacity of 60 Ampere and the election of the inverter of 12VDC / 220VAC 500 Watt. The results of the economical assessment obtained of the system are as follow: daily average power (P) which can be raised for 10 hours (07.00 am to 17.00 pm) is equal to 337.96 Watt, the average energy per day (Eh) is about 3,3796 kWh, the energy price per unit from the off-grid solar system is about Rp.13.294,46, - / kWh, and the period of return on investment (payback period) of the off-grid solar energy system is about 4.01 years.*

By analyzing the Internal Rate Of Return (IRR) of the off-grid solar system, it can be concluded some of the following: IRR with energy prices of Rp.415, - (TDL. PLN) is smaller than the MARR, therefore, the project is stated as infeasible. However, the IRR with energy prices of Rp. 13294.46, - (price per unit of energy) is greater than the MARR, thus, it can be claimed that this project is worth to be done.

Keywords– *off-grid, energy, technical, economic, investment.*

1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan primer yang dapat dimanfaatkan manusia bagi kehidupan. Pertumbuhan tingkat konsumsi energi dunia saat ini, diprediksi akan meningkat sebesar 70 persen antara tahun 2000 sampai 2030. Sumber energi yang berasal dari fosil, menyumbang sekitar 87,7 persen dari total kebutuhan dunia. Cadangan sumber energi yang berasal dari fosil diseluruh dunia diperkirakan hanya sampai 40 tahun untuk minyak bumi, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batu bara. Kondisi keterbatasan sumber energi ditengah semakin meningkatnya kebutuhan energi dunia dari tahun ketahun (pertumbuhan konsumsi energi tahun 2004 saja sebesar 4,3 persen), serta tuntutan untuk melindungi bumi dari pemanasan global dan polusi lingkungan membuat tuntutan untuk segera

mewujudkan teknologi baru bagi sumber energi yang terbarukan^[7].

Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi surya rata-rata sekitar 4.8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia. Berlimpahnya sumber energi surya ini belum dimanfaatkan secara optimal. Di sisi lain, topografi dan geografi wilayah Indonesia tidak memungkinkan kebutuhan listrik dipenuhi melalui jaringan (*grid*) konvensional.

PLTS adalah solusi bagi daerah terpencil untuk menikmati listrik. Rasio elektrifikasi yang masih rendah, merupakan salah satu indikasi peluang pasar bagi sel surya yang terbuka lebar. Ada sebagian wilayah Indonesia yang belum terlistriki karena tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN, sehingga Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan sistemnya yang modular dan mudah dipindahkan merupakan salah satu solusi yang dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pembangkit listrik alternatif.

Kalimantan Barat merupakan propinsi yang memiliki wilayah sangat luas dan banyak daerah terpencil (*remote*) sehingga memungkinkan pengembangan dan memanfaatkan energi surya sebagai energi alternatif. Dusun Sedayu Desa Pulau Limbung Kecamatan Sungai Raya Kab. Kubu Raya merupakan daerah terpencil yang akan dijadikan lokasi penelitian.

Ada beberapa hal positif yang menjadi pertimbangan untuk memilih energi surya menjadi pilihan alternatif antara lain ^[2] :

1. Sumber energi surya sangat besar dan tidak dibeli
2. Energi surya tidak menimbulkan polusi dan aman bagi lingkungan.
3. Untuk pemanfaatan sumber energi surya relatif lebih mudah karena pemanfaatan sumber energi tersebut tidak memerlukan proses yang panjang seperti halnya sumber energi lain .
4. Untuk daerah dimana letak geografis sangat tidak mendukung tetapi memiliki potensi energi surya yang cukup, seperti di daerah pedalaman, perbukitan atau daerah-daerah terpencil yang belum terjangkau aliran listrik PLN maka sumber energi surya sangat mungkin untuk dipertimbangkan sebagai energi alternatif.

Dalam Penelitian ini pembahasan di fokuskan pada analisis ekonomi off-grid solar system di Dusun Sedayu

Desa Pulau Limbung Kec. Sungai Raya Kab. Kubu Raya.

2. Teori Dasar

2.1. Kajian Teknis Off-Grid Solar System [3,5]

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terdiri komponen utama yaitu ; panel surya, *Battery Control Unit (BCU)*, Baterai (*energy saver*) dan *Inverter DC to AC*

A. Panel Surya

Panel surya merupakan gabungan dari modul surya untuk memenuhi kebutuhan daya dari beban.

Besar daya panel surya adalah :

$$P = V \times I \quad \dots \dots \dots (1)$$

dimana,

P= Daya yang dibangkitkan oleh panel surya (watt-peak)

V= Tegangan panel surya (volt)

I = Arus yang mengalir dari panel surya (ampere)

Tegangan panel surya 50 wp umumnya mempunyai spesifikasi tegangan maksimum 17 volt dan arus sebesar 2,9 ampere.

B. Battery Control Unit

Battery control unit (BCU) merupakan peralatan yang mengatur/meregulasi pengisian *baterai*. Kapasitas BCU ditentukan berdasarkan arus maksimum yang dihasilkan oleh panel surya. Secara matematis ditulis ;

$$I_{BCU} > I_{maks \text{ panel}} \quad \dots \dots \dots (2)$$

dimana,

I_{BCU} = Kapasitas arus BCU

$I_{maks \text{ panel}}$ = Arus maksimum yang dibangkitkan panel surya

C. Baterai

Baterai merupakan media penyimpanan energi. Kapasitas muatan baterai dalam satuan Ampere-Jam (AH).

Untuk menghitung kapasitas (Ah) dari baterai, dilakukan perhitungan sebagai berikut ;

$$Ah \text{ yang diperlukan} = E_k / (V \times PF) \quad \dots \dots \dots (3)$$

dimana,

E_k = Kebutuhan energi konsumen

V = Tegangan baterai (12 volt)

PF = Faktor daya/Power factor (0,90)^[10]

Depth of Discharge (DOD) diberlakukan pada baterai sesuai dengan ketentuan penggunaan *deep cycle battery* yang hanya di-*discharge* sebanyak 50% dari kapasitas totalnya, maka nilai Ah baterai yang didapat kita kalikan 2^[10]. Maka kapasitas baterai adalah ;

$$Ah \text{ Baterai} = 2 \times Ah \text{ yang diperlukan} \quad \dots \dots \dots (4)$$

D. Inverter

Inverter berfungsi mengubah arus searah menjadi arus bolak balik. *Inverter* yang berhubungan langsung dengan beban listrik mempunyai kapasitas kerja dalam satuan watt. Penentuan kapasitas *inverter* harus lebih besar dari beban maksimum yang dibebani. Secara matematis ditulis ;

$$P_{inv} > P_{maks \text{ load}} \quad \dots \dots \dots (5)$$

dimana,

P_{inv} = Daya maksimum *inverter* (watt)

$P_{maks \text{ load}}$ = Daya maksimum beban (watt)

2.2. Analisis Ekonomis^[4]

A. Analisis Perhitungan Rata-Rata (Mean)

Dalam analisis penelitian dapat digunakan perbandingan rata-rata dari parameter yang diteliti sebagai nilai pendekatan. Bila kita mengambil n buah data sampling dari sebuah parameter, maka besar rata-rata parameter tersebut adalah:

$$P_{rata-rata} = \frac{\sum S_n}{n} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{n} \quad \dots \dots \dots (6)$$

dimana,

$P_{rata-rata}$ = Rata-rata data *sampling*

S_n = Besar parameter *sampling* ke n

B. Metode Nilai Sekarang (Present Worth)

Pada metode nilai sekarang semua aliran kas investasi selama rentang waktu perencanaan dikonversikan menjadi nilai sekarang (P) / *present worth*.

Dengan tingkat bunga yang digunakan adalah *MARR (Minimum Attractive Rate of return)*, maka Nilai Sekarang P(i) adalah :

$$P(i) = \sum_i^n A_i (P/A, i\%, t) \quad \dots \dots \dots (7)$$

dimana,

P(i) = Nilai sekarang dengan tingkat bunga i %

A_i = Aliran kas investasi selama periode t

I = Tingkat bunga / *MARR*

n = Waktu perencanaan investasi

C. Metode Deret Seragam (Annual Worth)

Pada metode deret seragam semua aliran kas investasi selama horizon perencanaan dikonversikan kedalam deret seragam (A). Menentukan deret seragam (A) dapat menggunakan nilai sekarang (P) dari sebuah investasi.

Nilai deret seragam A(i) adalah :

$$A(i) = P(i) [i\% (1+i\%)^n / (1+i\%)^n - 1] \quad \dots \dots \dots (8)$$

dimana,

A(i) = Nilai deret seragam

P(i) = Nilai sekarang

i = Tingkat bunga

N = Periode investasi/umur pakai sebuah investasi.

Bila umur pakai dari sebuah investasi berbeda maka dikelompokkan pada investasi yang mempunyai umur pakai yang sama dan dihitung masing-masing deret seragamnya. Deret seragam keseluruhan adalah jumlah dari nilai deret seragam kelompok investasi tersebut.

D. Analisis Periode Pengembalian Investasi (Payback Period)

Periode pengembalian investasi adalah jumlah periode (tahun) waktu untuk mengembalikan biaya investasi awal. Jika nilai sekarang (*present worth*) dari sebuah investasi dan deret seragam (*annual worth*) diketahui maka periode pengembalian investasi dapat dinyatakan dengan faktor P/A sebagai berikut :

$$0 = -P + \sum_{t=1}^{N'} A_i(P/A, i\%, t) \dots\dots\dots (9)$$

dimana,

P = Nilai sekarang

A_i = Aliran kas investasi selama periode t

I = Tingkat bunga

N' = Periode pengembalian yang akan dihitung

E. Analisis Internal Rate Of Return (IRR)

Internal Rate Of Return atau metode tingkat hasil pengembalian merupakan tingkat bunga pada saat sekarang/present (P). Semua pengeluaran dan pemasukan investasi selama rentang waktu perencanaan dihitung *Present Worth (PW)* dari semua investasi. Nilai *Present Worth (PW)* pengeluaran adalah :

PW pengeluaran = P (Investasi) (10)

Net Present Worth (NPW) dari sebuah proyek adalah :

NPW = PW pendapatan - PW pengeluaran = 0(11)

A_p.(P/A, i %, n) - P (Investasi) = 0(12)

dimana,

A_p = Nilai Pendapatan rata-rata tahunan

P/A, i %, n = Faktor nilai sekarang

P (Investasi) = Nilai sekarang dari investasi

Dari persamaan di atas akan diperoleh nilai (P/A, i %, n). Faktor nilai sekarang (P/A, i %, n) dapat dicari dengan melihat tabel bunga pemajemukan diskrit atau menggunakan rumus pemajemukan diskrit sebagai berikut :

$$(P/A, i\%, n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \dots\dots\dots (13)$$

Besarnya nilai IRR adalah nilai bunga (i %) dari persamaan di atas. Langkah untuk menghitung IRR dilakukan dengan cara coba-coba dan interpolasi. Dalam menentukan kelayakan sebuah proyek yaitu dengan membandingkan IRR proyek tersebut dengan *Minimum Attractive rate of return (MARR)* :

IRR > MARR : Layak

IRR = MARR : Impas

IRR < MARR : Tidak Layak

MARR dipengaruhi oleh tingkat suku bunga bank dan tingkat inflasi yang terjadi.

MARR = Tingkat bunga bank + Tingkat Inflasi . . . (14)

F. Biaya Per Unit Energi

Dalam analisis pembangkitan energi tujuan akhir dari analisis adalah perhitungan biaya per unit energi (*cost per unit energy*). Harus diketahui energi tahunan yang dihasilkan sebuah pembangkit energi (*power station*) dan juga diketahui nilai deret seragam tahunan (A(i)) maka biaya per unit energi dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Biaya per unit energi} = \frac{A(i)}{E_{\text{tahunan}}} \dots\dots (15)$$

dimana,

A(i) = Nilai deret seragam tahunan

E_{tahunan} = Besar energi yang dihasilkan per tahun

3. Hasil Eksperimen

Tabel 1. Daya Rata-Rata Sesaat (P) Interval 10 Menit pada Panel Surya Off-Grid Solar System 700 Wp

No.	Daya Sesaat (P)										
	Hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Waktu	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	7.00	82.3	104.3	106.9	107.3	163.2	103.4	178.5	190.5	215.3	108.5
2	7.10	82.3	117.2	70.3	135.1	208.1	149.5	198.1	222.7	260.6	137.9
3	7.20	91.8	133.4	98.7	157.0	217.3	221.0	201.1	257.1	302.4	166.7
4	7.30	105.1	168.4	175.4	234.2	249.4	187.4	201.5	297.7	334.9	235.3
5	7.40	130.1	183.2	269.7	274.4	349.3	248.4	234.9	335.3	348.8	277.3
6	7.50	157.7	211.4	334.5	265.5	368.6	330.0	238.8	361.9	376.6	268.1
7	8.00	189.1	230.5	399.2	275.4	376.8	243.1	280.1	395.1	378.3	280.4
8	8.10	244.6	243.4	350.0	391.0	425.2	351.3	304.2	412.2	424.2	389.5
9	8.20	250.8	290.4	450.6	333.7	438.4	433.5	332.6	413.4	252.0	319.7
10	8.30	253.7	305.4	364.8	396.1	459.4	409.9	345.0	432.7	427.2	363.6
11	8.40	272.7	306.8	391.7	410.5	450.4	310.9	358.7	443.3	257.2	382.2
12	8.50	308.6	440.0	353.5	451.4	458.2	216.9	367.9	477.7	333.1	427.0
13	9.00	319.1	449.8	495.6	459.7	443.6	302.0	387.8	436.6	431.9	440.3
14	9.10	350.3	493.6	473.6	448.2	492.2	161.9	423.4	412.3	472.2	438.0
15	9.20	426.4	457.2	398.7	398.7	473.8	263.0	423.2	417.3	419.9	408.1
16	9.30	498.9	509.4	450.6	389.7	420.1	474.3	399.2	431.0	340.3	386.1
17	9.40	536.2	476.1	445.5	455.5	459.7	522.0	428.7	429.3	457.1	455.2
18	9.50	387.8	418.0	450.3	447.8	503.0	461.0	417.8	409.2	445.7	430.7
19	10.00	431.2	487.0	451.9	440.5	491.1	460.8	408.3	421.3	461.5	432.8
20	10.10	385.3	482.5	194.0	358.3	368.1	476.5	419.0	428.0	276.6	431.9
21	10.20	497.4	470.9	139.3	441.9	500.8	448.6	400.7	434.2	492.5	394.2
22	10.30	390.7	442.6	110.0	451.9	470.7	452.1	445.1	456.1	465.5	395.5
23	10.40	371.3	483.4	120.0	391.9	464.0	424.9	434.9	427.9	498.7	360.1
24	10.50	414.8	477.0	171.2	338.9	459.6	451.1	423.7	425.0	475.7	334.5
25	11.00	458.0	475.5	109.1	338.4	471.0	458.7	440.2	458.4	518.2	323.9
26	11.10	401.6	478.2	83.8	349.1	494.0	234.3	390.0	292.0	476.0	272.7
27	11.20	438.6	465.0	210.7	450.2	474.8	455.7	406.7	273.0	488.7	329.1
28	11.30	374.6	471.4	479.5	374.9	457.4	472.8	384.9	477.6	490.4	399.6
29	11.40	453.4	466.0	384.0	469.6	467.1	444.8	379.6	426.8	257.9	439.3
30	11.50	369.6	464.4	403.8	454.9	450.2	483.9	374.2	582.6	251.2	449.5
31	12.00	420.1	483.4	425.6	431.8	413.3	361.5	393.5	400.4	317.9	459.3
32	12.10	455.1	481.4	427.6	431.8	444.5	437.9	407.9	267.8	518.9	444.2
33	12.20	456.7	449.4	538.7	341.8	452.7	451.1	415.1	336.1	467.5	282.5
34	12.30	444.3	456.7	414.4	522.3	463.2	462.1	418.6	434.3	445.2	476.4
35	12.40	431.8	467.0	511.5	411.6	445.2	456.8	408.2	444.1	171.8	429.7
36	12.50	451.4	420.6	461.9	469.0	425.1	432.9	417.5	417.6	113.3	441.7
37	13.00	453.7	428.3	401.6	440.3	430.9	460.3	389.0	443.7	199.4	413.3
38	13.10	443.8	476.8	408.4	454.4	426.9	448.0	387.5	444.8	200.1	423.0
39	13.20	435.4	445.6	416.1	454.7	433.0	467.4	401.2	444.8	173.0	431.5
40	13.30	426.1	466.7	496.8	465.0	438.4	426.9	414.3	304.1	179.8	455.9
41	13.40	421.5	473.4	508.4	469.7	428.9	445.5	401.8	282.1	122.6	439.7
42	13.50	387.0	462.0	482.8	435.2	422.0	427.8	399.2	371.9	129.0	396.5
43	14.00	330.0	442.0	485.8	430.7	470.6	432.7	399.1	416.2	106.2	396.5
44	14.10	305.7	463.0	379.5	393.9	443.1	446.0	403.1	337.7	97.7	377.5
45	14.20	294.6	453.7	393.4	426.3	431.3	427.6	386.0	197.1	85.0	421.4
46	14.30	299.4	451.4	465.0	476.1	422.8	429.9	357.9	133.5	79.1	397.9
47	14.40	288.0	432.2	355.4	459.2	436.6	404.8	350.0	101.5	84.6	426.7
48	14.50	249.1	444.2	449.7	433.0	432.1	431.9	324.9	88.5	114.5	399.3
49	15.00	223.5	438.1	434.7	218.2	403.7	430.8	295.9	78.9	154.3	212.1
50	15.10	186.7	418.9	432.4	176.9	415.6	409.8	316.2	72.0	190.2	175.3
51	15.20	196.9	422.0	405.1	224.1	406.6	396.1	289.4	79.6	278.3	205.1
52	15.30	192.1	374.8	418.1	166.6	396.6	365.7	254.7	108.0	361.6	165.7
53	15.40	149.5	388.6	404.3	146.8	382.3	365.1	222.8	111.9	277.8	143.8
54	15.50	150.7	354.9	332.8	134.4	371.5	351.0	188.5	107.2	221.6	132.4
55	16.00	124.5	345.5	330.3	138.1	346.4	327.4	175.1	105.4	213.3	133.4
56	16.10	95.5	306.8	199.8	145.9	246.4	292.3	132.5	112.4	193.6	139.8
57	16.20	74.6	281.3	198.8	138.0	174.1	262.0	105.2	124.3	189.6	136.9
58	16.30	76.4	236.7	148.9	97.3	138.7	226.2	100.9	134.3	179.3	95.4
59	16.40	46.3	307.9	156.5	79.2	103.7	181.2	76.1	146.4	156.2	77.6
60	16.50	34.9	165.5	169.2	52.3	75.9	143.2	77.6	145.2	136.0	51.0
61	17.00	33.2	140.5	164.1	39.8	72.0	105.5	59.9	108.3	116.4	37.0
Rata-rata		299.2	388.2	340.3	337.6	390.5	366.4	327.8	344.1	293.2	322.3

Kajian teknis yang dilakukan mengacu pada sebesar apakah daya yang akan ditangani oleh suatu off-grid solar system yang akan direncanakan. Pada penelitian ini daya yang akan ditangani sebesar 276 watt. Berdasarkan dari persamaan (1) sampai dengan persamaan (5) didapatkan kapasitas panel surya sebesar 700 Wp, Battery charger unit (BCU) 60 Ampere, baterai sebesar 500 AH dan Inverter : 12 Vdc/220Vac sebesar 500 Watt.

A. Biaya Investasi Off-Grid Solar System

Besar biaya investasi awal (*present worth*) komponen dengan umur pakai 20 tahun yang terdiri dari komponen utama pembangkit, biaya instalasi,

akomodasi dan biaya tambahan pembebasan lahan sebesar :

$$P_{20} = \text{Rp. } 38.475.000,-$$

Besar biaya investasi awal (*present worth*) komponen dengan umur pakai 3 tahun terdiri dari komponen yang asumsi pemakain paling lama 3 tahun sebesar.

$$P_3 = \text{Rp. } 7.100.000.$$

Besar biaya investasi awal (*present worth*) komponen dengan umur pakai 2 tahun terdiri dari komponen yang asumsi pemakain paling lama 2 tahun sebesar

$$P_2 = \text{Rp. } 6.500.000.$$

Dengan nilai asumsi untuk operasional dan perawatan diatas total seluruhnya dalam satu tahun diperlukan biaya Rp. 4.800.000,-

B. Harga per Unit Energi

Harga per unit energi dinyatakan dalam Rp./kWh. Perlu diketahui energi tahunan yang dihasilkan dan aliran investasi tahunan yang representasikan dalam deret seragam investasi (A).

Energi per tahun yang dibangkitkan *off-grid solar system* dari data hasil penelitian yang dilakukan adalah sebesar $E_t = 1.233,56 \text{ kWh / tahun}$.

Dari persamaan (8) pada tingkat bunga 10% dan tidak terdapat nilai sisa maka dapat dihitung deret seragam biaya investasi :

$$A(i) = P(i)[i\% (1+i\%)^n / (1+i\%)^n - 1]$$

Sehingga nilai deret seragam *off-grid solar system* adalah :

$$A = (P_{20} \cdot (A/P_{20}), 10\%, 20) + (P_3 \cdot (A/P_3), 10\%, 3) +$$

$$P_2 \cdot (A/P_2), 10\%, 2) + (P_1 \cdot (A/P_1), 10\%, 1)$$

$$A = \text{Rp} 16.399.512,- / \text{tahun}$$

Harga per unit energi berdasarkan persamaan (15)

$$\text{Harga per unit energi} = \frac{\text{Rp} 16.399.512,- / \text{tahun}}{1.233,56 \text{ kWh} / \text{tahun}}$$

Harga per unit energi = Rp. 13.294,46,- / kWh

Jadi dapat disimpulkan harga per unit energi *off-grid solar system* di Dusun Sedayu Desa Pulau Limbung Kec. Sungai Raya Kab. Kubu Raya sebesar Rp. 13.294,46,- / kWh

C. Periode Pengembalian Investasi (*Payback Period*)

Periode pengembalian investasi awal dari *off-grid solar system* dengan tingkat bunga 10% dapat kita hitung berdasarkan pers. (9) yaitu :

$$0 = -P + \sum_{t=1}^{N'} A_t (P/A, i\%, t)$$

$$0 = - \text{Rp. } 52.075.000 + \text{Rp. } 16.399.512 (P/A, 10\%, N')$$

Untuk mendapatkan N' dilakukan dengan coba-coba.

a. $N' = 4$ tahun

$$0 = - \text{Rp. } 52.075.000 + \text{Rp. } 16.399.512 (P/A, 10\%, 4)$$

b. $N' = 8$ tahun

$$0 = - \text{Rp. } 52.075.000 + \text{Rp. } 16.399.512 (5,3349) = \text{Rp. } 35.414.756,57$$

Dengan menggunakan interpolasi, diperoleh Maka diperoleh $N' = 4,01$ tahun.

D. IRR (*Internal Rate Of Return*)

1. IRR dengan harga energi Rp. 415,- (TDL PLN)

Perhitungan *payback period* didasari pada harga per kWh sebesar Rp. 13.294,46,-. Pada perhitungan IRR harga energi listrik akan dihitung berdasarkan tarif dasar listrik (TDL) PLN. Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor : 30 Tahun 2012 Tentang Tarif Tenaga Listrik untuk pelanggan rumah tangga berdaya 450 VA – 900 VA sebesar Rp. 415/kWh.

Pendapatan rata-rata tahunan (A_p) yang diperoleh dari *off-grid solar system* adalah energi tahunan yang dihasilkan dikalikan TDL, yaitu :

$$A_p = E_t \times \text{TDL}$$

$$A_p = \text{Rp. } 511.927,4 / \text{tahun.}$$

Investasi awal yang dikeluarkan adalah sebesar Rp. 52.075.000,-.

Dari Perhitungan diperoleh nilai

$$\text{IRR} = - 12,15 \%$$

Tingkat bunga (MARR) berdasarkan persamaan (14)

$$\begin{aligned} \text{Tingkat bunga (MARR)} &= \text{BI rate} + \text{Laju Inflasi} \\ &= 6,48 \% + 6,97 \% \\ &= 13,45 \%. \end{aligned}$$

Nilai IRR proyek *off-grid solar system* berdasarkan tarif dasar listrik (TDL) PLN sebesar – 12,15 % lebih kecil dari MARR sehingga proyek ini akan mengalami kerugian (tidak layak).

2. IRR dengan harga energi Rp. 13.294,46,- (harga per unit energi)

Pendapatan rata-rata tahunan (A_p) yang diperoleh dari *off-grid solar system* adalah energi tahunan yang dihasilkan dikalikan Rp. 13.294,46,- yaitu :

$$A_p = E_t \times \text{harga per unit energi}$$

$$A_p = 1.233,56 \text{ kWh/tahun} \times \text{Rp. } 13.294,46,- / \text{kWh}$$

$A_p = \text{Rp. } 16.399.512,- / \text{tahun}$. Perhitungan IRR diperoleh nilai sebesar 31,51 %. Nilai IRR > MARR sehingga proyek *off-grid solar system* dengan nilai jual energi Rp. 13.294,46,- /kWh adalah layak.

4. Kesimpulan

1. Daya rata-rata harian (P) yang dibangkitkan oleh *off-grid solar system* sebesar 337,96 watt selama 10 jam (pukul 07.00 wib sampai dengan 17.00 wib) dan energi rata-rata perhari (E_h) sebesar 3,3796 kWh.
2. Dari analisis teknis, spesifikasi komponen yang digunakan pada *off-grid solar system* cukup mampu menangani beban sebesar 276 watt.
3. Berdasarkan analisis ekonomis harga per unit energi *off-grid solar system* di Dusun Sedayu Desa Pulau Limbung Kec. Sungai Raya Kab. Kubu Raya sebesar Rp.13.294,46,- / kWh.
4. Periode pengembalian investasi (*payback period*) dari energi *off-grid solar system* di Dusun Sedayu Desa Pulau Limbung Kec. Sungai Raya Kab. Kubu Raya selama 4,01 tahun. Besar investasi awal sebesar Rp. 52.075.000,- dengan tingkat bunga 10 %.
5. Analisis *Internal Rate Of Return* (IRR) dari *off-grid solar system* adalah sebagai berikut :

- a. IRR dengan harga energi Rp.415,- (TDL. PLN) lebih kecil dari MARR sehingga proyek ini dinyatakan tidak layak.
- b. IRR dengan harga energi Rp. 13.294,46,- (harga per unit energi) lebih besar dari MARR sehingga proyek ini dinyatakan layak untuk dikerjakan.

Referensi

- [1] Abdul Kadir, *Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi*, Edisi ke dua tahun 1995, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta;
- [2] Anonimus, 2002, *Prakiraan Energi Indonesia 2010*, Pusat Informasi Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral;
- [3] Daryono, 2012, *Studi Komparatif Modul Surya Monokristalin Dengan Polikristalin Untuk Aplikasi SHS Di Kota Pontianak (Thesis)*, Magister Teknik Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura;
- [4] I Nyoman Pujawan, *Ekonomi Teknik*, Edisi ke dua Januari tahun 2009;
- [5] John Wiley, A.Sons Inc. Fublication, *Integration Of Alternative Sources Of Energi*, Felix A. Farret M Joday Simoes, Wiley Interscience;
- [6] Perancangan Operasi Paralel antar sel surya dan power grid existing dengan tracking daya maksimum berbasis pada mikrokontroler, <http://konversi.wordpress.com/2008/12/05/juara-1-electrical-engineering-award-eea-2007/>;
- [7] Peraturan Presiden RI Nomor 5 Tahun 2006, tentang *Kebijakan Energi Nasional*;
- [8] Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor : 30 Tahun 2012, tentang *Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan Oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT. Perusahaan Listrik Negara*,
- [9] Rahardjo Irawan, Fitriana Ira, *Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia* (Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, Dan Energi Terbarukan);
- [10] Togan Paul, *Perencanaan Sistem Penyimpanan Energi dengan Menggunakan Battery pada Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) di Desa Ketapang, Kabupaten Lombok Timur, NTB.*, <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-9448-2205100061-Paper.pdf>

Biography



Ruskardi, Lahir di Jongkong Kalimantan Barat pada tanggal 13 Agustus 1972. Menyelesaikan pendidikan S-1 Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Pontianak dan saat ini sedang menyelesaikan Pendidikan S-2 pada program Magister Manajemen Energi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.

Aktifitas sekarang sebagai staf pengajar pada Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak

