

Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Rooftop* untuk Perumahan di Pulau Bangka

Raymondo Sianipar^a, M Yonggi Puriza^a, Wahri Sunanda^a

^aUniversitas Bangka Belitung

E-mail: wahrisunanda@gmail.com

Diterima: 26-07-2022

Disetujui: 24-09-2022

Diterbitkan: 02-01-2023

Abstract

Rooftop Solar Power Plants are an alternative option for environmentally friendly power plants. The application of this technology for the electricity needs of residential areas can be done with the Solar Home System (SHS). One of the roofs that can be used for PV rooftops is the roof of the house in D'Rich Arasel housing with a roof area of 65.5 m². PV Rooftop in D'Rich Arasel housing is designed to meet daily electrical energy needs. The PV rooftop design uses 2 systems, system 1 is a PV mini-grid system based on a daily load that uses 22 units of 250 wp solar panels, 17 units of 150Ah batteries, 1 unit of 3 kW inverter, and 1 unit of solar charge controller 250 A which produces 4077 kWh/year at an investment cost of Rp. 318,103,346 for 15 years and obtained an NPV value of Rp.-209.932,101. In system 2, namely the PV system based on the entire roof area using 36 units of 200 wp solar panels, 24 units of 150Ah batteries, 1 unit of 8 kW inverter, and 1 unit of a solar charge controller 250 A which produces 12851 kWh/year with an investment cost of Rp. 478,782,406 for 15 years and obtain an NPV value of Rp. 182,529,881.

Keywords : *D'Rich Arasel Housing, PV Rooftop, Investment*

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *rooftop* merupakan salah satu alternatif pembangkit listrik ramah lingkungan. Penerapan teknologi PLTS untuk kebutuhan listrik daerah perumahan dapat dilakukan dengan sistem *Solar Home System* (SHS). Salah satu atap rumah yang bisa dimanfaatkan untuk PLTS *rooftop* yaitu atap rumah di perumahan D'Rich Arasel dengan luas atap 65,5 m². PLTS *rooftop* di perumahan D'Rich Arasel dirancang untuk memenuhi kebutuhan energi listrik harian. Perancangan PLTS *rooftop* menggunakan 2 sistem, pertama sistem PLTS berdasarkan beban harian yang menggunakan 22 unit panel surya 250 wp, 17 unit baterai 150Ah, 1 unit inverter 3 kW dan 1 unit *solar charge controller* 250 A yang menghasilkan 4077 kWh/tahun dengan biaya investasi sebesar Rp. 318.103.346 selama 15 tahun dan memperoleh nilai NPV Rp.-209.932.101. Pada sistem 2 yaitu sistem PLTS berdasarkan luas seluruh atap menggunakan 36 unit panel surya 200 wp, 24 unit baterai 150Ah, 1 unit inverter 8 kW dan 1 unit *solar charge controller* 250 A yang menghasilkan 12851 kWh/tahun dengan biaya investasi sebesar Rp. 478.782.406 selama 15 tahun dan memperoleh nilai NPV Rp. 182.529.881.

Kata Kunci: *Perumahan D'Rich Arasel, PLTS Rooftop, Investasi*

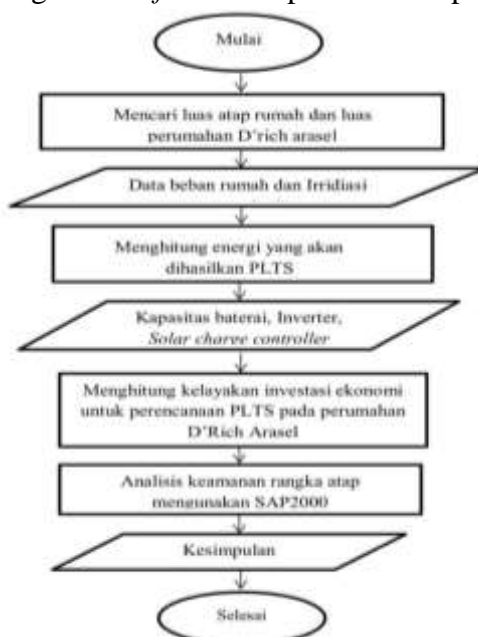
Pendahuluan

Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai salah satu sumber energi terbarukan telah menjadi tren di berbagai daerah untuk menyuplai berbagai kebutuhan energi listrik [1]. Contohnya untuk penerangan jalan umum [2], perumahan [3], [4], suplai daya tambahan di rumah sakit [5] serta di kampus [6]. Salah satu pemanfaatan PLTS yang saat ini patut menjadi perhatian adalah pemasangan PLTS *rooftop*, yakni pemasangan PLTS di atap rumah/bangunan sebagai sumber energi bagi rumah atau bangunan tersebut [7]. Tentunya terdapat berbagai hal yang perlu dicermati terkait instalasi PLTS rooftop baik dari sisi teknis maupun ekonomis [8] dan [9].

Penelitian ini dilakukan pada salah satu perumahan di pulau Bangka yakni perumahan D'Rich Arasel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem perancangan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya bagi perumahan dengan mengetahui biaya perencanaan PLTS *rooftop* selama 15 tahun, biaya perawatan dan operasional selama 15 tahun serta mengetahui kelayakan nilai investasi PLTS *rooftop* pada perumahan. Penelitian ini juga akan meninjau regulasi pemerintah yang memberikan dukungan terkait pengembangan PLTS *rooftop* dalam rangka mendukung transisi energi melalui peningkatan pemanfaatan energi terbarukan, khususnya photovoltaic.

Metode

Dalam penelitian ini, digunakan (1) Data sistem dan kapasitas panel surya yang akan diaplikasikan pada kompleks perumahan, (2) Data irradiansi cahaya matahari pada perumahan D'Rich Arasel, (3) Data Spesifikasi dan harga komponen sistem PLTS. Penelitian ini dilakukan di Perumahan D'Rich Arasel, No D10, Pagarawan, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Untuk dapat memahami dengan jelas, diagram alir/*flowchart* penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Perumahan D'rich Arasel memiliki luas tanah 9352 m² dan hanya memiliki satu tipe rumah, dengan total rumah yang dibangun berjumlah 55 unit. Sebagai acuan untuk membangun PLTS *rooftop*, perumahan D'rich Arasel memiliki ukuran rumah 6,5 x 9 m dengan luas atap 65,5 m², daya terpasang yakni 1300 VA dengan rata-rata penggunaan energi listrik 10,89 kWh/hari.

a. Rancangan Pemasangan PLTS Berdasarkan Beban Harian

Efisiensi keseluruhan sistem panel surya sesuai dengan spesifikasi jenis *controller*, *inverter*, dan baterai yang ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \eta_{sistem} &= \eta_b \times \eta_i \times \eta_c \dots\dots\dots (1) \\ &= 0,93 \times 0,97 \times 0,93 \\ &= 0,838 \end{aligned}$$

Untuk mengitung nilai *TCF* dapat dihitung dengan mengetahui daya maksimum yang dihasilkan panel surya yakni 250 wp dengan suhu maksimal di desa Balunujuk adalah 34,2°C

$$\begin{aligned} TCF &= \frac{250W - (0,5\% \times 250W \times 9,2)}{250W} \dots\dots\dots (2) \\ TCF &= 0,954 \\ PV\ area &= \frac{10,89kWh}{5,01\ kWh/m^2 \times 15\% \times 0,954 \times 0,838} \\ &= 18,11\ m^2 \end{aligned}$$

Jumlah panel surya untuk mencukupi kebutuhan daya selama 2 hari berturut turut ketika tidak ada sinar matahari dihitung dengan kebutuhan jumlah panel dikali 2, sehingga luas atap yg digunakan bertambah menjadi 2 kali lipat. Didapatkan luasnya menjadi 36,22 m². Kapasitas daya yang dapat dibangkitkan PV dihitung dengan:

$$P\ Watt\ peak = area\ array \times PSI \times \eta_{PV} \dots\dots\dots (3)$$

Menggunakan luas area *array* 36,22 m² dan *Peak Sun Insolation (PSI)* 1000 W/m² serta efisiensi panel surya adalah 15%, maka:

$$\begin{aligned} P\ Watt\ Peak &= 36,22\ m^2 \times 1000\ W/m^2 \times 15\% \dots\dots\dots (4) \\ &= 5433\ watt\ peak \end{aligned}$$

Jumlah panel surya yang dibutuhkan yakni:

$$Jumlah\ panel = \frac{P_{watt\ peak}}{P_{MPP}} = \frac{5433}{250} = 21,73 \approx 22\ unit \dots\dots (5)$$

Perhitungan kebutuhan *Solar Charge Controller* yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned} \text{Solar charge controller} &= I_{sc} \times \text{jumlah panel} \dots\dots\dots (6) \\ &= 8,86 \times 22 \\ &= 194,92 \text{ A} \end{aligned}$$

Untuk menentukan jumlah unit *solar charge controller* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah solar charge controller} &= \frac{\text{kapasitas scc terhitung}}{\text{kapasitas SCC terpakai} \times \eta_{SCC}} \dots\dots(7) \\ &= \frac{194,92 \text{ A}}{250 \text{ A} \times 93\%} \\ &= \frac{194,92 \text{ A}}{232,5 \text{ A}} = 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

Untuk menentukan kapasitas baterai dapat dihitung:

$$\begin{aligned} C &= (N \times E_d) / \\ (V_s \times DOD \times \eta_{\text{baterai}}) \text{ Ah} & \dots\dots\dots(8) \\ C &= \frac{2 \times 10890}{12 \times 0,8 \times 93\%} \text{ Ah} \\ &= 2439,51 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Maka jumlah baterai yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baterai} &= \frac{\text{kapasitas baterai terpakai}}{\text{kapasitas baterai terpakai} \times \text{efisiensi baterai}} \dots\dots\dots (9) \\ &= \frac{2439,51 \text{ Ah}}{150 \text{ Ah}} = 16,26 \approx 17 \text{ unit baterai} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya output AC} &= P \text{ watt peak} \times \eta_{\text{sistem}} \dots\dots\dots (10) \\ &= 5433 \times 0,838 \\ &= 4553 \text{ W} \end{aligned}$$

Untuk menentukan jumlah *inverter* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah inverter} &= \frac{\text{konsumsi daya terhitung}}{\text{Daya inverter yang terpasang} \times \eta_{\text{inverter}}} \dots\dots\dots 11) \\ &= \frac{2215 \text{ W}}{3000 \text{ W} \times 97\%} = 0,761 \approx 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

b. Rancangan Pemasangan PLTS di Seluruh Permukaan Atap

Total panel yang dibutuhkan untuk seluruh atap rumah yaitu 36 unit. Pengukuran intensitas matahari dilakukan 9 jam per hari selama 14 hari. Didapatkan bahwa rata-rata intensitas matahari 557,3 wh/hari.

$$\begin{aligned} P_G &= A_G \times S \times t \times \eta_{pv} \times \eta_{\text{sistem}} \dots\dots\dots (12) \\ &= 1.30 \text{ m}^2 \times 36 \text{ unit} \times \frac{557,3 \text{ wh}}{1000 \text{ w/m}^2} \times 9 \times 0,15 \times 0,838 \\ &= 29,42 \text{ kWh/hari} \\ &= 10738,3 \text{ kWh/tahun} \end{aligned}$$

Dengan area *array* 46,8 m² *Peak Sun Insolation (PSI)* adalah 1000 W/m² dan efisiensi panel surya adalah 15% maka :

$$\begin{aligned} P \text{ Watt Peak} &= 46,8 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 15\% \\ &= 7020 \text{ watt peak} \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan *Solar Charge Controller* yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned} \text{Solar charge controller} &= I_{sc} \times \text{jumlah panel} \\ &= 6,00\text{A} \times 36 \\ &= 216 \text{ A} \end{aligned}$$

Jumlah *Solar Charge controller* yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah solar charge controller} &= \frac{\text{kapasitas scc terhitung}}{\text{kapasitas scc terpakai} \times \eta_{SCC}} \\ &= \frac{216 \text{ A}}{250 \text{ A} \times 93\%} = 0,92 = 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

Untuk menentukan kapasitas baterai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C &= \frac{E_d}{V_s \times \text{DOD} \times n_{\text{Baterai}}} \text{ Ah} \\ C &= \frac{29420}{12 \times 0,8 \times 93\%} \text{ Ah} \\ &= 3295,251 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Jumlah baterai yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baterai} &= \frac{\text{kapasitas baterai}}{\text{kapasitas terpakai} \times \eta_{\text{baterai}}} \\ &= \frac{3295,251}{150 \text{ Ah} \times 93\%} = 23,62 \approx 24 \text{ unit baterai} \end{aligned}$$

Kapasitas *inverter* yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Daya output AC} &= P \text{ watt peak} \times \eta_{\text{sistem}} \\ &= 7020 \times 0,911 \\ &= 6398 \text{ W} \end{aligned}$$

Jumlah *inverter* yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &\text{Jumlah inverter} \\ &= \frac{\text{konsumsi daya terhitung}}{\text{Daya inverter yang terpasang} \times \eta_{\text{inverter}}} \\ &= \frac{7200\text{W}}{8000\text{W} \times 98\%} \\ &= 0,882 \approx 1 \text{ unit} \end{aligned}$$

c. Perkiraan Biaya Investasi

Pada perhitungan investasi awal sistem PLTS *rooftop* hanya membahas biaya komponen-komponen utama PLTS *rooftop* dan tidak memperhitungkan biaya

pemasangan rak panel, biaya instalasi dan biaya teknis lainnya untuk sistem PLTS *rooftop*.

1) Investasi awal sistem PLTS *rooftop* Berdasarkan Beban Harian

Tabel 1. Harga Komponen Sistem PLTS *rooftop*

Nama komponen	Jumlah	Satuan	Harga	Total harga
Panel surya	22	Unit	Rp.2.350.000	Rp.51.700.000
Baterai	17	Unit	Rp.2.200.000	Rp.37.400.000
SCC	1	Unit	Rp.36.636.73 6	Rp. 36.636.736
<i>Inverter</i>	1	Unit	Rp.8.500.00	Rp.8.500.000
Total				Rp.134.236.736

Biaya pemeliharaan dan operasional per tahun untuk PLTS umumnya diperhitungkan sebesar 1-2 % dari total biaya investasi awal.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya O\&P} &= 1\% \times \text{biaya Investasi} \dots\dots\dots (13) \\
 &= 0,01 \times \text{Rp. 134.236.736} \\
 &= \text{Rp. 1.342.367}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Perkiraan investasi PLTS *rooftop* perumahan berdasarkan beban harian selama 15 tahun

No	Komponen	Biaya Tahunan (Rp)	Interval pergantian (Tahun)	Biaya Total 15 Tahun (Rp)
1	Pengoperasian dan Perawatan	1.342.367	1	18.793.138
2	Baterai	37.400.000	5	74.800.000
3	<i>Inverter</i>	8.500.000	5	17.000.000
4	<i>Solar Charge Controller</i>	36.636.736	5	73.273.472
			Total	183.866.610
			Modal Awal	134.236.736
			Total Investasi	318.103.346

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai $NPV = -209.932.101$

2) Investasi Awal Sistem PLTS Berdasarkan Luas Seluruh Atap

Tabel 3. Harga Komponen Sistem PLTS *rooftop*

Nama komponen	Jumlah	Satuan	Harga	Total harga
Panel surya	36	Unit	Rp 1.431.000	Rp 51.516.000
Baterai	24	Unit	Rp 2.200.000	Rp 52.800.000
SCC	1	Unit	Rp 36.636.736	Rp 36.636.736
<i>Inverter</i>	1	Unit	Rp 24.774.249	Rp 24.779.249
Total				Rp 165.731.985

Berikut perhitungan biaya operasional dan pemeliharaan adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya O\&P} &= 1\% \times \text{biaya Investasi} \\
 &= 0,01 \times \text{Rp 165.731.985} \\
 &= 1.657.319
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Perkiraan Investasi PLTS *rooftop* Perumahan Berdasarkan Luas Seluruh Atap Selama 15 tahun

No	Komponen	Biaya Tahunan (Rp)	Interval pergantian (Tahun)	Biaya Total 15 Tahun (Rp)
1	Pengoperasian dan Perawatan	1.657.319	1	23.202.466
2	Baterai	52.800.000	5	105.600.000
3	<i>Inverter</i>	36.636.736	5	109.910.208
4	<i>SCC</i>	24.779.249	5	74.337.747
Total				313.050.421
Modal Awal				165.731.985
Total Investasi				478.782.406

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai NPV = -182.529.881

3) Investasi Awal *On Grid* Berdasarkan Beban Harian

Tabel 5. Harga Komponen Sistem PLTS

Nama komponen	Jumlah	Satuan	Harga	Total harga
Panel surya	11	Unit	Rp.2.350.000	Rp.25.850.000
Inverter	1	Unit	Rp.5.900.490	Rp.5.900.490
Total				Rp. 31.750.490

Berikut perhitungan biaya operasional dan pemeliharaan adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya O\&P} &= 1\% \times \text{biaya Investasi} \\
 &= 0,01 \times \text{Rp. 31.750.490} \\
 &= \text{Rp. 317.504}
 \end{aligned}$$

Tabel 6 Perkiraan Investasi PLTS *rooftop* Perumahan Berdasarkan Beban Harian Selama 15 Tahun

No	Komponen	Biaya Tahunan (Rp)	Interval Pergantian Tahunan	Biaya Total 15 Tahun (Rp)
1.	Pengoperasian dan perawatan	317.504	1	4.445.056
2.	Inverter	5.900.490	5	11.800.980
Total				16.246.036
Modal Awal				31.750.490
Total Investasi				47.996.526

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai NPV = -2.459.929. Penelitian yang dilakukan memberikan perspektif ilmiah terkait perhitungan PLTS *rooftop* di perumahan yang berada di pulau Bangka. Secara keekonomian, PLTS *rooftop* memang lebih mahal, namun dalam rangka mendukung kebijakan transisi energi dengan pemanfaatan energi baru terbarukan salah satunya *photovoltaic*, tentunya dukungan berbagai pihak sangat diperlukan. Pemerintah sendiri telah menerbitkan Peraturan Menteri ESDM No 49 Tahun 2018 tentang penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga surya atap bagi pelanggan PT

PLN (Persero) yang telah mengatur ketentuan mengenai tatacara permohonan, pembangunan, pemasangan dan perhitungan nilai energi listrik dari sistem pembangkit listrik tenaga surya atap.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan sistem PLTS *rooftop* perumahan dengan sistem PLTS berdasarkan beban harian menggunakan 22 unit panel surya 250 wp, 17 unit baterai 150Ah, 1 unit *inverter* 3 kW dan satu unit *solar charge controller* 250 A, sedangkan pada sistem PLTS berdasarkan luas seluruh atap menggunakan 36 unit panel surya 200 wp, 24 unit baterai 150Ah, 1 unit *inverter* 8 kW dan 1 unit *solar charge controller* 250 A.
2. Biaya total investasi PLTS selama 15 tahun pada sistem PLTS berdasarkan beban harian sebesar Rp. 318.103.346, biaya investasi PLTS selama 15 tahun pada sistem PLTS berdasarkan luas seluruh atap Rp. 478.782.406, dan biaya total investasi PLTS selama 15 tahun pada sistem PLTS *on grid* berdasarkan beban harian Rp. 47.996.526.
3. Kelayakan nilai investasi PLTS *rooftop* bagi perumahan dengan sistem PLTS berdasarkan beban harian memperoleh nilai *NPV* Rp.-209.932.101, untuk sistem PLTS berdasarkan luas seluruh atap memperoleh nilai *NPV* Rp. -182.529.881 dan sistem PLTS *on grid* berdasarkan beban harian memperoleh nilai *NPV* Rp -2.459.929.

Referensi

- [1] Y. Afrida, F. Fitriyono, and B. Setiabudi, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Home System," *J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 23–27.
- [2] A. Febrianto, W. Sunanda, and R. F. Gusa, "Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya: Studi Kasus di Kota Pangkalpinang," *J. Presipitasi Media Komun. dan Pengemb. Tek. Lingkung.*, vol. 16, no. 2, pp. 76–82.
- [3] M. Frastuti, "Faktor Ekonomi yang Mempengaruhi Minat Konsumen Untuk Menggunakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Kota Palembang," *BISEI J. Bisnis Dan Ekon. Islam*, vol. 5, no. 02, pp. 49–60.
- [4] G. A. R. Martha, I. A. D. Giriantari, and I. W. Sukerayasa, "Studi Performance Plts Rooftop 3kwp Frameless With On-Grid System Di Lingkungan Perumahan Kori Nuansa Jimbaran," *J. Indones. Sos. Sains*, vol. 3, no. 2, pp. 268–280.
- [5] Y. Kariongan and J. Joni, "Perencanaan dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop dengan Sistem On Grid sebagai Catu Daya Tambahan pada RSUD Kabupaten Mimika," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 6, no. 1, pp. 3763–3773.
- [6] A. W. Hasanah, T. Koerniawan, and Y. Yuliansyah, "Kajian Kualitas Daya Listrik PLTS Sistem Off-Grid Di STT-PLN," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, pp. 93–101.
- [7] N. Winanti, C. A. Mailoa, H. R. Iskandar, G. A. Setia, and N. T. Somantri, "System Optimization Design Of Rooftop Grid-Tied Solar Power Plant For Residential Customers In Indonesia," in *2021 3rd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS)*, IEEE, pp. 222–226.
- [8] M. Zainuddin, T. P. Handayani, W. Sunanda, and F. E. P. Surusa, "Transient stability assessment of large scale grid-connected photovoltaic on transmission system," in *2018 2nd International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA)*, IEEE, pp. 113–118.

- [9] P. Harahap, F. I. Pasaribu, C. A. P. Siregar, and B. Oktrialdi, "Performance of Grid-Connected Rooftop Solar PV System for Households during Covid-19 Pandemic," *J. Electr. Technol. UMY*, vol. 5, no. 1, pp. 26–31.