



Studi Teknis dan Ekonomis Sistem Plts Rooftop di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak Menggunakan Homer

Technical and Economic Study of the Rooftop Solar Power Plant System at Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak Using Homer

1*) Kurnia Hastama, 2) Ayong Hiendro, 3) Kho Hie Khwee

¹²³ Universitas Tanjungpura, Pontianak

Email: kurniahastama03@gmail.com

*Correspondence: Kurnia Hastama

DOI:

10.59141/comserva.v4i7.2607

ABSTRAK

Indonesia adalah salah satu negara yang dilalui oleh garis khatulistiwa dan beriklim tropis sehingga potensi energi matahari di Indonesia cukup tinggi. Potensi energi matahari harian rata-rata mencapai 4.8 kWh/m² karena sinar matahari tersedia hampir dari pagi sampai sore. Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap (PLTS rooftop) adalah proses pembangkitan energi listrik menggunakan modul fotovoltaik yang dipasang dan diletakkan pada atap, dinding atau bagian lain bangunan milik konsumen PT. PLN (Persero) serta menyalurkan energi listrik melalui sistem sambungan listrik konsumen PT. PLN (Persero). Penelitian ini akan memfokuskan pada PLTS rooftop sistem on-grid yang efisien dan ekonomis. Penelitian ini dilakukan untuk menghitung energi yang dibangkitkan PLTS rooftop sistem on-grid dan menghitung biaya PLTS yang optimum menggunakan HOMER di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak. Berdasarkan hasil dari studi teknis dan ekonomis PLTS sistem rooftop di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak didapatkan; dari sisi studi teknis dengan data rata-rata radiasi matahari perhari dalam satu tahun adalah 5.12 kWh/m²/day, data rata-rata temperature perhari dalam satu tahun adalah 26.36°C, 820.17 kWp panel surya, dan 1,320 kWp inverter diperoleh produksi energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 1,232,572 kWh/year. Sedangkan pada studi ekonomis yang dimulai dari biaya yang harus dikeluarkan sebagai biaya investasi awal dalam proyek ini sebesar Rp.5,636,236,000.00, kemudian total Net Present Cost selama proyek ini berjalan (30 tahun) sebesar Rp.1,967,832,000.00, dan rata-rata Cost Of Energy dari sistem sebesar Rp.66.70/kWh. Lalu proyek ini akan mengalami balik modal selama 4 tahun 11 bulan 24 hari dihitung dari terpasangnya sistem.

Kata kunci: PLTS Rooftop, HOMER, Studi Teknis, Studi Ekonomis, Gaia Bumi Raya City Mall

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries crossed by the equator and has a tropical climate so that the potential for solar energy in Indonesia is quite high. The average daily solar energy potential reaches 4.8 kWh/m² because sunlight is available almost from morning to evening. Rooftop Solar Power Plant (PLTS rooftop) is the process of generating electrical energy using photovoltaic modules that are installed and placed on the roof, walls or other parts of buildings owned by consumers of PT PLN (Persero) and distributing electrical energy through the electricity connection system of PT PLN (Persero) consumers. This research will focus on an efficient and economical on-grid rooftop solar power plant. This research was conducted to calculate the energy generated by PLTS rooftop on-grid system and calculate the optimum PLTS cost using HOMER at Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak. Based on the results of the technical and economic studies of the rooftop PLTS system at Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak, it is obtained; in terms of

technical studies with data on average solar radiation per day in one year is 5.12 kWh/m²/day, average temperature data per day in one year is 26.36 °C, 820.17 kWp solar panels, and 1,320 kWp inverter obtained electrical energy production generated by solar panels amounting to 1,232,572 kWh/year. While in the economic study starting from the costs that must be incurred as initial investment costs in this project amounted to Rp.5,636,236,000.00, then the total Net Present Cost during this project (30 years) amounted to Rp.1,967,832,000.00, and the average Cost of Energy from the system was Rp.66.70/kWh. Then this project will experience a return on capital for 4 years 11 months 24 days calculated from the installation of the system.

Keywords: *Rooftop solar power system, HOMER, Technical Study, Economic Study, Gaia Bumi Raya City Mall*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang dilalui oleh garis khatulistiwa dan beriklim tropis sehingga potensi energi matahari di Indonesia cukup tinggi. Potensi sumber daya alam Indonesia sangat besar terutama dari potensi energi surya apabila dapat dieksploitasi dengan tepat. Potensi energi matahari harian rata-rata mencapai 4.8 kWh/m² karena sinar matahari tersedia hampir dari pagi sampai sore. Energi matahari dapat dimanfaatkan dengan bantuan panel surya, yaitu dengan mengkonversi langsung radiasi matahari menjadi energi listrik [1].

Energi matahari merupakan energi alternatif terbaik diantara berbagai sumber energi terbarukan yang ada. Hal ini disebabkan karena proses perubahan dari energi matahari menjadi energi listrik lebih sederhana, karena tidak ada proses mekanis. Modul *photovoltaic* (PV) digunakan sebagai material untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Modul PV dapat menjadi sistem pembangkit listrik tenaga surya yang lebih besar saat terhubung antara satu dengan yang lainnya, baik dalam hubungan serial atau paralel. Sistem PLTS sudah banyak diimplementasikan secara mandiri, secara komunal atau terhubung ke sistem jaringan listrik PLN (*on-grid*). Selain memiliki potensi energi surya yang melimpah, PLTS di Indonesia merupakan sistem pembangkit listrik yang relatif mudah dalam tahap pembangunannya. Selain itu, pemerintah Indonesia terus berupaya untuk mendorong pengembangan PLTS yaitu dengan menerbitkan Peraturan Menteri No. 49 tahun 2018 tentang penggunaan PLTS atap yang dapat tersambung dengan jaringan *on-grid* [2].

Pengembangan energi terbarukan yang dapat digunakan untuk mengurangi ketergantungan manusia terhadap energi listrik yang berasal dari pembangkit listrik dengan bahan bakar fosil, seperti Mesin Diesel ataupun *Generator set* (Genset) yang mengkonsumsi minyak solar dan bensin sebagai bahan bakar utama. Sehingga salah satu langkah untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka langkah yang akan dilakukan adalah dengan menggunakan sistem pembangkit *hybrid* untuk menggabungkan lebih dari satu jenis pembangkit listrik, seperti: pembangkit energi matahari, angin, dan lain-lain yang dikombinasikan dengan Genset.

Kalimantan Barat merupakan daerah yang sangat cocok untuk pengembangan energi terbarukan, karena memiliki potensi sinar matahari yang sangat baik, sehingga untuk mengurangi penggunaan konsumsi bahan bakar fosil penggunaan energi terbarukan seperti energi matahari yang dikombinasikan dengan Genset adalah solusinya [3].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap (PLTS *rooftop*) adalah proses pembangkitan energi listrik menggunakan modul *fotovoltaik* yang dipasang dan diletakkan pada atap, dinding atau bagian lain bangunan milik konsumen PT. PLN (Persero) serta menyalurkan energi listrik melalui sistem sambungan listrik konsumen PT. PLN (Persero). Sistem PLTS *rooftop* secara konfigurasi sistemnya termasuk sistem *on-grid*, karena terhubung dengan jaringan listrik PLN. Artinya daya yang diproduksi oleh PLTS tidak hanya untuk penggunaan sendiri, melainkan bisa disalurkan ke sistem yang terhubung dengannya. Pada siang hari, ketika produksi listrik PLTS melebihi kebutuhan beban, maka kelebihan ini secara otomatis di salurkan ke *grid* dan secara otomatis kelebihan ini dicatat oleh kWh meter *ekspor-impor*. Namun, ketika produksi listrik PLTS tidak mencukupi kebutuhan beban, maka energi listrik PLTS diprioritaskan untuk digunakan dan sisa kekurangan listriknya disuplai dari *grid*. PLTS *rooftop* merupakan salah satu bentuk pembangkit listrik yang ramah lingkungan dan juga cocok dikembangkan di wilayah-wilayah perkotaan karena instalasi pembangkit ini dapat dipasang dan diletakkan pada atap, dinding atau bagian lain bangunan [4].

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) biasanya menjadi solusi untuk mengatasi krisis bahan bakar minyak dengan tujuan untuk mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit sekaligus untuk menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk kondisi kondisi tertentu sehingga dapat dicapai keandalan suplai, sehingga secara keseluruhan system dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien. Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) juga bisa memanfaatkan energi terbarukan sebagai sumber energi. *Hybrid Optimization Model for Electric Renewables* (HOMER) berfungsi untuk mendesain sistem micropower dan untuk memfasilitasi perbandingan teknologi pembangkit tenaga listrik. *Hybrid Optimization Model for Electric Renewables* (HOMER) memperbolehkan pemodel untuk membandingkan berbagai macam bentuk desain sistem secara teknis dan ekonomi. Untuk menganalisis semua kondisi dan kendala dari sistem hibrid. Dengan melihat pola konsumsi beban dapat memodelkan sistem energi *hybrid* yang paling optimal dengan kombinasi dari energi surya dan genset [5].

Penelitian ini akan memfokuskan pada PLTS *rooftop* sistem *on-grid* yang efisien dan ekonomis. Oleh karena itu, penulis memandang sangatlah perlu membuat studi teknis dan ekonomis sistem pembangkit listrik tenaga surya *rooftop* di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak. Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak dapat dibilang tidak menggunakan energi yang sedikit, sehingga membutuhkan pembiayaan yang cukup tinggi. Penggunaan listrik yang berasal dari PLN dengan daya sebesar 3,465 kVa, pihak pengelola Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak harus membayar sebesar Rp.1,114.74/kWh dan harga jual listrik ke PLN sebesar US\$5.63 sen/kWh (Perpres No. 112 Tahun 2022) yang dikonversikan ke Rupiah sebesar Rp.916.395 (kurs 15 Juni 2024; \$1 = Rp.16,277.00).

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung energi yang dihasilkan oleh PLTS *rooftop* sistem *on-grid* di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak dengan menggunakan perangkat lunak HOMER, serta menentukan biaya optimum untuk PLTS tersebut dengan bantuan analisis yang dilakukan melalui HOMER.

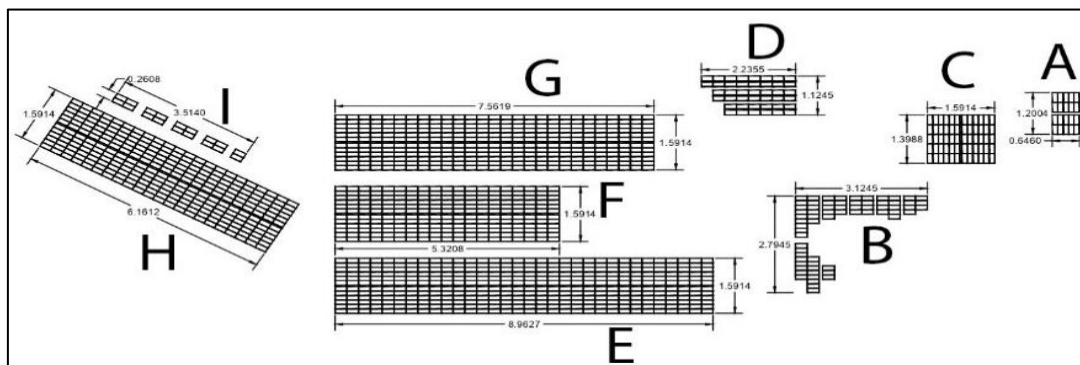
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak selama 3 bulan, memanfaatkan aplikasi HOMER untuk mengunduh data sumber daya dari NASA Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER) yang relevan dengan lokasi penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian meliputi spesifikasi panel surya Trina Solar 585 WP sebanyak 1,402 unit dan inverter Huawei SUN2000-100KTL-M1 sebanyak 12 unit, dengan detail spesifikasi seperti daya maksimum 585 WP dan efisiensi 22.65% untuk panel surya, serta daya aktif nominal 100 kW dan efisiensi 98.8% untuk inverter. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi laptop Acer Nitro AN515-52 dengan sistem operasi Windows 11, software HOMER untuk simulasi, smartphone POCO M4 Pro untuk dokumentasi, flashdisk untuk penyimpanan data, serta alat tulis dan kalkulator untuk mencatat dan menghitung data. Metode penelitian terdiri dari studi literatur yang mengumpulkan bahan pustaka terkait PLTS rooftop, observasi lapangan untuk mengamati langsung kondisi di Gaia Bumi Raya City Mall, dan prosedur penelitian yang meliputi tahap awal (mengumpulkan bahan pustaka dan data perencanaan), tahap pelaksanaan (menghitung energi yang dihasilkan dan biaya optimum PLTS menggunakan HOMER), serta tahap analisa (menyusun kesimpulan dan laporan penelitian).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Skema Panel Surya Yang Terpasang

Dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini yang merupakan skema panel surya yang terdiri dari 9 array di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak.



Gambar 1. Skema Panel Surya Yang Terpasang



Gambar 2. Panel Surya di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak

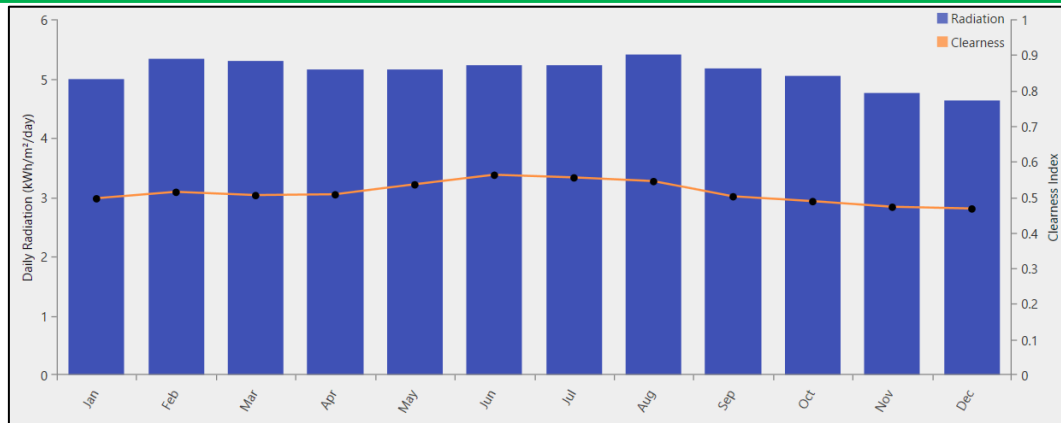
B. Simulasi HOMER

Proses simulasi dilakukan agar mendapatkan konfigurasi sistem terbaik melalui proses optimasi setelah yang dilakukan HOMER. Proses simulasi memodelkan dan merancang konfigurasi sistem secara khusus, maka proses optimasi dilakukan untuk menentukan kemungkinan terbaik dalam konfigurasi sistem. Dalam penelitian ini dilakukan 2 studi, yaitu studi teknis dan ekonomis. Berikut hasil dan pembahasan tentang studi teknis dan ekonomis sistem PLTS rooftop di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak menggunakan HOMER.

1. Studi Teknis

a. Data Radiasi Matahari

Dapat dilihat pada Gambar 4. 3 dan Tabel 4. 1 yang merupakan data dari radiasi matahari yang didapatkan menggunakan HOMER, diambil berdasarkan informasi koordinat lokasi keberadaan PLTS. Pada aplikasi HOMER tersedia fitur untuk mengunduh data radiasi matahari berdasarkan lokasi yang telah ditentukan. Sama seperti penentuan lokasi proyek, pengunduhan data informasi tentang radiasi matahari melalui NASA *Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER)*. Data radiasi matahari yang diperoleh merupakan rata-rata radiasi perbulan, sehingga data rata-rata radiasi perhari dalam satu tahun adalah $5.12 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$.



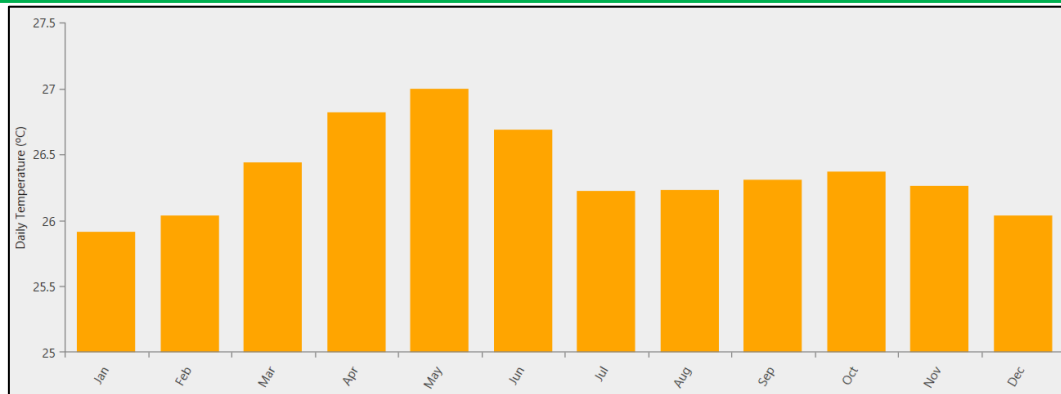
Gambar 3. Data Radiasi Matahari

Tabel 1. Data Radiasi Matahari Per Bulan

Bulan	Radiasi Matahari (kWh/m ² /day)
Januari	4.990
Februari	5.340
Maret	5.300
April	5.160
Mei	5.150
Juni	5.220
Juli	5.230
Agustus	5.400
September	5.180
Oktober	5.050
November	4.760
Desember	4.630
Rata-rata (kWh/m²/day)	5.12

b. Temperature

Dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 2 yang merupakan data dari *temperature* yang didapatkan menggunakan HOMER, diambil berdasarkan informasi koordinat lokasi keberadaan PLTS. Pada aplikasi HOMER tersedia fitur untuk mengunduh data *temperature* berdasarkan lokasi yang telah ditentukan. Sama seperti penentuan lokasi proyek, pengunduhan data informasi tentang *temperature* melalui NASA Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER). Data *temperature* yang diperoleh merupakan rata-rata *temperature* perbulan, sehingga data rata-rata *temperature* perhari dalam satu tahun adalah 26.36°C.



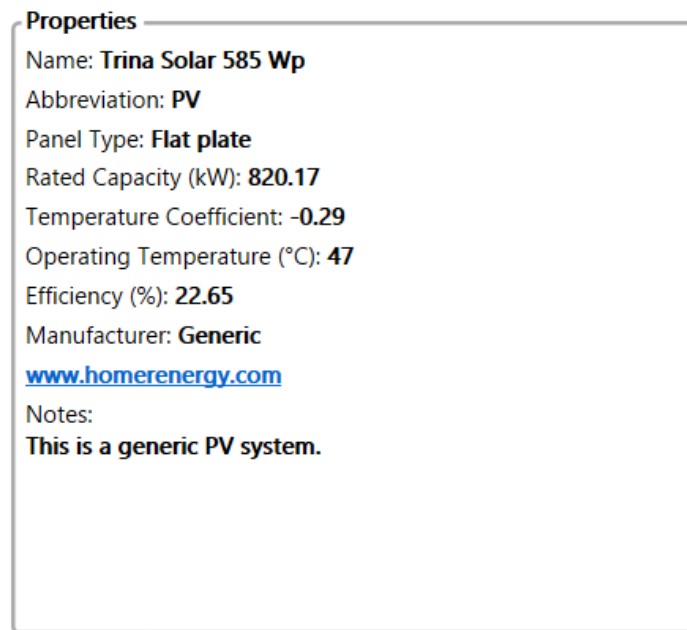
Gambar 4. *Data Temperature*

Tabel 2. *Data Temperature Per Bulan*

Bulan	Temperature (°C)
Januari	25.910
Februari	26.040
Maret	26.440
April	26.820
Mei	27.000
Juni	26.690
Juli	26.220
Agustus	26.230
September	26.310
Oktober	26.370
November	26.260
Desember	26.040
Rata-rata (°C)	26.36

c. Properties Panel Surya

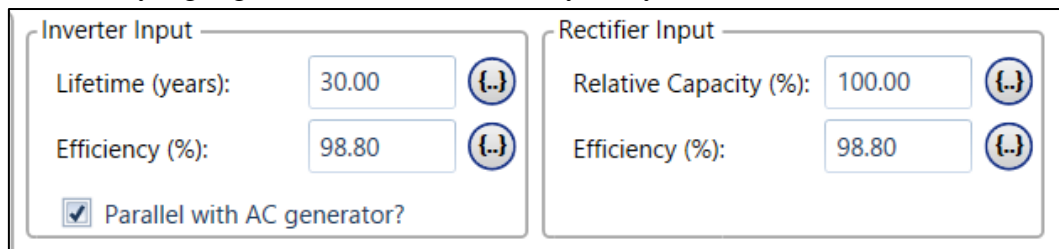
Dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini yang merupakan *properties* dari panel surya yang digunakan di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak.



Gambar 4. Properties Panel Surya

d. Properties Inverter

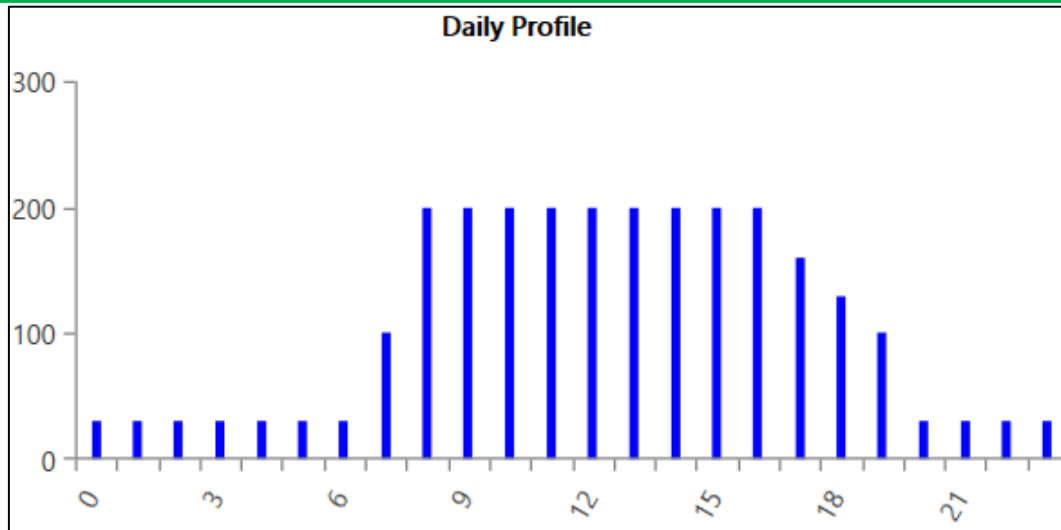
Dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini yang merupakan *properties* dari inverter yang digunakan di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak.



Gambar 5. Properties Inverter

e. Memasukan Beban Listrik

Data profil beban listrik yang digunakan adalah data profil beban yang sudah tersedia di HOMER. Profil beban yang digunakan pada penelitian ini adalah profil beban *commercial*. Profil yang digunakan hanyalah asumsi saja. Beban listrik yang digunakan seperti Gambar 8 dan Tabel 3 dibawah ini.



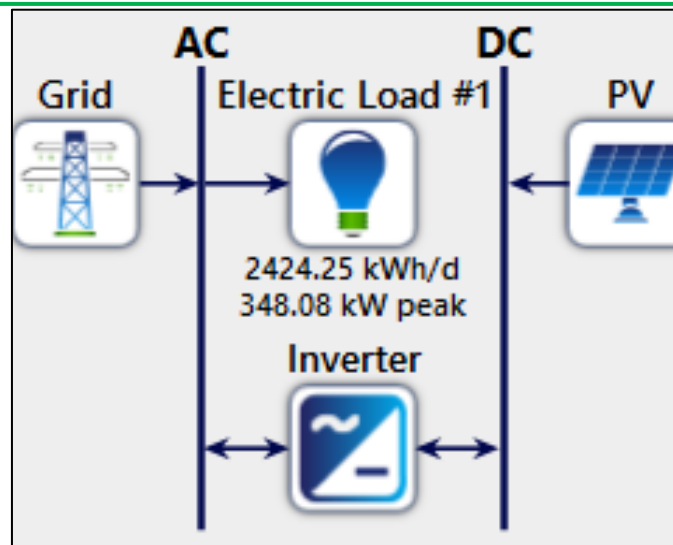
Gambar 6. Profil Beban Harian

Tabel 3. Beban Harian

<i>Hour</i>	<i>Load (kW)</i>	<i>Hour</i>	<i>Load (kW)</i>
0	30	12	200
1	30	13	200
2	30	14	200
3	30	15	200
4	30	16	200
5	30	17	160
6	30	18	130
7	100	19	100
8	200	20	30
9	200	21	30
10	200	22	30
11	200	23	30

f. Pemodelan Sistem PLTS

PLTS rooftop di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak merupakan sistem yang terkoneksi langsung dengan jaringan PLN. Dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini yang merupakan gambar dari proses pemodelan sistem PLTS yang terdiri dari grid PLN, profil beban listrik, 12 buah inverter Huawei SUN2000-100KTL-M1, dan 1,402 buah panel surya Trina Solar 585 Wp. PLTS rooftop di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak merupakan sistem yang terkoneksi langsung dengan jaringan PLN.



Gambar 7. Pemodelan Sistem PLTS

g. Produksi Energi

Dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini yang merupakan produksi listrik tahunan di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak.

Tabel 4. Produksi Listrik

<i>Production</i>	<i>kWh / year</i>	<i>%</i>
Trina Solar 585 Wp	1,232,572	80.3
Grid Purchases	301,539	19.7
Total	1,534,111	100

h. Konsumsi Energi

Dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini yang merupakan konsumsi listrik tahunan di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak.

Tabel 4. Konsumsi Listrik

<i>Consumption</i>	<i>kWh / year</i>	<i>%</i>
AC Primary Load	884,852	58.2
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Grid Sales	634,468	41.8
Total	1,519,320	100

2. Studi Ekonomis

a. Menghitung Biaya Investasi Awal

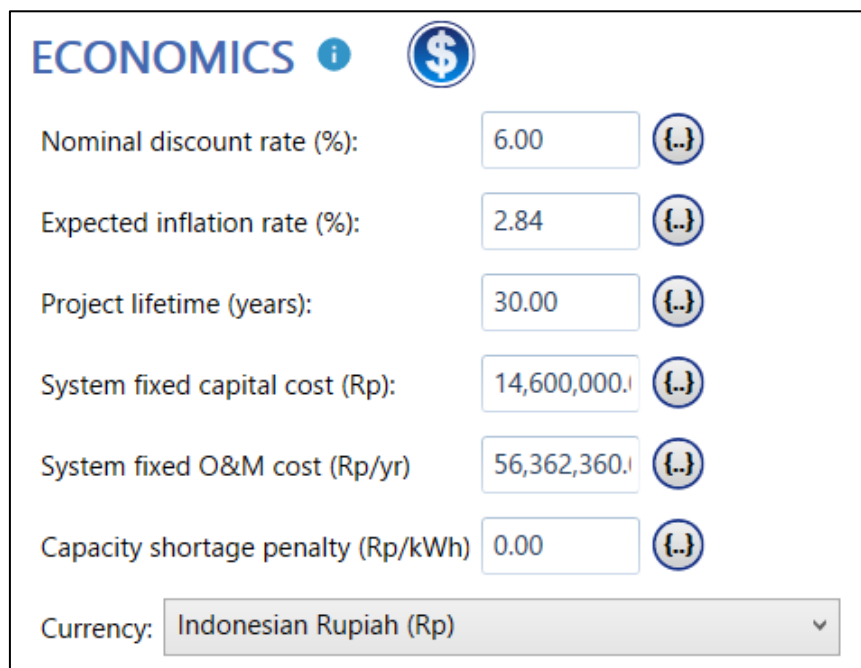
Berikut komponen utama PLTS yang akan digunakan. Informasi harga ini saya ambil dari toko online. Dari sini kita bisa melihat berapa investasi awal yang harus dikeluarkan.

Tabel 5. Biaya Investasi Awal

No	Komponen	Volume	Harga Satuan	Total Harga
1	Panel Surya Trina Solar 585 Wp	1,402	Rp.3,500,000.00	Rp.4,907,000,000.00
2	Inverter Huawei SUN2000-100KTL-M1	12	Rp.59,553,000.00	Rp.714,636,000.00
3	Kabel AC NFA2X 500m	4	Rp.3,650,000.00	Rp.14,600,000.00
Biaya Investasi Awal				Rp.5,636,236,000.00

b. Ekonomis

Data masukan pada jendela ekonomi berupa nilai diskon, nilai inflasi, lamanya proyek dan mata uang. Karena lokasi proyek di Indonesia maka mata uang adalah rupiah, tingkat diskon 6% (BI-Rate) dan tingkat inflasi 2.84% (Mei 2024), dan lamanya proyek yang telah asumsikan adalah 30 tahun.



Gambar 8. Data analisis ekonomi

c. Maksimal Daya dan Total Harga Panel Surya

Panel surya yang digunakan di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak adalah Trina Solar 585 Wp berjumlah 1,402 buah, memiliki maksimal daya sebesar 858 WP. Dengan harga per satu set panel Rp.3,500,000.00. Jumlah daya maksimal panel adalah maksimal daya per satuan panel dikalikan jumlah banyaknya panel surya yang terpasang sehingga jumlah maksimal daya sebesar 820.17 kW, dan total harga panel adalah harga per satu set panel dikalikan jumlah banyaknya panel yang terpasang sehingga total harga panel sebesar Rp.4,907,000,000.00.

Capacity (kW)	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp/year)
820.17	4,907,000,000.00	0.00	0.00
Lifetime		time (years): 30.00	More...

Gambar 9. Maksimal Daya dan Total Harga Panel Surya

d. Maksimal Daya dan Total Harga Inverter

Inverter yang digunakan di Gaia Bumi Raya *City Mall* Pontianak adalah HUAWEI SUN2000-100KTL-M1 berjumlah 12 buah, memiliki maksimal daya sebesar 110 kW dengan harga per satu set inverter Rp.59,553,000.00. Jumlah maksimal daya adalah jumlah daya per satuan inverter dikalikan jumlah banyaknya inverter yang terpasang sehingga jumlah maksimal daya sebesar 1,320 kW, dan total harga inverter adalah harga per satu set inverter dikalikan jumlah banyaknya inverter yang terpasang sehingga total harga inverter sebesar Rp.714,636,000.00.

Capacity (kW)	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp/year)
1320	Rp714,636,000.00	Rp0.0	Rp0.0

Gambar 10. Maksimal Daya dan Total Harga Inverter

e. Memasukan Tarif Listrik Jaringan

Tarif listrik jaringan berbeda-beda tergantung tingkatan yang telah dibagi oleh PT Perusahaan Listrik Negara (PERSERO), dikarenakan Gaia Bumi Raya *City Mall* Pontianak menggunakan 3,465 kVA, maka tarif per kWh adalah Rp.1,114.74 sedangkan harga jual energi ke PLN sebesar US\$5.63 sen/kWh (Perpres No. 112 Tahun 2022) yang dikonversikan ke Rupiah sebesar Rp.916.395 (kurs 15 Juni 2024; \$1 = Rp.16,277.00).

Grid Power Price (Rp/kWh):	1,114.740	(.)
Grid Sellback Price (Rp/kWh):	916.395	(.)

Gambar 11. Tarif Listrik Dari PLN per kWh

f. Kalkulasi

Hasil konfigurasi berupa 820.17 kW panel surya, inverter 1.320 kW dan jaringan (*grid*) seperti tabel Gambar 13 dan 14 dibawah ini.

PV (kW)	Grid (kW)	Inverter (kW)	Dispatch	NPC (Rp)	COE (Rp)
820	999,999	1,320	CC	Rp1.97B	Rp66.70

Gambar 12. Hasil Kalkulasi HOMER

Total NPC:	Rp1,967,832,000.00
Levelized COE:	Rp66.70

Gambar 13 .Total NPC dan Levelized COE

Dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14 diatas yang merupakan nilai dari NPC dan COE dari sistem PLTS yang diteliti. Net Present Cost (NPC) dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14, dengan total NPC sebesar Rp 1,967,832,000.00. Hasil konfigurasi sistem yang paling optimal ditentukan oleh besarnya NPC, karena NPC adalah biaya keseluruhan sistem selama jangka waktu tertentu. Oleh karena itu, HOMER mengurutkan hasil optimasi berdasarkan NPC terendah. Total biaya NPC mencakup semua biaya yang dikeluarkan selama proyek berlangsung, terdiri dari biaya komponen, biaya pengganti, biaya pemeliharaan, biaya bahan bakar, dan biaya suku bunga. Selanjutnya, untuk Cost of Energy (COE), dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14, dengan rata-rata COE sebesar Rp 66.70/kWh. Dari sisi ekonomi, biaya energi PLTS berbeda dengan biaya energi untuk pembangkit konvensional. COE dihitung untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan per 1 kWh dari desain sistem. Mengenai Payback Period, perlu diketahui bahwa software HOMER tidak menghitung payback period, sehingga perhitungan dilakukan secara manual. Waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal biaya pembangunan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.4) dan (2.5). Income per year dihitung dengan rumus: $\text{Income per Year} = \text{Total Energy Production} \times \text{Selling Price} = 1,232,572 \text{ kWh/year} \times \text{Rp } 916.395 = \text{Rp } 1,129,522,817.94$.

Payback period dihitung sebagai: $\text{Payback period} = (\text{Investment Cost}) / (\text{Income Per Year}) = (\text{Rp } 5,636,236,000.00) / (\text{Rp } 1,129,522,817.94) = 4.99 \text{ tahun}$. Waktu yang dibutuhkan untuk pengembalian modal biaya yang dikeluarkan untuk membangun PLTS rooftop di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak adalah 4 tahun 11 bulan 24 hari.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi teknis dan ekonomis pada PLTS sistem rooftop di Gaia Bumi Raya City Mall Pontianak, didapatkan bahwa rata-rata radiasi matahari per hari selama satu tahun adalah 5.12 kWh/m²/hari dan suhu rata-rata harian adalah 26.36°C, dengan kapasitas panel surya sebesar 820.17 kWp dan inverter sebesar 1,320 kWp. Produksi energi listrik dari panel surya mencapai 1,232,572 kWh/tahun. Dari sisi ekonomi, biaya investasi awal untuk proyek ini adalah Rp.5,636,236,000.00, dengan Total Net Present Cost selama proyek 30 tahun sebesar Rp.1,967,832,000.00 dan rata-rata Cost of Energy sebesar Rp.66.70/kWh. Proyek ini diperkirakan akan mencapai balik modal dalam waktu 4 tahun, 11 bulan, dan 24 hari sejak pemasangan sistem. Saran bagi penelitian selanjutnya adalah melakukan penelitian di lokasi yang mudah diakses, memastikan ketepatan dan akurasi data, menghitung serta memasukkan

data secara cermat, dan melakukan perhitungan serta simulasi berulang hingga hasilnya konsisten dan dapat diandalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Satria, H., & Syafii “Sistem Monitoring Online dan Analisa Performansi PLTS Rooftop Terhubung ke Grid PLN,” *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 14, no. 2, h. 136-144, 2018
- Effendy, M., & kawan-kawan “Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Rayz Universitas Muhammadiyah Malang.” *Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 23 no. 1, h. 95-106, 2024
- Hendra, K., Junaidi, & Hiendro, A. “Studi Ekonomis Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Genset Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Pada Gedung Perkantoran.” *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 7, no. 1, h. 1-11, 2019.
- Rafli, Ilham, J., & Salim, S. . “Perencanaan dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop Pada Gedung Fakultas Teknik UNG.” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 4, no. 1, h. 8-15, 2022.
- Erliansyah, A., Hiendro, A., & Purwoharjono, “Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Surya-Genset Pada Kantor Gubernur Kalimantan Barat.” *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, vol. 6, no. 1, h. 1-8, 2018.
- Sudarmono, Waluyo, J., & Wilopo, W. “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pembasmi Serangga Pada Tanaman Bawang Merah Di Kabupaten Brebes.” *Journal of Appropriate Technology for Community Services*, vol. 1, no. 1, h. 35-39, 2020.
- Modjo, S. “PLN vs Energi Terbarukan: Peraturan Menteri ESDM Terkait Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap.” *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, vol. 6, no. 1, h. 19-40, 2019
- Roza, E., & Mujirudin, M. “Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik Uhamka.” *Ejournal Kajian Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, h. 16-30, 2019.
- Haryadi, F. N., Simaremare, A. A., Hakam, D. F., Aditya, I. A., & Haryani, I. “Strategies For Increasing The Use Of Rooftop PV In Indonesia.” *Journal of Develoving Economies*, vol. 7, no. 1, h. 70-83, 2022.
- Fetyan, K. M., & Hady, R. “Performance evaluation of on-grid PV systems in Egypt.” *Water Science*, vol. 35, no. 1, h. 63-70, 2021.
- Chamdareno, P. G., & Hilal, H. “Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PLTD-PLTS di Pulau Tunda Serang Banten.” *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOMputeR)*, vol. 1, no. 1, h. 35-42, 2018.
- Wida, D. A. K., Sumaja, K., Wiguna, P. P. H. “Analisis Hubungan Intensitas Radiasi Dan Lama Penyinaran Matahari Dengan Parameter Cuaca Di Stasiun Meteorologi Ngurah Rai Serta Pengaruhnya Terhadap Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Bali Selatan.” *Buletin Meteo Ngurah Rai*, vol. 5, no. 1, h. 1-7, 2019.
- Purwoto, B. H., Jatmiko, Fadilah, M, A., & Huda, I, F. “Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif.” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 18, no. 1, 20, h. 10-14, 2018.

-
- Nahela, S., Faridyan, I. F., Rachman, N. A., Risdiyanto, A., & Susanto, B. “Analisa Unjuk Kerja Grid Tied Inverter Terhadap Pengaruh Radiasi Matahari dan Temperatur PV pada PLTS On-Grid.” *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 2, h. 60-65, 2019.
- Sujana, P. A., Kumara, I. N. S., & Giriantari, I. A. D. “Pengaruh Kebersihan Modul Surya Terhadap Unjuk Kerja PLTS.” *E-Journal Spektrum*, vol. 2, no. 3, h. 49-54, 2015.
- Suryana, D., & Ali, M. M. “Pengaruh temperatur/suhu terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya jenis monokristalin (studi kasus: Baristand Industri Surabaya).” *Jurnal teknologi proses dan inovasi industry*, vol. 2, no. 1, h. 49-52, 2016.
- Windarta, j., Sinuraya, E. W., Abidin, A. Z., Setyawan, A. E., & Angghika. “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berbasis Homer Di Sma Negeri 6 Surakarta Sebagai Sekolah Hemat Energi Dan Ramah Lingkungan.” *Prosiding Seminar Nasional MIPA Kolaborasi*, vol. 2, no. 1, h. 21-36, 2020.
- Pavlovic, T. M., Milosavljevic, D. D., & Pirsl, D. S. “Simulation Of Photovoltaic Systems Electricity Generation Using Homer Software In Specific Locations In Serbia.” *Thermal Science*, vol. 17, no. 2, h. 333-347, 2013.
- Indrawan, J., Kwee, K. H., & Hiendro, A. “Perencanaan Pembangkit Listrik Hibrida Angin – Biomassa – Diesel - Surya Di Desa Penjernang, Kecamatan Sungai Tebelian Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat.” *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 10, no. 1, h. 1-12, 2022.
- Nisworo, S., Pravitasari, D., Kusworo, Z. A., Ashari, & Khan, N. A. “Study of Wind Power Plant for Alternative Energy in Vannamei Litopenaeus Shrimp Cultivation.” *Journal of Renewable Energy, Electrical, and Computer Engineering*, vol. 2, no. 2, h. 77-83, 2022



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).