



ANALYSIS OF HOUSE ROOF PLTS BASED ON THE PVSyst APPLICATION IN HOUSING IN BANJAR SERANG DISTRICT

ANALISA PLTS ATAP RUMAH BERBASIS APLIKASI PVSyst DI PERUMAHAN BANJAR SERANG REGENCY

Sodikul Amin¹, Woro Agus Nurdiyanto²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pamulang

E-mail: sodikul102@gmail.com¹, dosen00855@unpam.ac.id²

ARTICLE INFO

Correspondent:

Sodikul Amin

sodikul102@gmail.com

Key words:

PVSyst 7.4.0, Rooftop PLTS, energy production, energy investment

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Page: 735 - 754

ABSTRACT

The Serang City PLTS is capable of producing 2,383.6 kWh of electricity per year or an average of 198 kWh per month. With 214.2 kWh, September has the greatest potential, while January has the lowest potential (186.2 kWh). The potential energy produced by PLTS is sufficient to cover all the electrical energy consumed, based on a comparison of potential energy consumption and real energy consumption. Considering that the actual output is much higher than the production estimate, in theory the construction of a rooftop solar power plant in Serang City can be said to be feasible. The construction of this PLTS requires installation expenditure which is still expensive at this time. Therefore, economic calculations are needed which include the amount of initial investment that must be provided. PVSyst Software Simulation Results for investment feasibility where the initial investment cost is Rp. 25,255,000 and the price of electricity is Rp. 1,444 /kWh. For equipment deviation, it is 5% and the payback obtained for this research period is 11 years 4 months. This research produces a cumulative profit in the 12th year, namely Rp. 1,151,021, the Return of Investment (ROI) value was 220.3% and a positive Net Present Value (NPV) was obtained, namely Rp. Rp. 25,984,522 then this research from an economic perspective can be said to be feasible.

Copyright © 2024 JSCR. All rights reserved.

INFO ARTIKEL

Koresponden

Sodikul Amin
sodikul102@gmail.com

Kata kunci:

PVSyst 7.4.0, PLTS Atap,
produksi energi, investasi
energi

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Hal: 735 - 754

ABSTRAK

PLTS Kota Serang mampu menghasilkan listrik sebesar 2.383,6 kWh per tahun atau rata-rata 198 kWh setiap bulannya. Dengan 214,2 kWh, bulan September mempunyai potensi paling besar, sedangkan bulan Januari mempunyai potensi paling rendah (186,2 kWh). Energi potensial yang dihasilkan oleh PLTS cukup mampu menutupi seluruh energi listrik yang dikonsumsi, berdasarkan perbandingan konsumsi energi potensial dan konsumsi energi riil. Mengingat output aktual jauh lebih tinggi dari perkiraan produksi, maka secara teori pembangunan pembangkit listrik tenaga surya atap di Kota Serang dapat dikatakan layak. Pembangunan PLTS ini membutuhkan pengeluaran pemasangan yang masih mahal untuk saat ini. Oleh sebab itu, dibutuhkan perhitungan ekonomi yang meliputi besarnya investasi dini yang mesti disediakan. Hasil Simulasi Software PVSyst untuk kelayakan investasi dimana biaya investasi awal adalah Rp. 25.255.000 dan harga energi Listrik adalah sebesar Rp. 1.444 /kWh. Untuk Deviasi peralatan yaitu 5 % dan didapatkan Payback Periode penelitian ini adalah 11 tahun 4 bulan, pada penelitian ini menghasilkan profit kumulatif pada tahun ke-12 yaitu Rp. 1.151.021, nilai Return of Investment (ROI) 220,3 % dan didapatkan jumlah Net Present Value (NPV) positif yakni Rp. Rp. 25.984.522 maka penelitian dari sisi ekonomi ini dapat dikatakan layak.

Copyright © 2024 JSCR. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan komponen utama sumber energi yang akan membantu pemerintah mencapai target bauran energi baru terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025 (Sopandi, dkk., 2021).

Karena letaknya yang tropis dan melintasi garis khatulistiwa, Indonesia mempunyai kemampuan energi panas matahari yang signifikan. Di Indonesia, rata-rata variasi radiasi matahari per bulan adalah 9%. Hal ini berarti rata-rata 4,8 kWh/m², atau 112.000 GWp/hari (Ramadhan, 2023).

Teknologi tenaga surya secara luas diklasifikasikan bertabiat aktif maupun pasif, bergantung dari metode teknologi tersebut menangkap, mengganti serta mendistribusikan cahaya matahari. Metode surya aktif tercantum menggunakan panel photovoltaic ataupun pengumpul iradiasi yang menggunakan perlengkapan elektrik ataupun mekanikal untuk mengganti radiasi matahari menjadi energi keluaran. Sedangkan metode surya pasif tercantum antara lain memusatkan konstruksi gedung ke arah matahari, memilah material dengan massa thermal yang di idamkan serta merancang ruang dengan peredaran cuaca natural (Mayasari *et al.* 2022).

Faktor bayangan berdampak pada kinerja panel surya, kehadiran bangunan akan mendistorsi output dan membuat tata letak panel surya menjadi kurang ideal. Arah

dan sudut panel surya mempengaruhi seberapa banyak energi matahari yang diserap karena mengoptimalkan dan mengurangi efek bayangan pada sistem fotovoltaik, sehingga memungkinkannya beroperasi pada tegangan nominalnya. Panel surya untuk meningkatkan efisiensi penyerapan energi matahari (Arratri, 2022).

Jika dibandingkan dengan sumber EBT lainnya, PLTS menawarkan sejumlah keunggulan, antara lain kemampuan mendistribusikan radiasi matahari ke seluruh Indonesia, kemudahan instalasi dan konstruksi, serta teknologi yang cukup mapan dan teruji. Kekurangan utama PLTS adalah sumber energi surya yang tidak tersedia pada malam hari dan sangat dipengaruhi oleh faktor meteorologi harian. PLTS dibagi menjadi dua kategori berdasarkan keterkaitannya dengan jaringan grid PLN: PLTS On-Grid dan PLTS Off-Grid. Jika PLTS off-grid menggunakan outputnya secara langsung tanpa terhubung ke jaringan PLN dan menyimpan daya listrik yang dihasilkan dari konversi PLTS dalam baterai, maka PLTS on-grid menyuntikkan daya outputnya langsung ke jaringan PLN (Sopandi, dkk., 2021).

Oleh karena itu tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui besar potensi energi yang terdapat pada rumah sederhana dalam rangka ikut serta membangun tercapainya program pemerintah. Dalam Penulisan tugas akhir ini penulis melakukan analisa teknis dan ekonomi penggunaan PLTS grid connected pada atap Rumah Sederhana dengan menggunakan Software perangkat lunak *PV-syst 7.4.0* dengan mempelajari penelitian terdahulu yang relevan mengenai potensi energi surya serta menjadikan landasan teori ilmiah terkait penelitian ini.

Pembangunan PLTS ini membutuhkan pengeluaran pemasangan yang masih mahal untuk disaat ini. Oleh sebab itu, dibutuhkan perhitungan ekonomi yang meliputi besarnya investasi dini yang mesti disediakan. Tidak hanya itu dibutuhkan kajian ekonomi serta penelitian kelayakan proyek guna menghitung berapa lama pengembalian investasi awal serta layak ataupun tidak Pembangunan pembangkit listrik tenaga surya tersebut. Penelitian ini bertujuan guna memperoleh hasil simulasi perancangan PLTS Atap di Perumahan Kota Serang dengan memakai aplikasi *PVSyst*. Dengan simulasi juga didapatkan tenaga listrik yang dihasilkan PLTS setelah itu hendak dibanding dengan penciptaan riil dari PLTS tersebut, selanjutnya menggunakan kajian keekonomian kemajuan PLTS dengan mengacu pada pembangunan pembangkit listrik tenaga surya yang memungkinkan secara komersial. Kembali ke total energi yang dihasilkan dengan mendirikan pembangkit listrik tenaga surya, dimulai dengan anggaran investasi awal (modal) dan juga ke biaya investasi awal (modal) untuk pembelian komponen, biaya pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan komponen. Berdasarkan latar belakang di atas maka dalam penelitian ini akan dilakukan studi untuk mengetahui produksi energi PLTS dengan cara simulasi, Analisa antara simulasi dan produksi riil, kajian ekonomi, dari Pembangunan PLTS atap (Riawan, dkk., 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh (Riawan, dkk 2022) dengan judul “Analisis Performansi dan Ekonomi PLTS Atap 10 kWp pada Bangunan Rumah Tangga di Desa Batuan Gianyar” membahas tentang kajian energi listrik dan ekonomi yang dihasilkan. Melakukan simulasi kinerja, perbandingan, dan penilaian terhadap kelayakan investasi pembangunan PLTS. *PVsyst* digunakan untuk simulasi, dan berbagai metodologi, termasuk *NPV*, *IRR*, *BCR*, *PI*, dan *PP*, digunakan untuk menilai kelayakan investasi perhitungan dengan tingkat ketelitian yang tinggi dengan mengaplikasikan program *PVSyst*. Perbedaan dengan penelitian saat ini yaitu pada

pemodelan system PLTS yang digunakan, lokasi penelitian, dan kapasitas PLTS yang digunakan dari persamaan dengan penelitian saat ini yaitu dari penggunaan *software* menggunakan *PV Syst*.

METODE PENELITIAN

Untuk mempermudah penelitian yang dilakukan supaya lebih terarah maka dibuat suatu *flowchart*/ diagram alur. Berikut *flowchart* penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Untuk mempermudah penelitian yang dilakukan supaya lebih terarah maka dibuat suatu *flowchart*/ diagram alur. Berikut *flowchart* penelitian yang dilakukan.

Gambar 1 menunjukkan *Flowchart* untuk memudahkan dalam Penelitian, maka dapat dijelaskan pembahasan setiap Langkah pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pemahaman Dasar Teori PLTS

Langkah ini dilaksanakan untuk memahami apa yang menjadi dasar Perencanaan PLTS, dilaksanakan pencarian mengenai landasan teori yang diperoleh dari jurnal terkait, buku dan lainnya untuk memenuhi teori dan konsep pada penelitian ini, supaya peneliti mempunyai landasan pengetahuan yang benar dan sesuai fakta.

2. Survei Lokasi Penelitian

Langkah ini dilakukan untuk mengumpulkan data yang diperlukan seperti beban pemakaian Kwh perHari selama satu bulan, data penelitian ini menggunakan

beberapa macam cara seperti wawancara, dan observasi dalam melaksanakan pengamatan dan analisa objek kelayakan yang akan diteliti sehingga dapat menghasilkan data dan penjelasan yang diperlukan peneliti.

3. Studi Literatur

Langkah ini yang dijadikan standar atau rujukan saat menyusun penulisan tugas akhir yaitu jurnal yang membahas tentang energi baru terbarukan yang berkaitan dengan energi matahari, selain referensi terkait desain *Photovoltaic Grid* dengan bantuan data satelit yang mampu menyajikan data keadaan iklim, suhu, dan yang terpenting data intensitas radiasi matahari pada lokasi penelitian di Kota Serang dengan titik koordinat yang telah ditentukan.

4. Identifikasi dan Pengumpulan Serta Olah Data Pendukung Penelitian

Pada Langkah ini dilakukan Identifikasi dan Pengumpulan Data yang sudah didapatkan pada saat Survei Lokasi Penelitian Data primer maupun Data Sekunder.

5. Pengolahan Data *PVsyst* 7.4.0

Pada Langkah ini peneliti mengolah Data mulai dari penentuan titik koordinat, orientasi sudut kemiringan, dan juga system yang akan digunakan seperti PV Module, Inverter dan sebagainya apabila sudah sesuai akan dilanjutkan Langkah berikutnya.

6. Simulasi Hasil Report Software *PVSyst*

Setelah menginput data pada Software *PVSyst* selanjutnya peneliti mendapatkan hasil pengolahan data Report software *PVSyst* dengan harapan untuk memberikan gambaran suatu sistem PLTS yang akan digunakan apabila belum sesuai hasil yang diinginkan peneliti akan menginput ulang parameter apa saja yang belum pas, dan apabila hasil sudah sesuai yang diinginkan peneliti melanjutkan Langkah berikutnya.

7. Perbandingan Data Riil

Langkah ini dilakukan untuk membandingkan hasil simulasi pada perangkat *PVSyst* dengan data riil sehingga peneliti mendapatkan suatu gambaran system yang ada akan berjalan secara optimal.

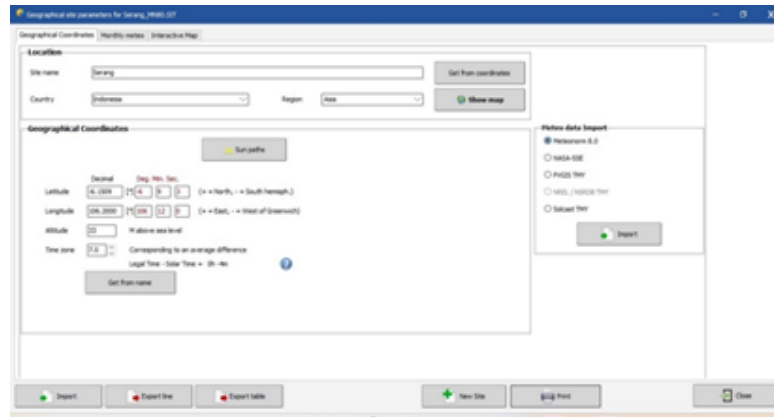
8. Kesimpulan

Langkah ini dilakukan untuk menyimpulkan hasil dari analisis serta sudut pandangan penulis terhadap penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

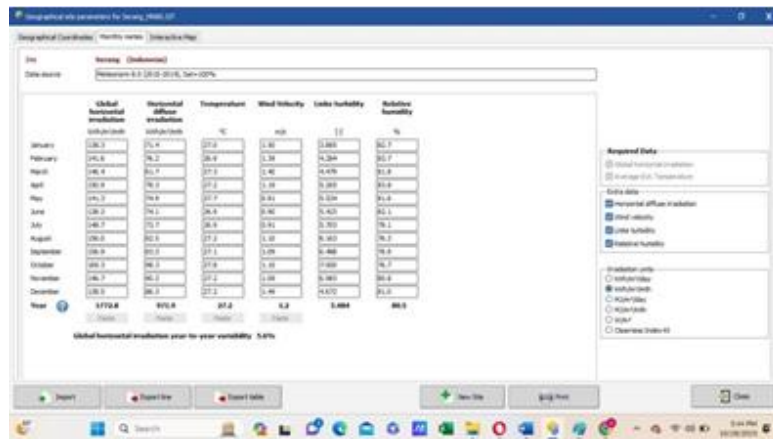
A. Input Data Base *PVSyst*

Setelah dilasanakan survei ke lokasi penelitian didapat titik *Cordination* dengan *latitude* -6.15° S dan *longitude* 106.20° E *altitude* 33 m *time zone* UTC+7 sebelum menentukan potensi wilayah yang kita tetapkan Pembangunan pembangkit listrik tenaga surya, ada parameter yang harus di masukkan sebelum menentukan potensi wilayah, peneliti menginput data base terlebih dahulu dengan mengklik *geographical sites* , setelah selesai menunjukkan sebuah peta *interactive map* selanjutnya mengklik *locality*, agar mengetahui titik *coordinate*, selanjutnya klik bagian *coordination* dengan itu peneliti akan menginput *latitude* dan *longitude* dengan menggunakan global solar atlas lokasi, kita *copy paste* dan masukkan ke *latitude* dan *longitude* yang ada didalam *software PVSyst*, selanjutnya klik bagian gambar *get from coordination* dan akan mengarahkan ke lokasi yang sesuai dengan *latitude* dan *longitude* seperti Gambar 2.



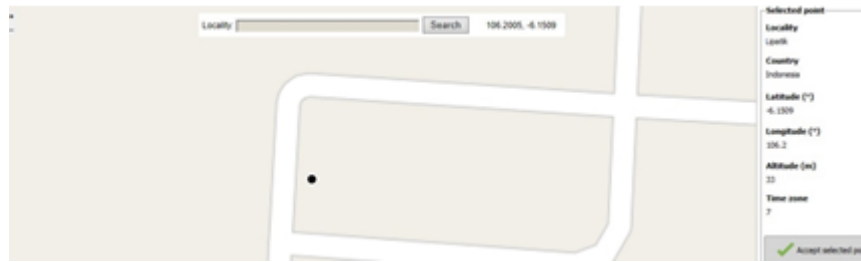
Gambar 2. Data Titik Lokasi, Latitude dan Longitude

Sesudah diarahkan ke lokasi penelitian, tahap selanjutnya peneliti menginput data meteo data import dengan memuat sebuah data high data *temperature* dan data kecepatan angin dan lainnya, diaplikasi *PVSyst 7.4.11* kita bisa menggunakan data nasa data *pvg* atau *showcase*, karena untuk fitur ini cukup mendekati data *risotes* menggunakan global solar atlas, karena data base solargis merupakan bagian dari global solar atlas dan mendekati dengan metronom 8.0 dan selanjutnya peneliti mengklik bagian *import* untuk meng-*import* data ke *meteo monthly* seperti Gambar 3.



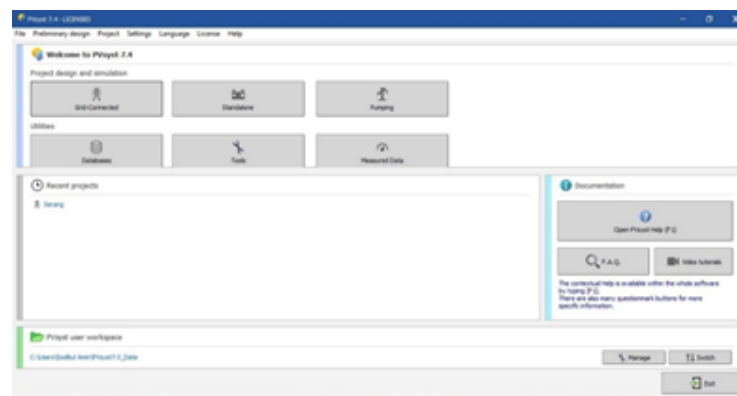
Gambar 3. Monthly Meteo

Dari Gambar 2 data selesai di *import* kedalam *meteo monthly* maka peneliti sudah mendapatkan data base yang akan digunakan untuk mensimulasikan daerah yang akan dibangun PLTS, yang terdapat dari data GHI nya 1660.4 kWh/m² dan dari meteo monthly 1772.8, sesudah semua selesai klik Interactive map akan secara default diarahkan ke lokasi tersebut, seperti yang terlihat pada Gambar 4.



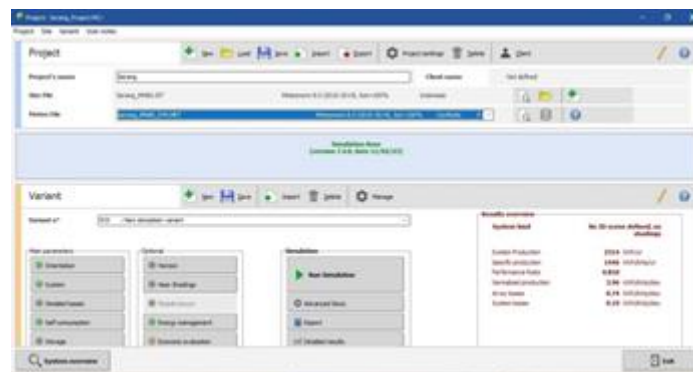
Gambar 4. Interactive Map

Setelah data base tertampil lalu kita *save* data base tersebut sesuai dengan nama lokasi yang kita buat seperti pada Gambar 5.



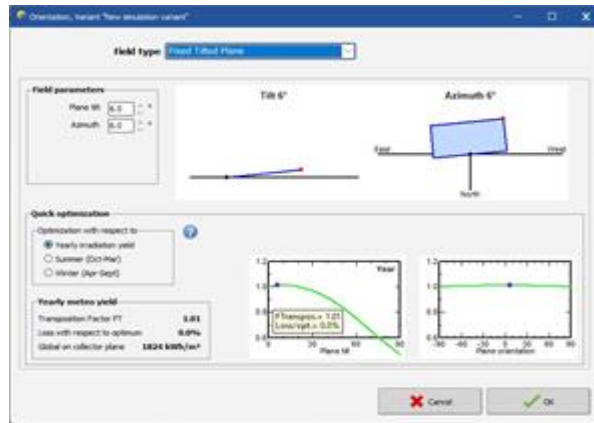
Gambar 5. Tampilan Menu Awal

1. Tahap pertama untuk menentukan parameter apa saja yang akan dimasukkan peneliti mengklik *Grid-Connection* dimana *Grid-Connection* yaitu *system* yang akan dipakai *OnGrid* ke PLN, setelah mengklik *Grid-Connection PVSyst* akan mengarahkan langsung ke tampilan Gambar 6.



Gambar 6. Grid-Connection

2. Tahap kedua peneliti memasukkan *Orientation* dimana sudut kemiringan nya diatur sesuai yang kita inginkan, peneliti memasukkan *tilted* atau kemiringan 6° untuk azimuth 6° , apabila sudah terisi maka menu *orientation* akan berwarna hijau dimana artinya data sudah sesuai yang kita inginkan.



Gambar 7. Orientation

Aplikasi Pemasangan PV Modul diatap



Gambar 8. Posisi PV Modul



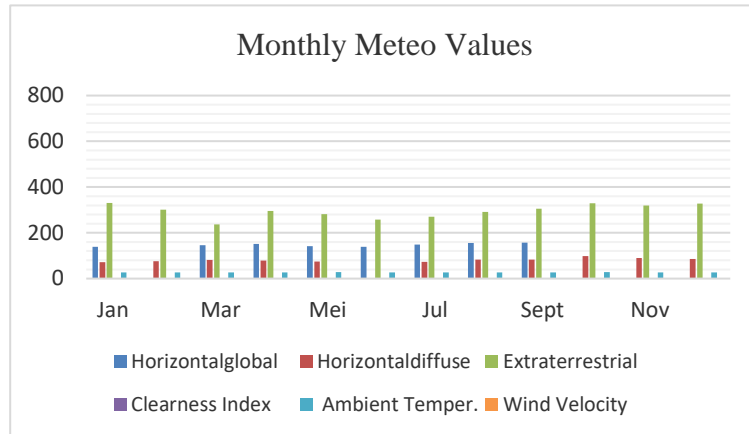
Gambar 9. Spesifikasi PV Modul

3. Setelah dilakukan survei ke lokasi penelitian didapatkan data konsumsi rata-rata pemakaian beban Kwh perhari, data penelitian ini menggunakan beberapa macam cara seperti wawancara, dan observasi. Selanjutnya peneliti melakukan olah data konsumsi energi atau beban pemakaian listrik per hari selama satu bulan.
 - a. Konsumsi Energi

Konsumsi energi merupakan pemakaian energi listrik pada suatu rumah seperti apa saja peralatan listrik yang di pakai serta berapa watt tegangan yang terpakai dalam suatu alat elektronik, untuk mengetahui berapa rata-rata beban setiap hari dan dapat dihitung selama satu bulan, pada tabel 4.1 merupakan konsumsi pemakaian energi listrik di rumah sederhana.

b. Irradiasi per hari (kWh/m²/hari)

Selanjutnya peneliti mencari data Irradiasi matahari yang didapatkan dari software PV Syst yang sudah ter-record secara global.



Gambar 10. Irradiasi (kWh/m²/hari)

Gambar 10 menunjukkan Grafik Insolasi, Temperatur, Radiasi Matahari, dan Kecepatan Angin di Kota Serang, Setelah didapatkan data konsumsi energi Irradiasi per hari kWh/m²/hari dan didapatkan rata-rata Horizontal globalnya 147.7 kWh/m²/hari selanjutnya peneliti memasukkan rumus 1 yang sudah ditentukan. Berikut perhitungan yang sudah dilakukan.

B. Menghitung Kapasitas Peak system PV System Ongrid

$$PPV = \frac{\text{Konsumsi siang hari (kWh)} \times (1 + \text{rugi} - \text{rugi}) \times \text{plane Irradian} \left(\frac{W}{m^2}\right)}{\text{Irradiasi per hari} \left(\frac{kWh}{m^2}/\text{hari}\right) \times (1 - \text{LOLP})} \quad (1)$$

Keterangan:

PPV = kapasitas total panel surya (Wp)

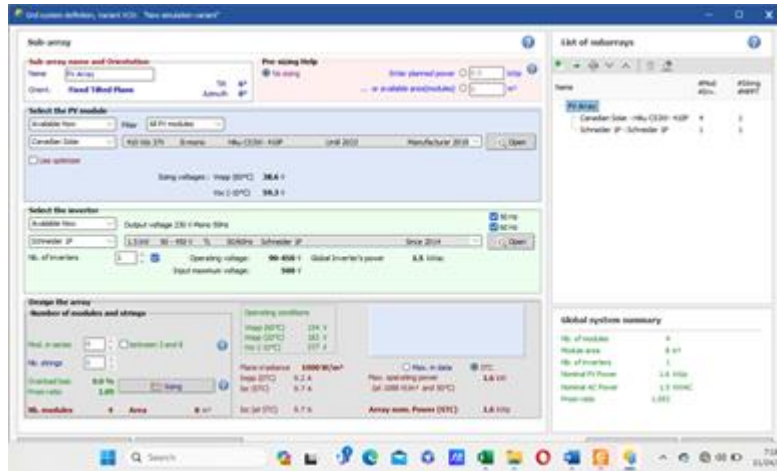
Konsumsi = rata rata pemakaian energy per hari (kWh)

Rugi-rugi = faktor rugi rugi, antara 20 % sd 35 %

Plane irradian = 1000 (W/m²)

LOLP = loss of load probability

$$PPV = \frac{6 \times (1 + 0.2) \times 1000}{\left(\frac{147.7}{31}\right) \times (1 - 0.02)} = 1.6 \text{ Kwp} \quad (1)$$



Gambar 11. System

Gambar 11 menunjukkan *system* yang akan digunakan pada PLTS, setelah didapatkan kapasitas *Peaksystem* PV dengan kapasitas 1.6 kWp dan jumlah PV Modul berjumlah 4 buah unit modul surya 410 Wp per unit, dan untuk Inverter yang dipakai yaitu berkapasitas 1.5 kW. Selanjutnya peneliti melakukan simulasi atau report hasil *PVsyst* seperti terlihat pada Gambar 12 menunjukkan General Parameter dan PV Array Characteristics.

General parameters			
Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation		Sheds configuration	
Orientation		No 3D scene defined	
Fixed plane		Models used	
Tit/Azimuth 6 / 6 °		Transposition Perez	
		Diffuse Perez, Meteorom	
		Circumsolar separate	
Horizon		Near Shadings	
Free Horizon		No Shadings	
		User's needs	
		Unlimited load (grid)	
PV Array Characteristics			
PV module		Inverter	
Manufacturer Canadian Solar		Manufacturer Schneider 1P	
Model Hiku CSSW- 410P		Model Schneider 1P	
(Custom parameters definition)			
Unit Nom. Power 410 Wp		Unit Nom. Power 1.50 kWac	
Number of PV modules 4 units		Number of inverters 1 unit	
Nominal (STC) 1640 Wp		Total power 1.5 kWac	
Modules 1 String x 4 In series		Operating voltage 90-450 V	
At operating cond. (50°C)		Phom ratio (DC:AC) 1.09	
Pmpp 1491 Wp			
U mpp 161 V			
I mpp 9.2 A			
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC) 1.64 kWp		Total power 1.5 kWac	
Total 4 modules		Number of inverters 1 unit	
Module area 8.2 m²		Phom ratio 1.09	
Array losses			
Thermal Loss factor		DC wiring losses	
Module temperature according to irradiance		Global array res. 291 mΩ	
Uc (const) 20.0 W/m²K		Loss Fraction 1.5 % at STC	
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s			
Module mismatch losses		Module Quality Loss	
Loss Fraction 2.0 % at MPP		Loss Fraction -0.3 %	
IAM loss factor			
Incidence effect (IAM): User defined profile			
10°	20°	30°	40°
1.000	1.000	1.000	0.990
			0.990
			0.970
			0.920
			0.760
			0.000

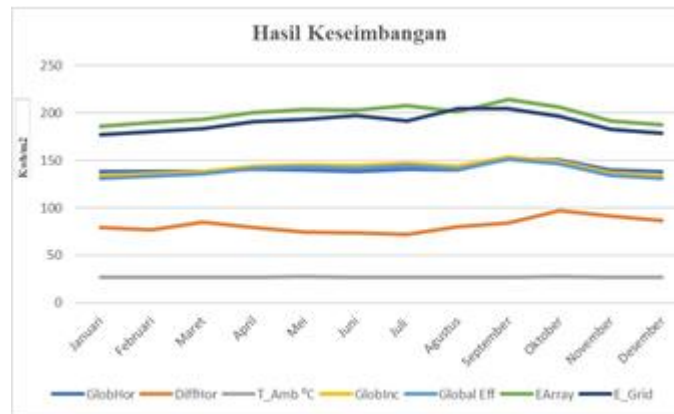
Gambar 12. General Parameter dan PV Array Characteristics

Hasil dari sistem yang digunakan untuk merancang panel surya di Kota Serang ditunjukkan pada Gambar 5. Sistem On-Grid sedang digunakan. Orientasi Lapangan PV memanfaatkan kemiringan dan azimuth 6°/6°. Dengan total kapasitas 410 Wp dan 4 unit, modul PV yang digunakan Canadian Solar Hiku CS3W-410P akan menghasilkan daya 1640 Wp. Ini terdiri dari 1 string, dengan 4 modul disusun secara seri untuk setiap string. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan pada *PVsyst*, luas zonaantisipasi yang dibutuhkan adalah 8,2 meter. Dengan kapasitas 1,50 kWac, inverter Schneider 1P merupakan perangkat tunggal yang mampu menangani 1,5 kWac yang dihasilkan oleh semua modul PV.

Tabel 1. Hasil Keseimbangan

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb c	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
Januari	138.0	79.60	26.95	134.2	130.9	186.2	176.9	0.804
Februari	138.1	79.60	26.90	136.1	133.5	189.6	180.6	0.809
Maret	138.4	85.10	27.29	138.7	135.8	192.8	183.3	0.806
April	140.9	79.40	27.22	143.8	141.2	200.1	190.5	0.808
Mei	140.3	74.60	27.69	145.7	142.8	203.5	193.7	0.811
Juni	138.0	73.60	26.93	144.4	141.8	202.9	193.3	0.817
Juli	141.1	72.50	26.93	147.5	144.9	207.4	197.5	0.817
Agustus	140.0	80.10	27.22	143.7	141.1	201.0	191.4	0.812
September	152.2	84.50	27.12	153.9	151.2	214.2	204.2	0.809
Oktober	150.3	97.00	27.80	148.9	146.1	206.3	196.5	0.805
November	140.1	91.70	27.14	136.9	134.0	191.8	182.6	0.813
Desember	138.5	87.00	27.19	134.4	131.1	187.8	178.6	0.810
Tahun	1695.9	981.70	27.20	1708.1	1674.6	2383.6	2269.2	0.810

Tabel 1 menunjukkan hasil keseimbangan mengenai potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari PLTS Kota Serang, dan terlihat pada grafik berikut:



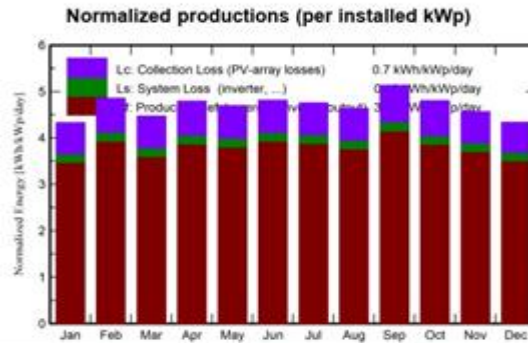
Gambar 13. Grafik Hasil Keseimbangan

Potensi keluaran energi listrik PLTS Kota Serang yaitu sebesar 2383,6 kWh setiap tahunnya dengan nilai rata-rata bulanan sebesar 198 kWh ditunjukkan pada Gambar 13, Bulan September memiliki potensi tertinggi dibandingkan bulan mana pun sebesar 214,2 kWh, sedangkan terendah terdapat dibulan Januari yang memiliki potensi 186.2.

Tabel 2. Normalized Performance Coefficients

	Lc kWh/kWp/day	Ls kWh/kWp/day	Yf kWh/kWp/day	PR ratio
Januari	0.67	0.18	3.47	0.804
Februari	0.73	0.20	3.94	0.809
Maret	0.68	0.19	3.60	0.806
April	0.72	0.19	3.87	0.808
Mei	0.70	0.19	3.81	0.811
Juni	0.69	0.19	3.93	0.816
Juli	0.68	0.19	3.88	0.817
Agustus	0.68	0.19	3.77	0.812
September	0.78	0.20	4.15	0.809
Oktober	0.75	0.19	3.86	0.804
November	0.67	0.19	3.71	0.813
Desember	0.64	0.18	3.51	0.810
Tahun	0.70	0.19	3.79	0.810

Tabel 2 menunjukkan *Normalized Performance Coefficients*, dan terlihat pada grafik berikut:



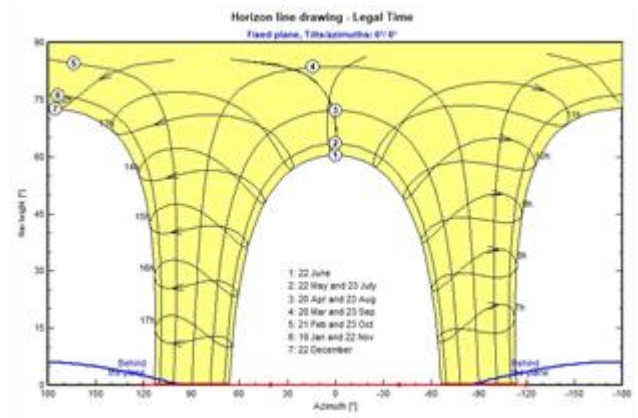
Gambar 14. Produksi Energi Harian

Gambar 14 merupakan grafik *normalized production* yang merupakan total produksi energi pada setiap hari nya, menjelaskan rugi-rugi daya panel surya adalah 0.7 kWh/kWp/hari, sementara *loss* Inverternya yaitu 0.19 kWh/kWp/day, dan untuk produksi Inverter nya yaitu 3.79 kWh/kWp/day. Setiap bulannya, hasil pembangkit listrik tenaga surya di Kota Serang menghasilkan berbagai macam energi listrik dengan kuantitas yang bervariasi. Pada bulan September mempunyai pembangkitan energi listrik paling banyak, sedangkan bulan Januari paling rendah. Sementara itu, grafik terlampir menampilkan Rasio Kinerja:



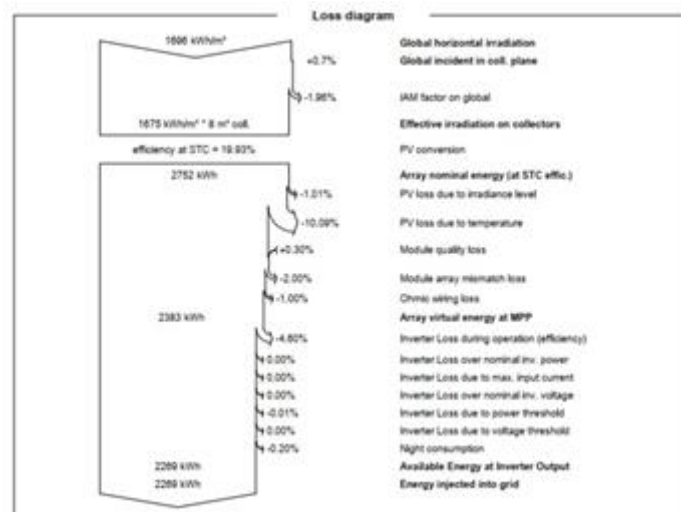
Gambar 15. Performance Ratio

Gambar 14 grafik yang dihasilkan menunjukkan energi nominal bulanan yang dihasilkan panel surya beserta jumlah rugi-rugi yang ditimbulkan oleh inverter dan panel surya. Kualitas PLTS yang bersifat *position-independent* disebut dengan *Performance Ratio* (PR). Rasio kinerja yang menjelaskan rata-rata kemampuan kinerja tahunan PLTS atap perumahan di Kota Serang, menunjukkan persentase energi yang benar-benar dapat diakses untuk diekspor ke jaringan setelah menurunkan kehilangan daya yang digunakan untuk pengoperasian 81,00%.



Gambar 16. Horizon line drawing - Legal Time

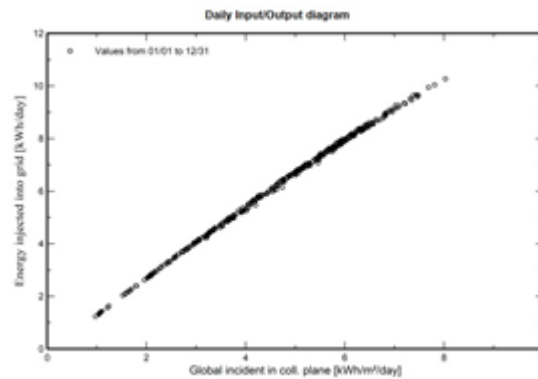
Gambar 15 ialah pola terhubungnya antara sudut azimuth dengan tingginya matahari yang tercipta dengan posisi yang sudah ditetapkan pada pusat denah posisi PV. Dengan demikian bisa dikelompokkan menjadi 7 waktu pembagiannya. Dari titik yang ada terdapat di point 4 dan 5 menunjukkan sudut matahari paling tinggi di 85° mengarah ke PV Modul seperti ilustrasi diatas, sementara paling rendah yaitu di point 1 pada bulan Juni. Tidak terdapat bayangan atau shading pada horizon line drawing.



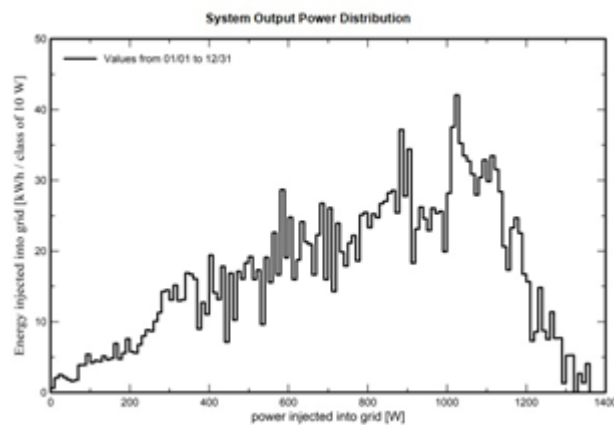
Gambar 17. Loss Diagram

Gambar 17 ialah gambar *Loss Diagram* yang menjelaskan rugi-rugi dari iradiasi matahari yang tiba hingga rugi-rugi sistem di dalam PLTS. Di posisi ini,

kemampuan tenaga matahari yang didapat menggapai 1696 kWh/m² tiap tahunnya. Tetapi hanya 1675 kWh/m² radiasi matahari yang bisa terserap oleh sistem panel surya dengan efisiensi kerja pada Keadaan Uji Standar (KUS) sebesar 19,93%. Radiasi matahari tersebut berikutnya hendak dikonversikan jadi tenaga listrik sempurna sebesar 2752 kWh. Namun karena penempatan panel surya dan perubahan posisi harian matahari, total listrik yang terkumpul hanya 0,7%. Refleksi pada material pelindung sel PV di dalam sistem mengakibatkan *IAM Loss* (kerugian refleksi iradiasi matahari pada panel surya) sebesar 1,96%. Selama rentang waktu 25 tahun, kerugian panel surya mencapai 1,01%. Kuantitas iradiasi berdampak pada kerugian ini, yang mengakibatkan penurunan tingkat radiasi pada PV sebesar 10,09%. Jika jumlah energi surya yang diterima juga rendah, maka efisiensi pembangkitan akan turun. Dampak suhu kemudian menurun menjadi 0,30 persen, artinya peningkatan suhu akan menyebabkan turunnya tegangan dan peningkatan arus sehingga mengakibatkan panas berlebih atau dengan kata lain hilangnya energi. Selanjutnya, hasil simulasi dari persyaratan yang digunakan dalam simulasi ini menjadi dasar faktor-faktor seperti *loss* kualitas modul, *loss* ketidaksesuaian, *loss* ohmik, dan *loss* inverter.



Gambar 18. *Daily Input/Output Diagram*



Gambar 19. *System Output Power Distribution*

Diagram input-output pada Gambar 18 dan 19 menghasilkan perbandingan berbanding lurus, semakin besar distribusi energi listrik ke jaringan PLN, maka semakin besar nilai radiasi yang dihasilkan dalam kWh/m²/hari. Sementara itu, setiap bulannya keluaran sistem distribusi tenaga listrik berbeda-beda.

C. Menentukan Perbandingan Data Simulasi dan Data Riil

Tabel 3. Data Hasil Produksi PLTS

Agst.2023		Sep.2023		Oct.2023	
date	kw/h	date	kw/h	date	kw/h
2023.10.01	10.7	2023.09.01	10.45	2023.10.01	8.64
2023.10.02	9.26	2023.09.02	10.05	2023.10.02	10.94
2023.10.03	6.33	2023.10.03	7.49	2023.10.03	6.35
2023.10.04	9.05	2023.10.04	8.45	2023.10.04	9.01
2023.10.05	7.15	2023.10.05	9.19	2023.10.05	8.11
2023.10.06	6.21	2023.10.06	7.39	2023.10.06	8.64
2023.10.07	5.4	2023.10.07	8.19	2023.10.07	7.18
2023.10.08	8.85	2023.10.08	9.8	2023.10.08	7.7
2023.10.09	10.7	2023.10.09	8.55	2023.10.09	7.76
2023.10.10	6.33	2023.10.10	5.86	2023.10.10	7.49
2023.10.11	9.11	2023.10.11	6.7	2023.10.11	8.45
2023.10.12	6.51	2023.10.12	9.19	2023.10.12	9.19
2023.09.13	8.22	2023.09.13	7.22	2023.10.13	8.53
2023.09.14	7.53	2023.09.14	7.52	2023.10.14	5.86
2023.09.15	9.07	2023.09.15	8.07	2023.10.15	6.7
2023.09.16	6.5	2023.09.16	6.5	2023.10.16	6.99
2023.09.17	9.89	2023.09.17	7.89	2023.10.17	7.39
2023.09.18	6.51	2023.09.18	7.51	2023.10.18	8.19
2023.09.19	7.77	2023.09.19	4.77	2023.10.19	9.8
2023.09.20	5.4	2023.09.20	5.4	2023.10.20	8.55
2023.09.21	9.85	2023.09.21	8.85	2023.10.21	7.81
2023.09.22	10.7	2023.09.22	10.7	2023.10.22	7.71
2023.09.23	9.26	2023.09.23	6.26	2023.10.23	7.29
2023.09.24	6.33	2023.09.24	7.36	2023.10.24	6.35
2023.09.25	9.11	2023.09.25	9.11	2023.10.25	7.14
2023.09.26	7.21	2023.09.26	10.45	2023.10.26	6.82
2023.09.27	9.05	2023.09.27	10.05	2023.10.27	6.31
2023.09.28	7.15	2023.09.28	8.05	2023.10.28	9.06
2023.09.29	6.21	2023.09.29	9.28	2023.10.29	8.75
2023.09.30	8.08			2023.10.30	10.29
2023.09.31	6.5			2023.10.31	8.03
total	150.34	total	236.3	total	247.03

Nov.2023		Dec.2023	
date	kw/h	date	kw/h
2023.11.01	6.4	2023.12.01	5.48
2023.11.02	7.5	2023.12.02	5.38
2023.11.03	6.87	2023.12.03	6.21
2023.11.04	6.07	2023.12.04	4.15
2023.11.05	6.39	2023.12.05	5.07
2023.11.06	4.45	2023.12.06	6.66
2023.11.07	8.25	2023.12.07	7.22
2023.11.08	9.52	2023.12.08	7.16
2023.11.09	8.52	2023.12.09	4.51
2023.11.10	6.54	2023.12.10	8.71
2023.11.11	9.99	2023.12.11	5.66
2023.11.12	5.85	2023.12.12	6.51
2023.11.13	6.22	2023.12.13	9.63
2023.11.14	6.98	2023.12.14	10.55
2023.11.15	5.56	2023.12.15	9.74
2023.11.16	8.89	2023.12.16	9.58
2023.11.17	8.55	2023.12.17	9.39
2023.11.18	5.64	2023.12.18	9.72
2023.11.19	8.36	2023.12.19	10.61
2023.11.20	9.13	2023.12.20	9.48
2023.11.21	8.88	2023.12.21	7.39
2023.11.22	7.37	2023.12.22	8.36
2023.11.23	5.3	2023.12.23	9.13
2023.11.24	5.57	2023.12.24	8.88
2023.11.25	3.26	2023.12.25	6.07
2023.11.26	3.33	2023.12.26	6.39
2023.11.27	6.65	2023.12.27	4.45
2023.11.28	6.7	2023.12.28	8.25
2023.11.29	6.76	2023.12.29	8.89
2023.11.30	6.59	2023.12.30	6.87
		2023.12.31	6.07
total	206.09	total	232.17

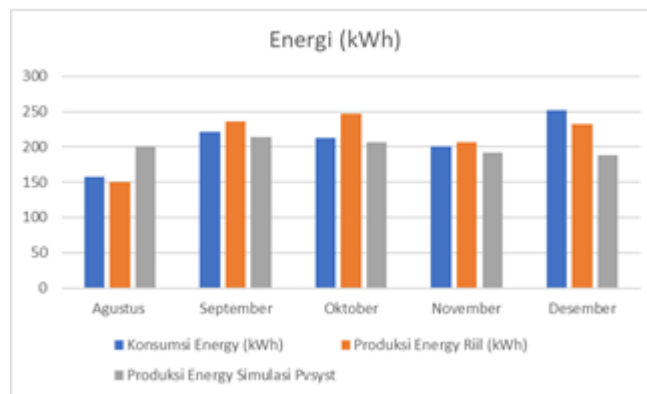
1. Monitoring Data Keluaran PV Moda

Untuk membuat PLTS ini dan mengujinya untuk keperluan penelitian, diperlukan data kinerja aktual. Untuk melakukan penelitian ini, akan digunakan data kinerja asli dari sistem PLTS saat ini berikut informasi kinerja dari simulasi. Tabel data di bawah ini menunjukkan data konsumsi, data aktual, dan hasil data simulasi *PVSyst*:

Tabel 4. Data Konsumsi, Produksi PLTS dan Simulasi *PVSyst*

Bulan	Konsumsi Energy (kWh)	Produksi Energy Riil (kWh)	Produksi Energy Simulasi <i>Pvsyst</i>
Agustus	158	150.34	201
September	221	236.3	214.2
Oktober	213	247.03	206.3
November	201	206.09	191.8
Desember	252	232.17	187.8
Jumlah	1045	1071.93	1001

Tabel 4 menjelaskan mengenai total konsumsi energi pengguna sebesar 1045 kWh per 5 bulan, dengan produksi terbesar pada bulan Desember sebesar 252 kWh produksi riil dari system PLTS sebesar 1071 kWh per 5 bulan, dengan produksi terbesar didapatkan pada bulan Oktober sebesar 247 kWh, dan hasil simulasi *PVSyst* didapatkan 1001 kWh dengan produksi terbesar terdapat pada bulan September 214.2 kWh. Berdasarkan grafik perbandingan, temuan kinerja aktual PLTS, dan hasil perbandingan simulasi *PVSyst*, dilakukan uji kelayakan teknis:



Gambar 20. Grafik Perbandingan Energy

Gambar 20 menyajikan perbandingan penggunaan energi aktual dengan kapasitas daya PLTS. Dapat disimpulkan bahwa kapasitas listrik PLTS saat ini sudah mencukupi untuk memenuhi seluruh energi yang digunakan. Grafik perbandingan menunjukkan bahwa pemasangan PV modul surya atap di perumahan Kota Serang dapat dikatakan layak secara teknis, dikarenakan produksi riil jauh lebih besar daripada produksi secara simulasi. Membangun PLTS dapat mengurangi jumlah listrik yang digunakan PLN, yang pada akhirnya mengurangi tagihan energi bulanan dan biaya ekonomi lainnya. Namun pelaksanaan PLTS ini sebenarnya membutuhkan modal yang tidak sedikit sehingga perlu dilakukan analisis kelayakan ekonominya juga untuk menentukan layak atau tidaknya rancangan ini dilaksanakan. Analisis ini

dapat dilakukan dengan menggunakan metode analisis ekonomi *Net Present Value* (NPV) yang memerlukan besarnya pengeluaran investasi serta faktor arus kas masuk, arus keluar, dan diskonto. Durasi Pembayaran Kembali Untuk mencari nilai rata-rata, arus kas masuk bersih yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan selama periode 25 tahun. *Return of Investement* (ROI) metode ini dinyatakan sebagai presentase serta dihitung dengan membagi laba bersih ataupun kerugian investasi dengan anggaran ataupun pengeluaran dini Metode tersebut bisa ditampilkan dalam aplikasi *PV Syst 7.4.0*

D. Mengevaluasi Biaya Ekonomi PLTS

Setelah didapatkan data dan harga peralatan komponen PLTS Atap selanjutnya peneliti mengolah data seperti yang terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rincian Anggaran Biaya Peralatan

Anggaran Biaya Peralatan PLTS dan Komponen Pendukung				
No	Bahan	Quantity	Unit Price (Rp)	Total Cost (Rp)
1	PV Module Canadian Solar Hiku CS3W-410P (410 Wp)	4	3,000,000	12,000,000
2	Inverter Techfine Low Frequency 1500 VA	1	2,550,000	2,550,000
3	Kabel, Socket dan asesoris	1	5,000,000	5,000,000
4	Panel Rack	4	600,000	2,400,000
5	Biaya Pemasangan Ongkos Kerja	1	550,00	550,000
6	Biaya Penyambungan PLTS Atap			2,000,000
Total				24,500,000

Selanjutnya peneliti menginput database pada tabel diatas untuk mengevaluasi biaya ekonomi pemasangan PLTS *OnGrid* melalui aplikasi *PV Syst* dan didapatkanlah hasil seperti terdapat pada Gambar 21.



Gambar 21. Economic Evaluation

Tabel 6. Rincian Investasi

Total Investasi	
Biaya Awal	Rp24.500.000
Biaya O&M	Rp245.000
Biaya Penggantian Inverter	Rp510.000

per 1 tahun	
Jumlah	Rp25.255.000

Tabel 7. Analisis Kelayakan

Analisis Kelayakan Investasi	
<i>Net Present Value (NPV)</i>	Rp25.984.522
<i>Internal Rate of Return</i>	13.21 %
<i>Deviasi</i>	5 %
<i>Payback Periode</i>	Rp11 tahun 4 bulan
<i>Return of Investement (ROI)</i>	106.1 %

Hasil Simulasi *Software PVSyst* untuk kelayakan investasi dimana biaya investasi awal adalah Rp25.255.000 dan harga energi Listrik adalah sebesar Rp1.444 /kWh. Untuk Deviasi peralatan yaitu 5% dan didapatkan *Payback Periode* penelitian ini adalah 11 tahun 4 bulan, pada penelitian ini menghasilkan profit kumulatif pada tahun ke-12 yaitu Rp1.151.021, nilai *Return of Investement (ROI)* 220,3 % dan didapatkan jumlah *Net Present Value (NPV)* positif yakni Rp25.984.522 maka penelitian dari sisi ekonomi ini dapat dikatakan layak.

SIMPULAN

1. Dengan memanfaatkan kemiringan dan azimuth $6^{\circ}/6^{\circ}$. Modul fotovoltaik Canadian Solar Hiku CS3W-410P mempunyai kapasitas 410 Wp dan 4 unit sekaligus menghasilkan daya 1640 Wp. Ini digunakan dalam 1 string, secara seri, membutuhkan luas zona sekitar 8,2 m².
2. Peakssystem PV dengan kapasitas 1.6 kWp dan jumlah Inverter yang dipakai yaitu berkapasitas 1.5 kW, PLTS Kota Serang mampu menghasilkan listrik sebesar 2.383,6 kWh per tahun atau rata-rata 198 kWh setiap bulannya. September memiliki potensi tertinggi dibandingkan bulan mana pun sebesar 214,2 kWh, sedangkan terendah terdapat dibulan Januari yang memiliki potensi 186.2 kWh.
3. Energi yang dihasilkan oleh PLTS saat ini sudah mencukupi untuk memenuhi seluruh energi listrik yang digunakan, grafik perbandingan menunjukkan bahwa pembangunan PLTS atap di perumahan Kota Serang layak secara teknis.
4. Hasil Simulasi Software PVSyst untuk kelayakan investasi dimana biaya investasi awal adalah Rp25.255.000 dengan harga energi Listrik sebesar Rp1.444/kWh. Untuk Deviasi peralatan yaitu 5 % dan didapatkan *Payback Periode* penelitian ini adalah 11 tahun 4 bulan, nilai **Return of Investement (ROI)** 220,3 % dan didapatkan jumlah *Net Present Value (NPV)* positif yakni Rp25.984.522 maka penelitian dari sisi ekonomi ini dapat dikatakan layak.

DAFTAR PUSTAKA

- Arratri, Pepy Mutiara. 2022. Perancangan Kapasitas Panel Surya Pada Pt Waskita Beton Klaten. Universitas Muhammadiyah Surakarta. [http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/101472%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/101472/3/Pepy Mutiara Arratri D400180112 Naskah Publikasi.pdf](http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/101472%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/101472/3/Pepy%20Mutiara%20Arratri%20D400180112%20Naskah%20Publikasi.pdf).
- Bani Iqbal Ramadhan. 2023. ANALISIS POTENSI PLTS ATAP ON GRID PELANGGAN PLN DENGAN DAYA TERPASANG 2200 VA PROVINSI LAMPUNG. BANI IQBAL RAMADHAN 4(1): 7-10.

- Fathuddin, Hilman. 2017. Bangun Sistem Pengisian Baterai 12V/5Ah Dengan Panel Surya Monocrystalline Dan Metoda MPPT Perturb & Observe Berbasis Atmega 16. *Jurnal Elektronika Listrik dan Teknologi Informasi Terapan* 2(2): 318.
- Hestrianto. 2018. BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1-64. *Gastronomía ecuatoriana y turismo local*. 1(69): 5-24.
- MASDAR, OGE. 2018. Desain Sistem Plts Untuk Pompa Air Menara Iqra Kampus Unismuh Makassar. *Desain Sistem Plts Untuk Pompa Air Menara Iqra Kampus Unismuh Makassar (PLTS)*: 48. file:///E:/KULIAH/SM4/KKW/perancangan plts1.pdf.
- Mayasari, F, F A Samman, Z Muslimin, and ... 2022. Pengenalan Panel Surya Sebagai Salah Satu Sumber Energi Terbaru Untuk Pembelajaran Di SMA Negeri 1 Takalar. *Jurnal Tepat* ... 5. https://eng.unhas.ac.id/tepat/index.php/Jurnal_Tepat/article/view/271%0Ahttps://eng.unhas.ac.id/tepat/index.php/Jurnal_Tepat/article/download/271/146.
- Nugroho, Widiyanto, Agung Nugroho, and Bambang Winardi. 2020. Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Gedung Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 9(2): 181-88.
- Riawan, Govinda, I Nyoman Satya Kumara, and W. G. Ariastina. 2022. Analisis Performansi Dan Ekonomi PLTS Atap 10 KwP Pada Bangunan Rumah Tangga Di Desa Batuan Gianyar. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro* 21(1): 63.
- Sopandi, Asep, Rasional Sitepu, and Andrew Joewono. 2021. Perancangan Dan Produksi Modul Surya 240 Wp Untuk Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) - Independent Power Producer (IPP) Di Kupang, Nusa Tenggara Timur. *Buletin Profesi Insinyur* 4(1): 29-37.
- Syahrizal, J. 2019. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbantuan Program Calculationsolar. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/31667%0Ahttps://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/viewFile/31667/75676580354>
- Wibowo, Teguh. 2020. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Curriculum Vitae By: Teguh Wibowo Peserta Mengetahui Tentang : Dasar Prinsip Kerja PLTS Peralatan-Peralatan Utama PLTS Fungsinya Pada Instalasi PLTS Jenis-Jenis PLTS By : Teguh Wibowo.