



# OPTIMASI DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ATAP DI GEDUNG BAPENDA, JAWA BARAT

Denaro Alfiandito <sup>1</sup>, Linda Faridah <sup>2\*</sup>, Ifkar Usrah <sup>3</sup>

<sup>2,3,1</sup>, *Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Siliwangi*

<b>INFORMASI ARTIKEL</b>	<b>A B S T R A K</b>
<p>Received: February 04, 2025 Revised: March 11, 2025 Available online: March 24, 2025</p>	<p>Ketergantungan pada energi fosil sebagai sumber utama energi listrik menyebabkan berbagai dampak negatif, seperti meningkatnya emisi gas rumah kaca dan berkurangnya ketahanan energi jangka panjang. Seiring dengan meningkatnya permintaan listrik, transisi menuju energi terbarukan menjadi sangat penting. Salah satu solusi strategis untuk mendukung transisi ini adalah penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yang sesuai dengan target pemerintah Indonesia untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan hingga 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengoptimalkan sistem PLTS atap di Gedung BAPENDA Jawa Barat, dengan menggunakan perangkat lunak PVsyst untuk perencanaan sistem, pemilihan komponen, dan simulasi produksi energi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis data iklim lokal, desain konfigurasi sistem fotovoltaik, dan simulasi kinerja sistem berdasarkan data konsumsi energi gedung. Area atap gedung seluas 228 m<sup>2</sup> dimanfaatkan untuk pemasangan 110 modul fotovoltaik (PV) berkapasitas 380 Wp, yang tersebar di area 218 m<sup>2</sup>. Sistem ini didukung oleh 10 unit inverter dengan kapasitas masing-masing 4 kW. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem PLTS dapat menghasilkan 67.198 kWh per tahun, sementara kebutuhan energi gedung mencapai 353.011 kWh per tahun, dengan surplus energi sekitar 23 kWh yang disalurkan ke jaringan PLN. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan PLTS atap dapat mengurangi ketergantungan pada energi konvensional, mengurangi emisi karbon, dan mendukung pencapaian target energi terbarukan nasional.</p> <p>Kata kunci — Energi terbarukan, PLTS Atap, Sistem Fotovoltaik</p>
<b>CORRESPONDENCE</b>	<b>A B S T R A C T</b>
<p>E-mail: <sup>1</sup>lindafaridah@unsil.ac.id</p>	<p>Dependence on fossil fuels as the primary source of electricity has led to various negative impacts, such as increased greenhouse gas emissions and reduced long-term energy security. As electricity demand continues to rise, transitioning to renewable energy becomes crucial. One strategic solution to support this transition is the implementation of Rooftop Solar Power Plants (PLTS), which aligns with Indonesia's government target to increase the share of renewable energy to 23% by 2025 and 31% by 2050. This study aims to design and optimize a rooftop PLTS system for the BAPENDA Building in West Java, using PVsyst software for system design, component selection, and energy production simulation. The methodology involves analyzing local climatic data, designing the photovoltaic system configuration, and simulating system performance based on the building's energy consumption data. The available rooftop area of 228 m<sup>2</sup> is utilized for the installation of 110 photovoltaic (PV) modules, each with a capacity of 380 Wp, covering an area of 218 m<sup>2</sup>. The system is supported by 10 inverters, each with a 4 kW capacity. Simulation results show that the system can generate 67,198 kWh per year, while the building's energy demand is 353,011 kWh per year, with a surplus of around 23 kWh being fed back into the PLN grid. This study demonstrates that the implementation of rooftop PLTS can reduce dependence on conventional energy, lower carbon emissions, and support the achievement of national renewable energy targets</p> <p>Keywords — Photovoltaic System, Renewable energy, Rooftop Solar Power Plant,</p>

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah salah satu kebutuhan utama dalam mendukung kegiatan ekonomi, sosial, dan pembangunan di Indonesia [1] [2] [3]. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan urbanisasi yang terus meningkat, permintaan energi listrik nasional juga mengalami lonjakan yang signifikan [4]–[6]. Namun, ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil sebagai sumber utama energi listrik telah menyebabkan berbagai masalah, seperti

peningkatan emisi gas rumah kaca, ancaman terhadap ketahanan energi, dan kerentanannya terhadap fluktuasi harga energi global [7] [8]. Menanggapi tantangan ini, pemerintah Indonesia melalui Kebijakan Energi Nasional (KEN) telah menetapkan target transisi energi, yaitu untuk meningkatkan kontribusi energi terbarukan menjadi 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 [8]–[10].

Di antara berbagai sumber energi terbarukan yang tersedia, energi surya memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia. Secara geografis, Indonesia terletak di daerah khatulistiwa dengan intensitas radiasi

matahari rata-rata sekitar 4-5 kWh/m<sup>2</sup> per hari, menjadikannya salah satu negara dengan potensi energi surya terbesar di dunia [11] [12]. Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memungkinkan konversi energi surya menjadi energi listrik yang ramah lingkungan, bebas emisi, dan dapat diterapkan pada berbagai skala, termasuk untuk kebutuhan rumah tangga, komersial, dan industri [13] [14]. Salah satu bentuk aplikasi yang menarik perhatian adalah pembangkit listrik surya atap, yang memanfaatkan area atap bangunan untuk pemasangan modul fotovoltaik guna memenuhi kebutuhan energi internal.

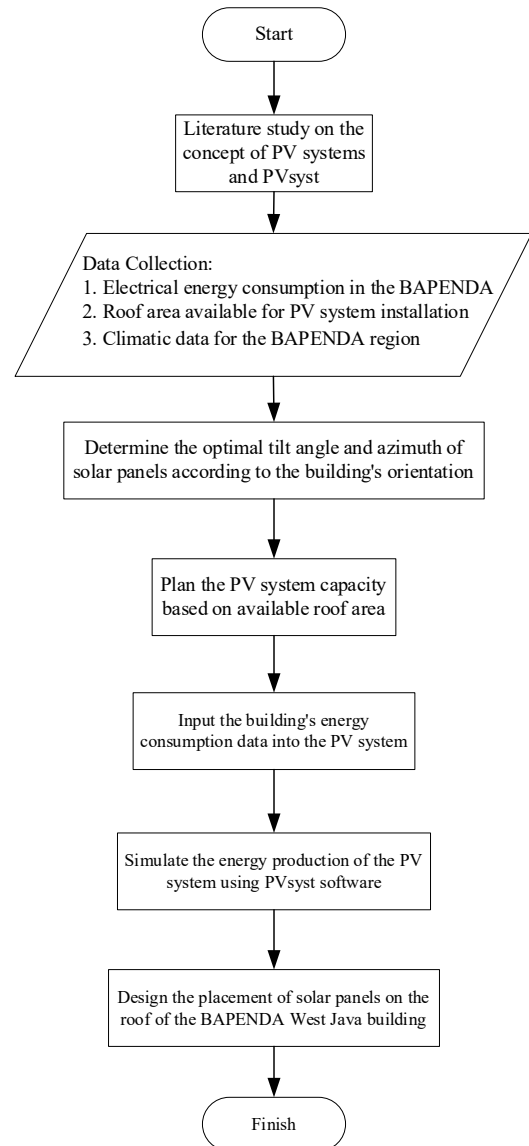
Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan berbagai regulasi untuk mendorong adopsi PLTS atap, termasuk Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 26 Tahun 2021, yang mengatur pelaksanaan PLTS atap pada bangunan yang terhubung dengan jaringan PLN. PLTS atap tidak hanya membantu mengurangi beban konsumsi energi listrik dari jaringan, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan emisi karbon [15]–[17]. Selain itu, penerapan teknologi ini pada bangunan pemerintah dapat menjadi contoh nyata dalam mendukung transisi energi bersih, meningkatkan efisiensi energi, dan mendukung target keberlanjutan nasional [18], [19].

Namun, pelaksanaan PLTS atap di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk kendala teknis, ekonomi, dan kebijakan [20]. Dalam literatur, sebagian besar penelitian fokus pada potensi makro energi surya tanpa memberikan perhatian khusus pada desain sistem yang spesifik untuk bangunan. Selain itu, penggunaan perangkat lunak simulasi seperti PVsyst, yang mampu memprediksi kinerja PLTS berdasarkan data klimatologi lokal, jarang dibahas secara mendetail, terutama untuk aplikasi di sektor pemerintahan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan merancang dan mengoptimalkan sistem PLTS atap di Gedung BAPENDA Provinsi Jawa Barat. Menggunakan pendekatan berbasis simulasi dengan perangkat lunak PVsyst, penelitian ini menganalisis kinerja sistem berdasarkan data klimatologi lokal, konfigurasi modul PV, dan efisiensi komponen yang tersedia. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan panduan teknis yang aplikatif untuk pelaksanaan PLTS atap pada bangunan pemerintah, sekaligus mendukung pencapaian target energi terbarukan nasional. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menunjukkan manfaat ekonomi dan lingkungan yang dapat diperoleh melalui adopsi teknologi energi bersih di sektor publik.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini didasarkan pada literatur tentang pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan data konsumsi energi listrik di Gedung BAPENDA Jawa Barat. Dari data yang diperoleh, perencanaan pemasangan PLTS kemudian dilakukan dengan perangkat lunak PVsyst. Diagram alur penelitian adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Metode Penelitian

Gambar 1 menunjukkan Metode Penelitian. Proses perencanaan desain PLTS melibatkan beberapa tahap. Tahap awal adalah studi literatur untuk memahami konsep dasar PLTS dan perangkat lunak PVsyst, dengan fokus pada prinsip kerja sistem PLTS dan simulasi penggunaannya dengan PVsyst. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data, yang mencakup informasi tentang konsumsi energi listrik di Gedung BAPENDA, area atap yang tersedia untuk penempatan PLTS, dan data klimatologi seperti intensitas sinar matahari, suhu, dan kondisi cuaca di daerah tersebut. Berdasarkan data ini, sudut kemiringan dan azimuth panel surya yang optimal ditentukan untuk memaksimalkan penyerapan energi matahari sepanjang tahun.

Selanjutnya, kapasitas PLTS direncanakan dengan menganalisis area atap dan permintaan energi, menentukan jumlah modul surya yang diperlukan, dan mengonfigurasi sistem sesuai dengan kebutuhan tersebut. Data konsumsi energi gedung kemudian dimasukkan ke dalam perhitungan untuk mensimulasikan kontribusi sistem PLTS dalam memenuhi kebutuhan energi. Menggunakan perangkat lunak PVsyst, simulasi energi dilakukan untuk

memperkirakan produksi energi tahunan, efisiensi sistem, dan potensi penghematan energi. Setelah itu, desain visual 3D tata letak panel surya di atap Gedung BAPENDA dibuat, menggambarkan pengaturan instalasi. Akhirnya, proses desain diselesaikan dengan penyusunan desain akhir PLTS, termasuk tata letak panel, kapasitas sistem, dan analisis potensi produksi energi.

Langkah-langkah utama dalam proses penelitian ini, yang dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

#### A. Studi Literatur

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah studi literatur. Pada tahap ini, berbagai referensi dan penelitian sebelumnya mengenai sistem PLTS dan penggunaan perangkat lunak PVsyst dikaji. Tujuannya adalah untuk memahami konsep dasar PLTS, cara kerja sistem fotovoltaik, serta penerapan perangkat lunak PVsyst dalam simulasi dan perancangan sistem.

#### B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah tahap kedua dalam proses penelitian. Data yang dikumpulkan mencakup informasi tentang konsumsi energi listrik di Gedung BAPENDA, area atap yang tersedia untuk pemasangan PLTS, serta data klimatologi lokal, seperti intensitas radiasi matahari dan suhu. Data ini sangat penting untuk perencanaan sistem, karena akan menentukan jumlah modul surya yang dibutuhkan dan konfigurasi sistem secara keseluruhan.

#### C. Perencanaan Desain PLTS

Setelah data terkumpul, perencanaan desain PLTS dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PVsyst. Pada tahap ini, sejumlah variabel teknis, seperti sudut kemiringan dan orientasi panel surya, dihitung untuk mengoptimalkan penyerapan energi matahari. Desain juga mencakup perhitungan jumlah dan kapasitas modul fotovoltaik yang diperlukan berdasarkan konsumsi energi gedung.

#### D. Simulasi Energi dengan PVsyst

Setelah perencanaan desain, tahap berikutnya adalah simulasi energi menggunakan perangkat lunak PVsyst. Pada tahap ini, parameter yang telah ditentukan sebelumnya, seperti konfigurasi modul PV, sudut kemiringan panel, dan data klimatologi, digunakan untuk mensimulasikan potensi energi yang dapat dihasilkan oleh sistem PLTS. Simulasi ini memberikan perkiraan produksi energi tahunan, efisiensi sistem, serta kontribusi PLTS dalam memenuhi kebutuhan energi gedung.

#### E. Penyusunan Desain Visual

Setelah simulasi energi, tahap selanjutnya adalah penyusunan desain visual 3D tata letak panel surya di atap Gedung BAPENDA. Desain ini menggambarkan pengaturan dan posisi modul fotovoltaik untuk memaksimalkan efisiensi dan menghindari bayangan yang dapat mengurangi kinerja sistem.

#### F. Penyusunan Desain Akhir

Tahap terakhir adalah penyusunan desain akhir PLTS. Pada tahap ini, desain sistem PLTS yang telah disimulasikan

dan divisualisasikan akan disusun dalam bentuk laporan final. Desain akhir ini mencakup rincian teknis tentang tata letak panel, kapasitas sistem, dan potensi produksi energi.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Lokasi Perencanaan PLTS

Gedung Bapenda Jawa Barat memiliki 4 lantai dengan total luas  $\pm 3845 \text{ m}^2$  dan atap datar. Gedung ini menghadap  $18^\circ$  ke arah barat dari utara.



Gambar 2. Tampak Depan Gedung BAPENDA Provinsi Jawa Barat

Gambar 2 menunjukkan bahwa lokasi perencanaan PLTS adalah Gedung Badan Pendapatan Daerah (BAPENDA) Provinsi Jawa Barat yang terletak di Kota Bandung. Gedung ini memiliki total luas  $3.845 \text{ m}^2$  dengan atap datar seluas  $\pm 228 \text{ m}^2$ , yang ideal untuk instalasi pembangkit listrik tenaga surya. Atap gedung menghadap  $18^\circ$  ke arah barat dari utara, dengan tidak ada halangan signifikan terhadap paparan sinar matahari. Daya listrik yang terpasang dari PLN adalah 197 kVA, dengan konsumsi energi tahunan mencapai 420.181,02 kWh. Sebagian besar energi digunakan untuk pendingin udara dan peralatan elektronik kantor.

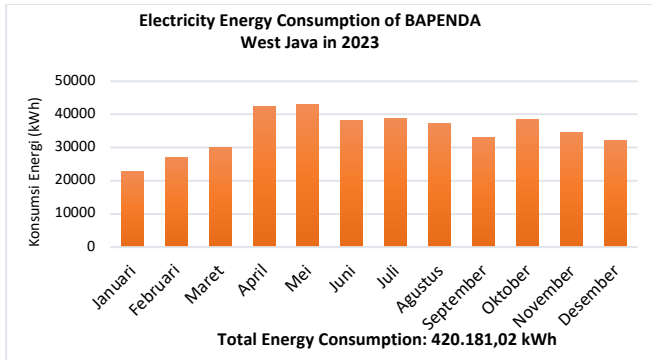
#### B. Profil Konsumsi Energi

Gedung ini memiliki daya terpasang dari PLN sebesar 197 kVA dengan kategori P1. Terdapat juga sumber daya cadangan dari PLTD dengan kapasitas 250 kW.

Tabel 1. Konsumsi Energi Listrik BAPENDA pada Tahun 2023

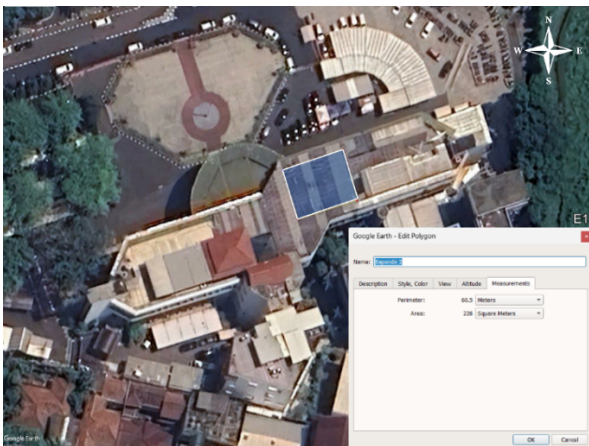
Month	Energy Consumption (kWh/month)
January	23.109,96
February	27.311,77
March	30.253,03
April	42.438,28
May	43.278,65
June	38.236,47
July	39.076,83
August	37.396,11
September	33.194,30
October	38.656,65
November	34.875,02
December	32.353,94
<b>Total</b>	<b>420.181,02</b>

Konsumsi listrik gedung sebagian besar digunakan untuk pendingin udara (AC), penerangan, dan soket untuk kebutuhan peralatan kantor.



Gambar 3. Diagram Diagram Konsumsi Energi Listrik BAPENDA

Gambar 3 menunjukkan bahwa Gedung BAPENDA Jawa Barat memiliki daya listrik terpasang sebesar 197 kVA dengan kategori tarif P1, yang ditujukan untuk gedung pemerintah. Selain itu, gedung ini dilengkapi dengan generator cadangan berbasis diesel (PLTD) dengan kapasitas 250 kW untuk mendukung kebutuhan listrik selama kondisi darurat atau pemadaman. Konsumsi energi listrik tahunan gedung mencapai 420.181,02 kWh, dengan penggunaan terbesar untuk sistem pendingin udara, penerangan, dan peralatan elektronik kantor. Berdasarkan data konsumsi energi bulanan tahun 2023, penggunaan tertinggi tercatat pada bulan Mei sebesar 43.278,65 kWh, sedangkan penggunaan terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 23.109,96 kWh. Variasi konsumsi ini terutama dipengaruhi oleh aktivitas operasional gedung dan faktor lingkungan seperti suhu. Tabel 1 dan Gambar 4 menunjukkan distribusi konsumsi energi per bulan, yang mencerminkan pola konsumsi yang stabil namun meningkat pada bulan-bulan tertentu. Data ini menjadi dasar untuk merancang sistem PLTS yang dapat secara efisien memenuhi kebutuhan energi gedung, khususnya dalam mendukung beban listrik utama seperti pendingin udara dan penerangan. Solar PV Installation Area Pemasangan modul PV di atap Gedung BAPENDA dengan luas area 228 m<sup>2</sup>.



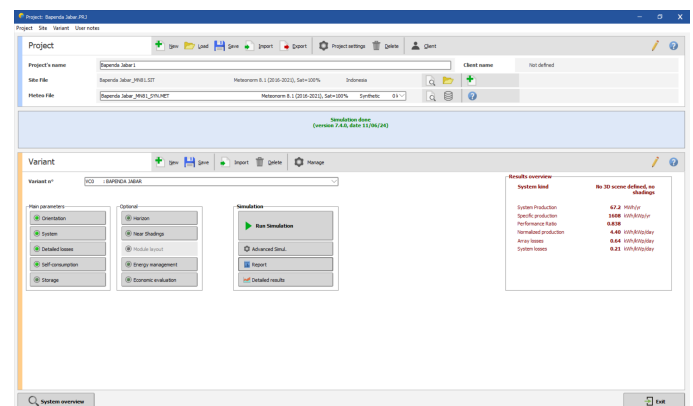
Gambar 4. Area Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Atap Gedung BAPENDA

Gambar 4 menunjukkan area pemasangan pembangkit listrik tenaga surya yang direncanakan di atap Gedung BAPENDA Jawa Barat, yang memiliki total luas atap datar sekitar 228 m<sup>2</sup>. Atap ini tidak memiliki halangan signifikan terhadap paparan sinar matahari, menjadikannya ideal untuk

pemasangan modul fotovoltaik. Dengan orientasi bangunan 18° ke arah barat dari utara dan atap datar, kemiringan optimal modul PV dapat disesuaikan untuk memaksimalkan penerimaan radiasi matahari sepanjang tahun. Dalam desain sistem PLTS, area seluas 218 m<sup>2</sup> dari total area yang tersedia akan digunakan untuk pemasangan modul PV. Konfigurasi ini mencakup 110 unit modul fotovoltaik dengan daya per modul sebesar 380 Wp, yang diatur dalam 11 string dengan 10 modul per string. Area ini sudah memperhitungkan ruang yang dibutuhkan untuk akses pemeliharaan dan pengaturan tata letak modul untuk menghindari bayangan yang dapat mengurangi efisiensi sistem. Pemasangan modul PV di atap ini diharapkan dapat mengoptimalkan potensi energi surya di area tersebut. Karakteristik fisik atap dan data klimatologi lokal merupakan dasar yang penting dalam merancang sistem yang tidak hanya efisien tetapi juga sesuai dengan lingkungan sekitar.

### C. Simulasi Pvsys

Langkah pertama untuk simulasi adalah menentukan beberapa parameter untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang akan dirancang. Pada Gambar 5 terdapat varian dari parameter utama dan parameter opsional untuk sistem PLTS, yang menunjukkan titik koordinat di Pvsyst yang disesuaikan dengan lokasi Gedung BAPENDA Jawa Barat

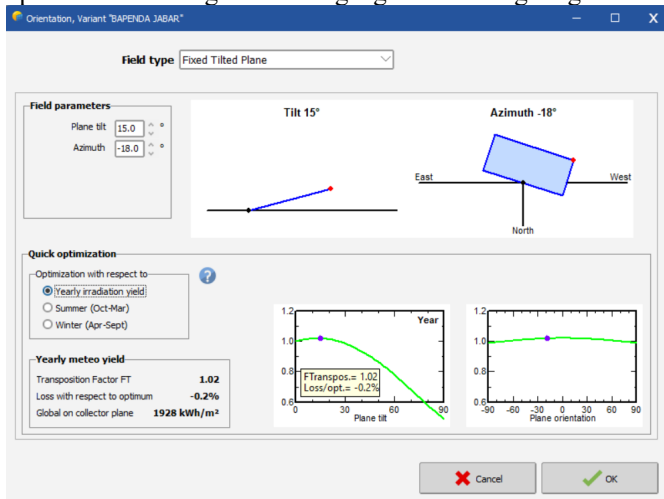


Gambar 5. Tampilan Utama Pvsyst

Gambar 5 menunjukkan proses penentuan sudut kemiringan panel surya dan azimuth sesuai dengan orientasi Gedung BAPENDA Jawa Barat. Dalam simulasi ini, sudut kemiringan panel diatur pada 15° untuk mengoptimalkan penerimaan radiasi matahari sepanjang tahun, dengan memperhatikan kondisi atap datar gedung. Arah azimuth disesuaikan dengan orientasi gedung yang menghadap 18° ke barat dari utara, untuk memaksimalkan efisiensi penyerapan radiasi matahari di lokasi tersebut. Penyesuaian sudut dan orientasi ini merupakan salah satu langkah penting



dalam perancangan sistem PLTS untuk memastikan kinerja optimal sesuai dengan kondisi geografis dan lingkungan.



Gambar 6. Menentukan Sudut Panel dan Azimuth sesuai dengan Arah Orientasi Gedung

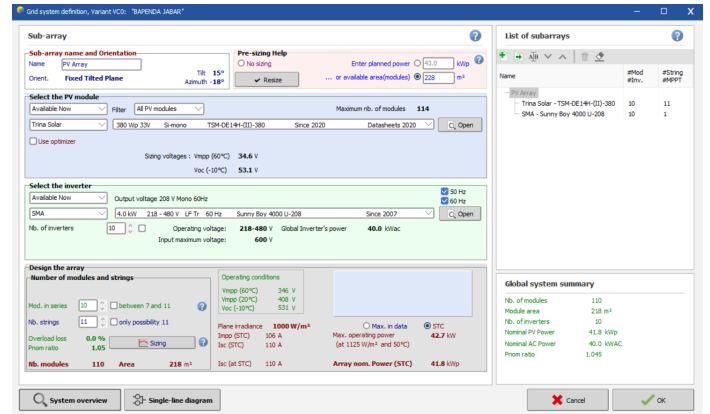
Data tingkat radiasi dan suhu per hari di area Gedung BAPENDA Jawa Barat adalah sebagai berikut.

Month	Global horizontal irradiation (kWh/m²/day)	Horizontal diffuse irradiation (kWh/m²/day)	Temperature (°C)	Wind Velocity (m/s)	Link turbulence (m/s)	Relative humidity (%)
January	4.71	0.53	26.3	1.20	3.898	65.9
February	5.32	0.66	26.1	1.09	4.019	66.2
March	6.11	0.91	26.7	1.00	4.122	65.4
April	6.16	1.32	26.9	0.89	4.259	65.9
May	5.08	1.28	25.8	0.90	4.295	65.8
June	5.08	1.93	26.9	1.00	4.255	66.6
July	5.08	1.88	26.7	1.09	4.235	76.3
August	6.33	2.21	26.9	1.20	4.312	75.4
September	5.57	2.23	26.9	1.20	4.424	76.9
October	5.93	1.99	25.9	1.09	5.034	77.8
November	5.02	1.96	26.9	0.89	5.576	64.4
December	4.90	1.81	26.7	1.00	4.414	65.1
Year	5.19	2.42	26.8	1.0	4.482	62.1

Gambar 7. Data Radiasi Matahari Harian dan Suhu di Area Gedung BAPENDA Jawa Barat

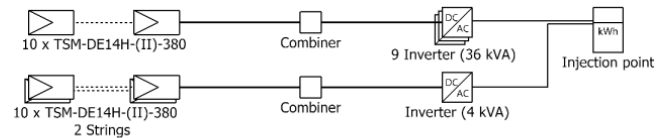
Gambar 7 menyajikan data radiasi matahari harian dan suhu ambient di area Gedung BAPENDA Jawa Barat, yang diperoleh dari data klimatologi lokal. Radiasi matahari ditunjukkan dalam kWh/m<sup>2</sup>, menggambarkan potensi energi matahari yang tersedia setiap hari. Rata-rata suhu harian juga ditampilkan untuk menunjukkan pengaruh lingkungan terhadap kinerja modul fotovoltaik. Data ini penting dalam perancangan sistem PLTS, karena radiasi matahari menentukan produksi energi, sementara suhu mempengaruhi efisiensi modul surya. Kombinasi dari kedua parameter ini digunakan sebagai dasar untuk

mensimulasikan kinerja sistem dan mengevaluasi potensi energi yang dapat dihasilkan di lokasi tersebut.



Gambar 8. Parameter Modul PV dan Inverter

Gambar 8 menunjukkan konfigurasi sistem PV dan inverter beserta diagram satu garis (SLD) nya. Di area yang tersedia seluas 228 m<sup>2</sup>, jumlah modul PV dan inverter yang digunakan adalah 110 unit modul PV dan 10 unit inverter. Dengan topologi surya berupa 11 string, masing-masing string terdiri dari 10 seri modul PV.

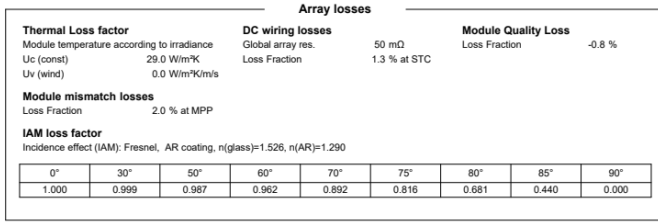


Gambar 9. Diagram Satu Garis Sistem Surya

Setelah parameter untuk simulasi ditentukan, langkah terakhir adalah menjalankan simulasi sistem yang telah kita buat. Berikut adalah ringkasan dari sistem yang telah dibuat.

General parameters																											
<b>Grid-Connected System</b>	No 3D scene defined, no shadings																										
<b>PV Field Orientation</b>	Sheds configuration: No 3D scene defined																										
Orientation: Fixed plane	Models used: Perez, Transposition, Diffuse, Circumsolar, separate																										
Tilt/Azimuth: 15 / -18 °	Horizon: Free Horizon																										
	Near Shadings: No Shadings																										
	User's needs: Monthly values																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Jan.</th> <th>Feb.</th> <th>Mar.</th> <th>Apr.</th> <th>May</th> <th>June</th> <th>July</th> <th>Aug.</th> <th>Sep.</th> <th>Oct.</th> <th>Nov.</th> <th>Dec.</th> <th>Year</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23.1</td> <td>27.3</td> <td>30.3</td> <td>42.4</td> <td>43.3</td> <td>38.2</td> <td>39.1</td> <td>37.4</td> <td>33.2</td> <td>38.7</td> <td>34.9</td> <td>32.4</td> <td>420</td> </tr> </tbody> </table>	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	23.1	27.3	30.3	42.4	43.3	38.2	39.1	37.4	33.2	38.7	34.9	32.4	420
Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year															
23.1	27.3	30.3	42.4	43.3	38.2	39.1	37.4	33.2	38.7	34.9	32.4	420															
	<b>PV Array Characteristics</b>																										
<b>PV module</b>	<b>Inverter</b>																										
Manufacturer: Trina Solar	Manufacturer: SMA																										
Model: TSM-DE14H-(II)-380	Model: Sunny Boy 4000 U-208																										
(Original PVysst database)	(Original PVysst database)																										
Unit Nom. Power: 380 Wp	Unit Nom. Power: 4.00 kWac																										
Number of PV modules: 110 units	Number of inverters: 10 units																										
Nominal (STC): 41.8 kWp	Total power: 40.0 kWac																										
Modules: 11 Strings x 10 In series	Operating voltage: 218-480 V																										
At operating cond. (60°C)	Phom ratio (DC/AC): 1.05																										
Pmpp: 38.0 kWp																											
Ump: 361 V																											
Imp: 105 A																											
<b>Total PV power</b>	<b>Total inverter power</b>																										
Nominal (STC): 42 kWp	Total power: 40 kWac																										
Total: 110 modules	Number of inverters: 10 units																										
Module area: 218 m²	Phom ratio: 1.05																										
Cell area: 192 m²																											

Gambar 10. Parameter Umum Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Karakteristik Array PV



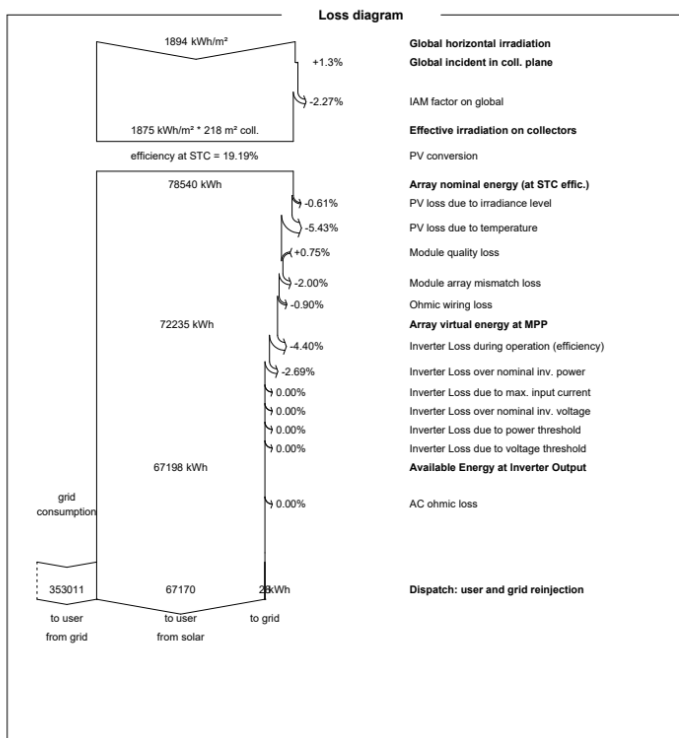
Gambar 11. Kehilangan Array dari Sistem PLTS

Dari perencanaan sistem PLTS yang telah dibuat, hasil simulasi menunjukkan bahwa 110 modul PV yang digunakan memerlukan area seluas 218 m<sup>2</sup> dari total area yang tersedia sebesar 228 m<sup>2</sup>. Dengan energi yang dihasilkan dari PLTS sebesar 67.198 kWh/tahun, kinerja PLTS stabil pada 83,77% per bulan.



Gambar 12. Hasil Utama Simulasi PV Solar

Kehilangan yang terjadi pada sistem surya yang telah disimulasikan di PVSyst disebabkan oleh meningkatnya suhu operasional modul seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13, yang mencapai -5,43%. Energi listrik yang dikonsumsi adalah 353.011 kWh, dengan 23 kWh energi yang disalurkan kembali ke jaringan PLN.



Gambar 13. Diagram Kehilangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Gambar 13 menunjukkan diagram kehilangan dari sistem PV Surya yang telah dirancang untuk Gedung BAPENDA di Jawa Barat. Diagram ini memberikan gambaran rinci tentang berbagai faktor yang menyebabkan penurunan efisiensi sistem selama proses konversi energi. Kehilangan utama yang teridentifikasi meliputi efek suhu operasional modul (-5,43%), kehilangan optik akibat refleksi cahaya, serta kehilangan pada inverter selama proses konversi dari arus searah (DC) ke arus bolak-balik (AC). Selain itu, diagram ini juga mencakup kehilangan energi akibat ketidakcocokan antar modul PV serta kehilangan kabel. Informasi dari diagram ini sangat penting untuk mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan dan mengidentifikasi area yang dapat diperbaiki untuk mengoptimalkan efisiensi sistem. Total energi yang dihasilkan setelah semua kehilangan diperkirakan mencapai 67.198 kWh per tahun.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan menganalisis sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap di Gedung BAPENDA Jawa Barat menggunakan perangkat lunak PVSyst. Sistem yang dirancang mampu menghasilkan energi sebesar 67.198 kWh per tahun, yang dapat memenuhi sekitar 16% dari total permintaan energi gedung. Dengan efisiensi sistem rata-rata sebesar 83,77% per bulan, desain ini menunjukkan kinerja yang stabil, meskipun terdapat kehilangan akibat suhu operasional modul sebesar -5,43%. Sistem surya ini dirancang menggunakan 110 modul fotovoltaik dengan kapasitas 380 Wp, yang disusun dalam konfigurasi 11 string dengan area instalasi efektif sebesar 218 m<sup>2</sup>. Implementasi sistem ini tidak hanya mendukung pengurangan ketergantungan pada energi konvensional tetapi juga berkontribusi pada pencapaian target campuran energi terbarukan nasional sebesar 23% pada 2025 dan pengurangan emisi karbon. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat mendorong penerapan teknologi energi bersih di sektor pemerintah dan memberikan panduan untuk proyek serupa di masa depan. Disarankan untuk melakukan evaluasi kinerja sistem dalam kondisi operasional yang nyata serta analisis ekonomi yang lebih mendalam untuk memperkuat studi kelayakan implementasi PLTS atap di gedung pemerintah lainnya.

REFERENSI

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, no. 11, pp. 569-571, Nov. 1999.
- [4] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [5] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [6] (2002) The IEEE website. [Online]. Available: <http://www.ieee.org/>
- [7] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [8] *FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.
- [9] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.

- [10] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [11] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.
- [12] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997.
- [1] A. Lubis, "Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan," J. Teknol. Lingkung. BPPT, vol. 8, no. 2, 2007, doi: 10.29122/jtl.v8i2.420.
- [2] R. Purnama, "Energy Economic Development: Electricity Subsidies in Indonesia," ANP J. Soc. Sci. Humanit., vol. 1, pp. 1–7, 2024, [Online]. Available: <https://journalarsvot.com/index.php/anjssh/article/view/516%0Ahttps://journalarsvot.com/index.php/anjssh/article/download/516/374>.
- [3] R. P. S. Hutauruk, "Pengaruh Infrastruktur Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Kota Pematangsiantar," J. Ekuilnomi, vol. 3, no. 1, pp. 24–37, 2021, doi: 10.36985/w8we1x56.
- [4] L. Faridah, "Planning of Solar Generation for Renewable Energy Development in the Environment of Univeritas Siliwangi, Campus II Mugasari," vol. 06, no. 2, pp. 59–63, 2024.
- [5] L. Faridah, M. Hadi Ibrahim, A. Purwadi, and A. Rizqiawan, "Study and Design of Hybrid Off-Grid Power System for Communal and Administrative Load at 3 Regions in Maluku, Indonesia System for Communal and Administrative Load at 3 Regions in Maluku, Indonesia," 2018.
- [6] L. Faridah et al., "DESIGN OF A HYBRID POWER GENERATION SYSTEM USING SOLAR AND WIND ENERGY IN CIPATUJAH," vol. 2, no. 25, pp. 107–114, 2024.
- [7] M. Trianah, D. W. Saputra, and S. Inraningsih, "Pengaruh Sejarah Perkembangan Alat Transportasi Darat, Laut, dan Udara di Indonesia serta Dampaknya terhadap Masyarakat," Semin. Nas. dan Publ. Ilm., pp. 2584–2592, 2024.
- [8] R. C. K. Pangestu and A. A. K. Ayuningsasi, "Pengaruh Konsumsi Energi Sektor Industri, Rumah Tangga, dan Transportasi terhadap Emisi Karbon di Indonesia," Inisiat. J. Ekon. Akunt. dan Manaj., vol. 3, no. 4, pp. 297–311, 2024.
- [9] G. Lahope, K. Kunci, E. B. Terbarukan, K. Energi, and T. Energi, "Implementasi Kebijakan Energi Nasional (Ken) Indonesia Menuju 23% Target Bauran Energi Baru Terbarukan (Ebt) 2025," J. Darma Agung, no. 2024, pp. 124–135, 2024, [Online]. Available: <https://dx.doi.org/10.46930/ojsuda.v32i1.3945>.
- [10] Y. Yudiartono, W. Jaka, and A. Adiarso, "Dekarbonisasi Sektor Ketenagalistrikan Sampai 2050 Dalam Kerangka Kebijakan Energi Nasional," J. Energi Baru dan Terbarukan, vol. 4, no. 2, pp. 66–82, 2023, doi: 10.14710/jebt.2023.16966.
- [11] D. Toba, M. Destinasi, P. Berbasis, and E. Hijau, "PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DIKAWASAN DANAU TOBA MENUJU DESTINASI PARAWISATA BERBASIS ENERGI HIJAU."
- [12] D. F. Silalahi, A. Blakers, M. Stocks, B. Lu, C. Cheng, and L. Hayes, "Indonesia's Vast Solar Energy Potential," *Energies*, vol. 14, no. 17, 2021, doi: 10.3390/en14175424.
- [13] A. Kharisma, S. Pinandita, and A. E. Jayanti, "Literature Review: Kajian Potensi Energi Surya Alternatif Energi Listrik," J. Energi Baru dan Terbarukan, vol. 5, no. 2, pp. 145–154, 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.23956.
- [14] E. N. Kurniasari, G. Rusmayadi, T. Wianto, and I. Mahyudin, "Perubahan iklim dan potensi energi surya di wilayah monsum (climate change and solar energy potential in monsoon regions)," J. EnviroScienceteae, vol. 19, no. 1, pp. 89–98, 2023.
- [15] H. S. Fathoni, R. Boer, and Sulistiyanti, "Battle over the sun: Resistance, tension, and divergence in enabling rooftop solar adoption in Indonesia," *Glob. Environ. Chang.*, vol. 71, p. 102371, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102371>.
- [16] D. Setyawati, "Analysis of perceptions towards the rooftop photovoltaic solar system policy in Indonesia," *Energy Policy*, vol. 144, p. 111569, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111569>.
- [17] A. Hidayatno, A. D. Setiawan, I. M. Wikananda Supartha, A. O. Moeis, I. Rahman, and E. Widiono, "Investigating policies on improving household rooftop photovoltaics adoption in Indonesia," *Renew. Energy*, vol. 156, pp. 731–742, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.04.106>.
- [18] N. Byrne, S. Pierce, L. De Donatis, R. Kerrigan, and N. Buckley, "Validating decarbonisation strategies of climate action plans via digital twins: a Limerick case study," *Front. Sustain. Cities*, vol. 6, no. July, 2024, doi: 10.3389/frsc.2024.1393798.
- [19] V. Vasseur, J. Backhaus, S. Fehres, and F. Goldschmeding, "Capabilities and social practices: A combined conceptual framework for domestic energy use," *J. Clean. Prod.*, vol. 455, p. 142268, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142268>.
- [20] R. Dzulkifli et al., "OPTIMALISASI REGULASI PLTS ATAP DI INDONESIA : STUDI," vol. 06, no. 3, pp. 1–16, 2025.