

**ANALISIS HASIL SIMULASI PERENCANAAN DI PLTS 7 MWP  
MENGUNAKAN SOFTWARE PVSYST  
ANALYSIS OF PLANNING SIMULATION RESULTS IN PLTS 7 MWP USING  
PVSYST SOFTWARE**

**Muhamad Rizki Perdamaian<sup>1</sup>, Abdul Natsir<sup>2</sup>, Sultan<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram

<sup>1</sup>[rizkiperd@gmail.com](mailto:rizkiperd@gmail.com), <sup>2, 3</sup>

---

**ABSTRAK**

*Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) saat ini menjadi salah satu pilihan berbagai perusahaan khususnya di Indonesia yang dimana kondisi permukaan bumi yang memiliki panas berdasarkan posisi matahari berada pada garis khatulistiwa, serta potensi radiasi cahaya matahari berkisar 4,8 kWh/m<sup>2</sup> per-hari. Salah satu contoh beberapa proyek PLTS yang telah terealisasi di provinsi NTB adalah PLTS 7 Mwp masing- masing di Sengkol, Selong, dan Pringgabaya dengan menggunakan sistem on-grid. suatu nilai yang harus ada dalam kinerja suatu PLTS, seperti produksi energi dan performance ratio (PR), sehingga perlu dilakukannya analisis terkait kinerja PLTS Pringgabaya. Untuk mengetahui potensi energi optimum PLTS Pringgabaya terkait parameter kinerja, sehingga dilakukan simulasi menggunakan software PVsyst dengan 3 spesifikasi modul surya dan inverter yang dimana masing masing kapasitas modul surya bernilai 325W, 330W, dan 400W. Produksi energi hasil pengukuran yang didapatkan oleh PLTS Pringgabaya dalam bulan april 2021 sebesar 508,08 MWh dengan rasio kinerja sebesar 77%. Kemudian untuk hasil simulasi produksi energi yang didapatkan pada bulan april berturut turut sebesar 466,9 MWh, 478,4 MWh dan 590 MWh dengan rasio kinerja berturut turut 81,2%, 81,7%, dan 83,2%. Hasil hasil tersebut dibedakan oleh radiasi matahari yang diterima oleh modul surya dan spesifikasi modul surya dan inverter yang berbeda beda di setiap kapasitas modul surya.*

*Kata Kunci: Modul Surya, Inverter, Produksi Energi, Rasio Kinerja (PR)*

---

**ABSTRACT**

*Solar Power Plants (PLTS) are currently the one of choices of various companies, especially in Indonesia where the earth's surface conditions have heat based on the sun's position at the equator, and the potential for solar radiation is around 4.8 kWh/m<sup>2</sup> a day. One example of several PLTS projects that have been realized in the province of NTB is the 7 Mwp PLTS in Sengkol, Selong and Pringgabaya with using an on-grid system. a value that must appear in the performance of a PLTS, such as energy production and performance ratio (PR), so it is necessary to carry out an analysis related to the performance of Pringgabaya PLTS. To find out the optimum energy potential of PLTS Pringgabaya related to performance parameters, a simulation was carried out using the PVsyst software with 3 specifications of solar modules and inverters where each solar module capacity is 325W, 330W and 400W. The results of energy production measurements obtained by PLTS Pringgabaya in April 2021 were 508.08 MWh with a performance ratio of 77%. Then the energy production simulation results obtained in April were 466.9 MWh, 478.4 MWh and 590 MWh respectively with performance ratios of 81.2%, 81.7% and 83.2% respectively %. These results are distinguished by the solar radiation received by the solar modules and the specifications of the solar modules and inverters which differ in each solar module capacity.*

*Keywords: Modules, Inverter, Energy production, Performance Ratio (PR).*

---

## PENDAHULUAN

Energi listrik nasional saat ini mengalami peningkatan sebesar 8,65% per-tahun. Menurut Keputusan menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor 143 tahun 2019 tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional, bahwa energi listrik mengalami peningkatan dengan rata-rata per-tahun sekitar 4,6% hingga 20 tahun yang akan datang. Dilihat dari proyeksi tersebut, dibutuhkan energi listrik sekitar 32.247 GWh di tahun 2019, akan semakin meningkat menjadi 45.068 GWh di tahun 2028, dan 75.397 GWh pada tahun 2038. Dilakukannya pemanfaatan serta pengembangan energi surya sehingga akan menjadi suatu hal yang menjanjikan bagi masyarakat Indonesia, karena Indonesia adalah negara beriklim tropis yang dimana kondisi permukaan bumi yang memiliki panas berdasarkan posisi matahari berada pada garis khatulistiwa sehingga akan menghasilkan suhu yang tinggi, serta potensi radiasi cahaya matahari berkisar 4,8 kWh/m<sup>2</sup> per-hari.

Salah satu contoh beberapa proyek PLTS yang telah terealisasi di provinsi NTB adalah PLTS 7 MWp masing- masing di Sengkol, Selong, dan Pringgabaya. Muncul permasalahan-permasalahan yang dialami oleh PLTS. Oleh karena itu, semenjak PLTS ini menjalani *Running Sistem* tentu kedepannya akan banyak permasalahan dalam pembangkitan yang perlu menjadi perhatian penuh untuk sebisa mungkin cepat diatasi. Untuk dapat mengatasi permasalahan yang ada, tentu langkah pertama yang harus dilakukan adalah bagaimana sistem kelistrikan dan *output* yang dihasilkan sehingga dari *output* yang dihasilkan bisa didapatkan kondisi sistem jika abnormal dan membutuhkan perbaikan sehingga kestabilan sistem dari PLTS dapat terjaga.

Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui energi listrik yang dibangkitkan dan kinerja dari PLTS 7 MWp Pringgabaya Lombok Timur, sehingga perlu melakukan simulasi terkait sistem berbasis *PVsyst*. Hasil simulasi ini menjadi acuan untuk analisis perbandingan terhadap kondisi riil operasi di PLTS, yang bertujuan agar mengetahui produksi energi listrik riil, kendala, dan permasalahan operasi PLTS. Dilakukannya penelitian dengan menggunakan simulasi dari software *PVsyst* yang dikondisikan agar bisa

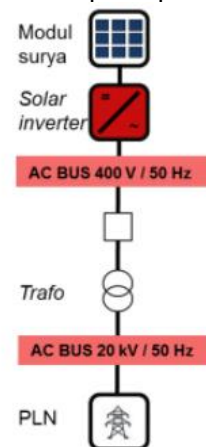
mempresentasikan sistem yang terpasang yang ada di lokasi PLTS untuk mendapatkan produksi dan kinerja di PLTS 7 MWp Pringgabaya.

## Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari melalui sel surya (photovoltaic) untuk mengkonversikan radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. Sel surya merupakan lapisan-lapisan tipis terbuat dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni, atau bahan semikonduktor lainnya, yang kemudian tersusun menjadi modul surya.

## PLTS On-Grid

Sistem *On-grid* adalah sistem yang terhubung langsung dengan jaringan PLN melalui solar inverter yang berskala besar. PLTS akan terhubung dengan jaringan tergantung dari kondisi dari sinar matahari yang mengenai PV modul. Sistem PLTS *On-Grid* atau biasa disebut PLTS terpusat skala utilitas artinya sistem PLTS yang produksinya diatas 100 kWp. Untuk sistem *On-grid* ini biasanya bersifat *Independent Power Producer* (IPP) dimana sistem penjualannya langsung ke PLN berdasarkan *feed-in* tarif. Daya akan masuk ke jaringan PLN selama jaringan memadai seperti pada gambar 2.1



Gambar 1 Skema PLTS On-Grid

## Faktor Kerja Maksimum Modul Surya

Faktor-faktor yang mempengaruhi kerja modul surya agar mendapatkan nilai yang maksimum adalah sebagai berikut:

### 1. Radiasi Matahari

Radiasi matahari dalam perjalanannya melewati atmosfer menuju permukaan bumi mengalami penyerapan (absorpsi), pemantulan, hamburan dan pemancaran kembali atau reradiasi.

Radiasi matahari permukaan bumi dan dari berbagai lokasi bervariasi, dan sangat bergantung pada spektrum solar ke bumi. Iradiasi matahari akan banyak berpengaruh pada arus (I) dan sedikit pada tegangan (V).

### 2. Temperatur Modul surya

Sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25°C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel akan menurunkan nilai tegangan (Voc). Setiap kenaikan suhu pada sel surya 10°C (dari 25°C) akan berkurang sekitar 0,4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah (2x) lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10°C. (Yuliananda dkk, 2015)

### 3. Orientasi Modul Surya

Orientasi dari modul surya ke arah matahari secara optimum adalah penting agar modul surya dapat menghasilkan energi maksimum. Selain arah orientasi, sudut kemiringan (tilt angle) dari modul surya juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum. Untuk lokasi yang terletak di belahan utara latitude, maka modul surya sebaiknya diorientasikan ke selatan, orientasi ke timur-barat walaupun juga dapat menghasilkan sejumlah energi dari modul surya, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum.

### 4. Kecepatan angin bertiup

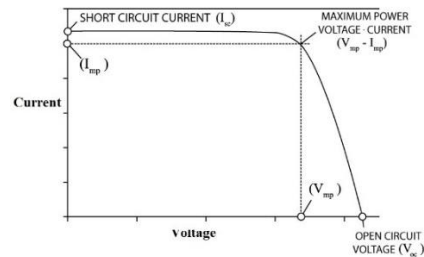
Kecepatan tiupan angin bertiup disekitar lokasi panel surya akan sangat membantu mendinginkan temperatur permukaan sel surya. Salah satu solusi optimal untuk memaksimalkan kecepatan angin adalah dengan memperhitungkan desain jarak antar panel dengan ruang penempatan dibawahnya.

### 5. Keadaan Atmosfer

Keadaan atmosfer bumi yang berawan, mendung, mengandung jenis partikel debu udara tertentu, asap, uap air, kabut dan polusi akan mempengaruhi hasil produksi listrik dari panel surya

## Karakteristik Modul Surya

Sel surya menerima penyinaran matahari dalam satu hari sangat bervariasi. Hal ini dikarenakan sinar matahari memiliki intensitas yang besar ketika siang hari dibandingkan pagi hari. Besarnya kapasitas daya yang dihasilkan, dapat diketahui melalui pengukuran terhadap arus (I) dan tegangan (V) pada gugusan sel surya yang disebut panel atau modul. Pengukuran arus maksimum dilakukan dengan cara kedua terminal dari modul dibuat rangkaian hubung singkat sehingga tegangannya menjadi nol dan arusnya maksimum yang dinamakan short circuit current atau I<sub>sc</sub>. Pengukuran terhadap tegangan (V) dilakukan pada terminal positif dan negatif dari modul sel surya dengan tidak menghubungkan sel surya dengan komponen lainnya. Pengukuran ini dinamakan open circuit voltage atau Voc. Karakteristik I-V seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2 Kurva I-V pada modul Surya

Gambar di atas adalah karakteristik dari modul surya dapat di terangkan pada kurva arus dan tegangan yang terdapat pada (kurva I-V) kurva tegangan dan daya. Kurva di atas terdapat persamaan yang relevan untuk menurunkan parameter listrik dari kurva I-V dan kurva P-V yaitu:

$$P_{in} = Irr \times A \dots\dots\dots(1)$$

Peningkatan P<sub>in</sub> pada bidang modul akan menyebabkan kenaikan V<sub>mp</sub> sebagai fungsi dari logaritma intensitas ( $V_{MP} = C \ln (P_{in}/P_o)$ ) dengan c dan P<sub>o</sub> menjadi faktor konstan jika suhu sel tidak berubah secara spesifik bukan kekuatan penyinaran yang memiliki linier hubungan dengan arus hubung singkat tetapi jumlah foton dengan energi lebih tinggi dari celah pita yang proporsional.

$$P_{out} = V_{mp} \times I_{mp} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan daya keluaran pada panel surya akan semakin meningkat Ketika tegangan maksimum (V<sub>mp</sub>) dan arus maksimum (I<sub>mp</sub>) juga semakin meningkat,

$$I_{sc} = I = (v = 0)I_{sc} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan  $I_{sc}$  adalah arus hubung singkat, yaitu arus Ketika tegangan terminal perangkat adalah 0. (Pearsall, 2016)

$$V_{oc} = \frac{V}{I(V)} = 0 \dots \dots \dots (4)$$

Dengan  $V_{oc}$  adalah tegangan rangkaian terbuka, yang merupakan tegangan ketika tidak ada arus diproduksi

$$P_{mpp} = \text{Max}(P(V)) = P(V) / \frac{dp(V)}{dv} = 0 \dots (5)$$

Dengan  $P_{mpp}$  adalah daya dalam MPP. Daya ini adalah daya maksimum yang dihasilkan modul di bawah keadaan yang berlaku dan biasanya ditentukan dengan menerapkan urutan kelima kecocokan polynomial dengan kurva P-V diukur di sekitar  $P_{mpp}$  yang dimaksud.

$$V_{mpp} = V(P = P_{mpp}) = \frac{P(V)}{\frac{dp(V)}{dv}} 0 \dots \dots (6)$$

Dengan  $V_{mpp}$  adalah tegangan pada MPP, yaitu tegangan yang terjadi dimana daya maksimal berhubungan dengan tegangan adalah bernilai 0

$$I_{MPP} = P_{mpp} / V_{mpp} \dots \dots \dots (7)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{max}}{G_i} = \frac{FF \cdot I_{sc} \cdot V_{oc}}{G_i} \dots \dots \dots (8)$$

Dengan  $P_{max} = I_{mpp} \times V_{mpp}$  dan  $G_i$  merupakan kejadian radiasi global

$$FF = \frac{I_{mp} \cdot V_{mp}}{I_{sc} \cdot V_{oc}} \dots \dots \dots (9)$$

Dengan faktor isi FF merupakan perbandingan dari hasil kali  $I_{mpp}$  dan  $V_{mpp}$  terhadap hasil kali  $I_{sc}$  dan  $V_{oc}$

### Parameter Kinerja PLTS

Parameter menganalisis rasio kinerja sistem PLTS, parameter unjuk kerja menurut standar IEC 61724 dapat dilaksanakan untuk menjelaskan kerja sistem secara keseluruhan terkait dengan produksi energi ( $Y_i$ ), radiasi matahari ( $Y_r$ ) dan rugi-rugi sistem yang digambarkan melalui presentase rasio kinerja (PR) Sistem

1. Menghitung daya yang dibangkitkan PLTS

Menghitung potensi daya listrik yang mampu di bangkitkan oleh PLTS berdasarkan radiasi yang mengenai PV, maka dapat menghitung menggunakan persamaan

$$\frac{H}{G_{stc}} P_{wattpeak} = P_{PVMmax} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan:  
 $P_{PVMmax}$  = Potensi Daya listrik maksimal PV (Wp)

$H$  = Radiasi matahari pada PV ( $W/m^2$ )

$G_{stc}$  = Radiasi PV berdasarkan STC ( $1000 W/m^2$ )

$P_{wattpeak}$  = Total kapasitas Daya PLTS yang terpasang (wp)

Persamaan berikut digunakan untuk mencari potensi daya yang dihasilkan oleh PV berdasarkan ketersediaan radiasi matahari ( $H$ ) pada waktu tertentu ketika radiasi mengenai modul. Untuk dapat menghitung  $P_{wattpeak}$  maka perlu diketahui jumlah PV yang terpasang pada area PLTS. Oleh karena itu dapat ditentukan melalui persamaan

$$P_{Wattpeak} = PV_{area} \times PSI \times \eta \dots (2.11)$$

Jika disederhakan persamaan di atas karena PV area, PSI dan efisiensi PV sama dengan persamaan daya keluaran modul PV ( $P_{MPP}$ ), maka:

$$P_{wattpeak} = 325 \times \text{jumlah modul PV terpasang} \dots \dots \dots (2.12)$$

### Final yield (Yf)

Hasil akhir atau final yield ( $Y_f$ ) adalah luaran produksi energi bersih ( $E$ ) yang di hasilkan secara realtime yang merupakan energi real hasil akhir produksi energi listrik yang sudah di kurangi oleh *losses* energi yang terjadi, baik *losses* dalam saluran maupun faktor lingkungan. Final yeald biasanya didefinisikan sebagai energi listrik dalam bentuk listrik AC ( $E$ ) dibagi dengan kapasitas daya PV pada *nameplate* dalam bentuk listrik DC ( $P_o$ ) pehode tertentu.

$$Y_f = \frac{E}{P_o} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dengan:  
 $Y_f$  = Hasil akhir (jam)  
 $E$  = Energi ke jaringan (kWh)  
 $P_o$  = Total daya yang di hasilkan PV (kWp)

### Referencee Yield (Yr)

Hasil acuan atau *referensi yield* ( $Y_R$ ) adalah jumlah radiasi matahari yang tersedia dalam suatu wilayah. Umumnya hasil acuan di hitung dengan jumlah radiasi matahari harian dalam satuan  $W/m^2$  di bagi dengan radiasi berdasarkan *standard test condition* (STC) yang bernilai 1000 ( $W/m^2$ )

$$Y_R = \frac{H_t}{H_r} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dengan:  
 $Y_R$  = Hasil acuan (jam)  
 $H_t$  = Radiasi pada pembukaan modul PV ( $W/m^2$ )

$H_r$  = Radiasi referensi berdasarkan STC (1000W/m<sup>2</sup>)

**Rasio Kinerja (PR)**

Rasio kinerja merupakan uraian kualitas kerja pada sistem selama beroperasi dalam kurun waktu tertentu. Pada PLTS rasio kinerja biasanya dinyatakan dalam presentase yang menunjukkan rugi total pada sistem Ketika mengkonversi energi dari DC menjadi keluaran energi AC. Kerugian sistem disebabkan oleh komponen modul PV, inverter dan kabel sedangkan faktor lingkungan seperti cuaca, kondisi suhu lingkungan dan lainnya. Bentuk umum untuk menghitung rasio kinerja yaitu energi actual yang di dihasilkan (kWh) yang di bagi dengan total radiasi matahari yang tersedia (kWh/m<sup>2</sup>) dan total kapasitas modul PV terpasang di lakukan 100%.

$$PR = \frac{\text{Actual energy (kWh)}}{\text{insulation (kWh/m)} \times \text{DC capacity (kWp)}} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$PR = \left( \frac{Y_f}{Y_r} \right) \dots\dots\dots(2.16)$$

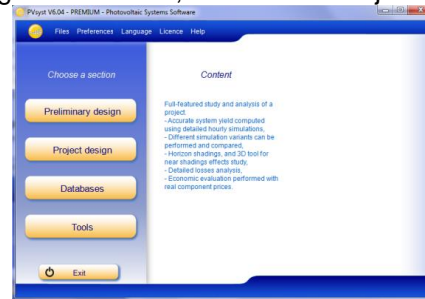
Disamping menghitung kinerja dari PV, untuk dapat melihat kinerja dari PLTS juga mengamati kinerja dari inverter. Untuk melihat kualitas kinerja pada inverter dapat dilihat dari nilai efisiensi Ketika mengkonversi energi listrik DC menjadi AC yang merupakan perbandingan antara daya AC keluaran inverter dengan daya DC masukan inverter

**Perangkat Lunak PVsyst**

PVsyst adalah instrumen paling berkembang yang digunakan dalam pemodelan dan analisis tata surya fotovoltaik untuk berbagai aplikasi (*Grid-Connected, standalone, water pumping*). alat ini memungkinkan pengguna untuk mengoptimalkan sebagian besar parameter yang diperlukan untuk pembangkit listrik tenaga surya, dan juga memungkinkan pengguna untuk menggunakan efek bayangan juga. Basis data besar dipasang dengan alat yang terkait dengan komponen sistem PV yang saat ini tersedia di pasar. juga memungkinkan untuk melakukan analisis ekonomi yang terperinci.

PVsyst adalah perangkat lunak simulasi dan desain. itu dirancang untuk

menyediakan cara yang mudah digunakan untuk proyek yang dikembangkan. PVsyst berisi basis data meteorologi yang besar untuk beberapa lokasi di semua negara di dunia. Bisa di gunakan secara manual menambahkan data terukur ke situs. hasilnya disajikan dalam bentuk laporan lengkap yang meliputi grafik dan tabel. perangkat lunak ini terdiri dari modul fotovoltaik, inverter pengontrol muatan, dan antarmuka jaringan.

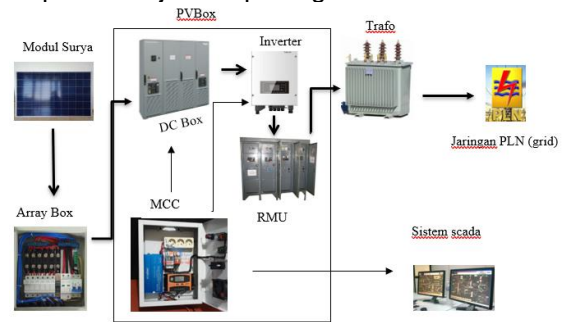


Gambar 3 Menu awal PVsyst

**METODE PENELITIAN**

**Konfigurasi PLTS Pringgabaya**

Konfigurasi sistem kelistrikan PLTS Pringgabaya terdiri dari unit-unit antara lain Modul Surya (string dan array), array box, PV box (DC box, inverter, MCC, RMU) transformator dan monitoring serta peralatan untuk mendistribusikan listrik ke jaringan PLN. Seperti ditunjukkan pada gambar 4.1



Gambar 1 skema konfigurasi PLTS Pringgabaya

Ketika modul surya terkena radiasi sinar matahari maka modul surya akan menghasilkan daya listrik. Daya listrik akan di gabungkan dan dikumpulkan di array box, kemudian daya listrik akan diteruskan ke DC box, DC box akan mengumpulkan inputan daya listrik PV untuk mendapatkan rating kerja pada inverter sebelum pada listrik DC diubah menjadi AC oleh inverter. Jika daya pada DC box sudah memenuhi rating daya nominal

inverter maka inverter akan merubah daya listrik dari DC ke AC sekaligus melakukan proses grid pada jaringan di setiap phasanya. Masing masing inverter akan terhubung dengan RMU (*Ring Main Unit*) dan tegangan akan di naikkan menjadi 20 kV oleh trafo untuk di teruskan ke Gardu induk Pringgabaya. RMU adalah panel *control* tegangan menengah yang di lengkapi dengan alat pemutus tenaga atau *circuit breaker* yang berfungsi untuk menerima dan mengirimkan daya listrik. Setiap *input output* listrik dan informasi serta kondisi peralatan akan di monitoring oleg MCC untuk diteruskan ke scada untuk di monitor. Sistem kerja transformator yaitu memiliki dua fungsi. Pertama pada siang hari transformator berfungsi sebagai trafo *step-up* untuk membagikan energi listrik ke jaringan 20 kV dan pada kondisi malam hari berfungsi sebagai trafo *step-down* untuk dapat menyuplay energi listrik ke peralatan yang dalam keadaan menyala seperti inverter, MCC, dan elektronika daya lainnya

### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisa perhitungan dan simulasi menggunakan *Software PVsyst*. Hal yang pertama dilakukan adalah menghitung daya listrik yang dihasilkan perhari kemudian digabungkan menjadi data perbulan untuk dibandingkan dengan hasil simulasi.

Hal yang dilakukan untuk menjalankan simulasi adalah dengan menentukan orientasi modul surya terlebih dahulu seperti kemiringan, dan azimuth modul surya, kemudian menentukan *Planted power* berdasarkan kapasitas yang ditentukan dengan spesifikasi modul dan inverter yang direncanakan, jumlah modul dan inverter. jika terdapat keterangan *undersize* itu disebabkan inverter yang digunakan memiliki kapasitas yang lebih besar dari pada total daya terbangkitkan dari seluruh modul surya. Jika terdapat *oversized* dikerenakan pengaturan konfigurasi, total kapasitas pembangkit dan kapasitas inverter tidak seimbang. Untuk mengetahui sistem PLTS dalam kategori optimal, jika noted *running* kosong dan berwarna biru. Kemudian tahap selanjutnya yaitu *running* atau menjalankan proyek desain simulasi. Data yang didapatkan yaitu data tentang produksi energi dan parameter kinerja

PLTS seperti Rasio kinerja (PR), dan Egrid (energi yang disalurkan ke beban). Terdapat juga data dengan parameter yang lain seperti data iridiasi, energi dari PV array, energi yang di butuhkan beban dan lain-lain, yang semuanya dapat di lihat pada hasil report simulasi. Hasil yang di dapatkan pada simulasi PVsyst ini akan dibandingkan dengan data sekunder berupa hasil akhir produksi energi dan rasio kinerja (PR) yang ada pada PLTS 7 MWp.

### Alat dan Bahan

#### Alat Penelitian

Perangkat keras yang di gunakan dalam melakukan penelitian ini adalah laptop dengan sistem Windows 10 ultimate 64-bit dengan RAM 4 Gb dan ROM 256 dengan perangkat lain seperti *mouse*, *charger* dan komponen lainnya. Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah microsoft office 2016 dan *software PVsyst 7.0*.

#### Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *irradiance*, *temperature*, data spesifikasi pada modul surya dan inverter yang direncanakan dan spesifikasi PLTS 7 MWP Pringgabaya yang dimana spesifikasi modul surya menggunakan kapasitas 325 W kemudian inverter menggunakan merek *schneider electric*. Data sekunder produksi energi dari modul surya dan inverter sesuai

Tabel 1 Spesifikasi Modul

Spesifikasi	Kapasitas 325 W	Kapasitas 330 W	Kapasitas 400 W
Merk	Trina Solar	Trina solar	Trina Solar
Model	TSM-325PEG14	TSM-330PEG14	TSM-DEG15-20
Tipe	Polycrystalin	Polycrystalin	Monocrystalin
Irradiance	1000 W/m	1000 W/m	1000 W/m
Temperature	25°C	25°C	25°C
Maximum Power (Pmax)	325 W	330 W	400 W
Maksimum Power Voltage (Vmp)	37,4 V	37,4 V	40,8 V
Maksimum Power Curent	8,69 A	8,78 A	9,81 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45,6 A	45,8 V	48,9
Open Cicruit Curent (Isc)	9,270 A	9,310 A	10,33
Maximum series Fuse	15 A	15 A	15 A
Power Application	0,5 W	0,5 W	0,5 W

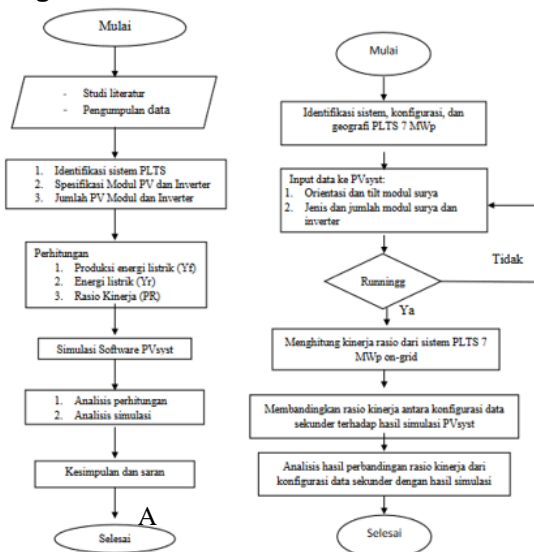
Tabel 2 Data spesifikasi inverter

Spesifikasi	Kapasitas	Kapasitas	Unit
Make by	SMA	Schneider electric	-
Grid Voltage	360	380	V
Nominal Ac Power	800	680	KVA
Maximum AC Power	880	680	KVA
Nominal AC Current	1283	1040	A
Maximum AC current	1421	1040	A
Maximum Efficiency	98,68	98,78	%
Max input current	1537,1	1259,5	ADC
Nominal MPP Voltage	620	800	VDC
Max MPP Voltage	950	800	VDC
Maximum PV input Voltage	1000	1000	VDC
Min input (PV) Voltage	400	550	VDC

### Lokasi dan Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di PLTS 7 MWp yang berlokasi Di Pringgabaya Lombok Timur. Pengambilan data sekunder dilakukan pada bulan Agustus 2022. Data-data yang dikumpulkan antara lain data intensitas radiasi surya, temperatur, dan produksi energi harian.

### Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Data

Pembahasan terhadap data-data yang didapatkan. Pada bagian analisis ini akan dilakukan analisa 1 contoh data harian yang dimana data yang digunakan adalah data radiasi matahari harian yang paling tinggi menghasilkan energi listrik.

Tabel 1 Pengukuran radiasi matahari arus dan tegangan pada array box 1

Jam	Temperatur (°C)	Radiasi (W/m <sup>2</sup> )	Array Box 1		
			I (A)	V (V)	P (Wp)
6:00	25	54	8	590	4.720
7:00	30	284	47	667	31.349
8:00	36	405	103	743	76.529
9:00	43	656	163	789	128.607
10:00	50	877	214	650	139.100
11:00	53	890	267	687	183.429
12:00	52	1065	229	678	155.262
13:00	53	1021	236	669	157.884
14:00	48	802	191	687	131.217
15:00	41	720	170	778	132.260
16:00	40	410	101	685	69.185
17:00	38	288	45	695	31.275
18:00	31	51	5	600	3.000
total		7.5 kW/m <sup>2</sup>			

Tabel di atas dapat dianalisa bahwa semakin meningkat radiasi matahari mengenai PV maka nilai pada arus (I) yang dihasilkan PV akan semakin besar. Hal tersebut dikarenakan sel pada PV akan menghasilkan arus sesuai besar radiasi matahari mengenai PV. Namun arus yang dihasilkan tidak selalu sepadan dengan radiasi matahari yang ada. Ada suatu kondisi dimana arus tidak berbanding lurus dengan radiasi matahari jika sel PV beroperasi melebihi standar Seperti pada tabel 4.4 ketika radiasi pada pukul 11:00 sebesar 890, arus pada PV mengalami penurunan dari 267 A ke 229 A. hal ini karena sel pada PV melakukan pertimbangan karakteristik untuk menghasilkan arus. Normalnya arus akan berbanding lurus dengan radiasi matahari jika PV beroperasi tetep pada kondisi suhu 25°C. Namun pada kondisi yang sebenarnya hal tersebut sangat sulit untuk dilakukan karena koefisien udara yang kecil mudah menaikkan suhu jika terkena matahari

### Perhitungan Energi Harian di PV Box 1

Dalam analisa pada bahasan ini untuk mempermudah, maka diambil contoh data pada tanggal 9 april 2021. Potensi radiasi matahari harian pada 9 april 2021 bernilai sebesar 7,5 kW/m<sup>2</sup> di karenakan pengukuran pada tanggal tersebut dalam kondisi tidak berawan, sehingga potensi daya listrik yang dihasilkan oleh PV dapat dihitung dengan persamaan 2-14:

$$P_{PVmax} = \frac{H}{G_{stc}} \times P_{wattpeak}$$

Diketahui intensitas radiasi matahari pukul 06.00 sebesar  $54 \text{ W/m}^2$  jadi  $H = 54 \text{ W/m}^2$ ,  $G_{STC}$  merupakan nilai radiasi pada kondisi STC (Standar Test Condition) pada tabel spesifikasi pada modul PV bernilai sebesar  $1000 \text{ W/m}^2$  dan kapasitas daya PLTS terpasang sebanyak 325 W atau  $P_{wattpeak}$  adalah total kapasitas daya PLTS terpasang. Besar total daya terpasang dapat dihitung menggunakan persamaan 2-16. Jumlah modul terpasang pada PV box yang di lakukan pengukuran modul yang terpasang sebanyak 10760 modul, sehingga:

$$\begin{aligned} P_{wattpeak} &= 325 \times \text{Modul PV terpasang} \\ &= 325 \times 10760 \\ &= 3497 \text{ kWp} \end{aligned}$$

Maka potensi daya listrik yang di hasilkan oleh PV berdasarkan masuknya radiasi matahari pada waktu tersebut

$$\begin{aligned} P_{PVmax} &= \frac{H}{G_{stc}} \times P_{wattpeak} \\ &= \frac{54}{1000} \times 3479 \\ &= 188.838 \text{ kWp} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat di lihat pada berikut

Tabel 2 Hasil Perhitungan Energi Harian DC

Jam	Temperatur (°C)	Radiasi (W/m <sup>2</sup> )	DC BOX				Photovoltaik	
			1 (kWp)	2 (kWp)	3 (kWp)	4 (kWp)	P <sub>PV</sub> Real kWp	P <sub>PV</sub> Hit kWp
6:00	25	54	22	20	23	23	88	188,838
7:00	30	284	157	159	161	168	645	993,148
8:00	36	405	337	340	345	354	1376	1416,285
9:00	43	656	514	515	519	512	2060	2294,032
10:00	50	877	650	648	647	649	2594	3066,869
11:00	53	890	634	604	601	603	2442	3112,33
12:00	52	1065	732	719	723	745	2919	3724,305
13:00	53	1021	730	714	719	739	2902	3570,437
14:00	48	802	578	579	574	578	2309	2804,594
15:00	41	410	539	538	540	542	2159	1433,77
16:00	40	288	321	325	328	318	1292	1007,136
17:00	38	51	154	157	159	164	634	178,347
18:00	31	35	10	12	12	11	45	122,395

Tabel dapat dilihat bahwa jika di amati pada daya PV real dan PV hitung, nilai daya PV terlihat menurun. Hal ini dikarenakan faktor faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan nilai PV diantaranya Radiasi dan suhu pada permukaan modul yang melebihi nominal STC. PV akan menghasilkan daya maksimum atau daya puncak pada radiasi  $1000 \text{ W/m}^2$  dan suhu pada permukaan modul beroperasi pada nominal  $25^\circ\text{C}$ . Meningkatnya radiasi matahari akan meningkatnya nilai arus (I), Sedangkan seiring kenaikan suhu melebihi batas nominal STC akan menyebabkan penurunan pada nilai tegangan (V) operasi dari PV. Akibatnya daya keluaran dari PV terlihat bahwa nilai arus dan tegangan pada

pukul 06.00-10.00 terlihat cukup konstan, namun pada saat suhu melebihi nominal STC tegangan dari PV ke array box menurun dari 687 V menjadi 678 V. kemudian pada DC box nilai nya tidak sama. Hal ini terjadi karena faktor lingkungan seperti debu, kondisi awan disetiap area yang berbeda beda dan kecepatan angin. Perbedaan tempat dipasangnya modul PV tidak dapat di pastikan daya pada outputnya, karena disamping faktor lingkungan pada area modul PV, tinggi rendah modul PV ditempatkan juga akan berdampak pada jumlah radiasi yang di terima oleh PV. Perbedaan radiasi yang diterima PV ditempat tinggi dan ditempat rendah tidak akan bernilai sama, karena yang lebih rendah biasanya akan terkena debu dan kecepatan angin yang lebih sedikit. Kemudian Panjang saluran kabel yang menuju array box dan inverter akan kehilangan daya atau losses di sepanjang saluran.

Energi real yang di hasilkan oleh PV sebesar 21465 kWh, dari besarnya energi real yang dihasilkan maka rasio kinerja (PR) dari PV dapat di hitung dengan menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned} Y_f &= \frac{EPV}{P_o} \\ &= \frac{21465}{3497} \\ &= 6,13 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_R &= \frac{Ht}{Hr} \\ &= \frac{7,5}{1000} 100\% \\ &= 7,5 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PR &= \frac{Y_R}{Y_F} \\ &= \frac{6,13}{7,5} = 81,73 \end{aligned}$$

### Array PV Perbulan

Tabel berikut merupakan pengamatan hasil produksi energi selama bulan April 2021, pada tabel disajikan PPV real dan PPV hitung beserta rasio kinerja selama bulan April 2021 sebagai berikut.



**Tabel 3 hasil perhitungan bulanan**

Produksi Energi dan Rasio Kinerja pada PV box 1 bulan April 2021				
Tanggal	P <sub>PV</sub> Rill kWh	P <sub>PV</sub> hitung kWh	Selisi h kWh	PR %
1-Apr	20.138	26.367	6.229	76
2-Apr	18.601	24.915	6.314	74
3-Apr	19.830	25.742	5.912	77
4-Apr	19.411	23.859	4.448	81
5-Apr	18.882	26.063	7.181	72
6-Apr	18.946	24.054	5.108	79
7-Apr	16.490	22.252	5.762	74
8-Apr	18.025	24.983	6.958	72
9-Apr	21.513	26.281	4.768	82
10-Apr	20.978	25.723	4.745	82
11-Apr	18.075	23.502	5.427	77
12-Apr	17.252	22.761	5.509	75
13-Apr	18.179	23.126	4.947	78
14-Apr	18.218	20.956	2.738	88
15-Apr	16.640	18.440	1.800	91
16-Apr	5.478	7.446	1.968	74
17-Apr	20.951	23.191	2.240	90
18-Apr	17.999	20.959	2.960	87
19-Apr	17.047	20.265	3.218	85
20-Apr	18.314	23.730	5.416	78
21-Apr	14.645	19.986	5.341	73
22-Apr	18.236	19.982	1.746	91
23-Apr	17.558	21.678	4.120	82
24-Apr	21.800	25.482	3.683	83
25-Apr	17.983	20.824	2.841	87
26-Apr	19.874	23.048	3.174	87
27-Apr	16.842	19.386	2.544	87
28-Apr	18.100	25.587	7.487	70
29-Apr	5.437	6.149	712	88
30-Apr	19.721	25.984	6.263	76
total	kWh/bulan			79.3
	53.346			

Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa produksi energi setiap harinya tidak sama, hal ini berarti bahwa pengaruh pada radiasi matahari, kebersihan permukaan modul, suhu permukaan modul sangat berpengaruh terhadap konversi dari energi matahari menjadi energi listrik. Kemudian adanya selisih pada P<sub>PV</sub> hitung dan P<sub>PV</sub> real disebabkan adanya faktor faktor yang

menyebabkan terjadinya losses seperti kondisi awan, suhu sekitar modul PV dan angin yang bertiup disekitar area modul PV

**Perhitungan Energi Harian di Inverter**

Menilai kinerja pada sistem inverter dapat dilakukan dengan mencari nilai efisiensi dari inverter tersebut. Hal yang utama dilakukan adalah mencari nilai daya input-output pada inverter. Analisis ini akan diambil sampel data yang sama pada sebelumnya yaitu pada tanggal 9 april 2021. Berdasarkan data pada tabel 4.3 diketahui daya input (Pin) pada inverter pada jam 06.00 sebesar 25 kW, kemudian daya output (Pout) yang merupakan hasil konversi listrik dalam AC sebesar 23 kW. Sehingga efisiensi dari inverter dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{23 \text{ kW}}{25 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$= 92\%$$

**Tabel 4 Hasil Perhitungan efisiensi**

Jam	Temperatur °C	Radiasi W/m <sup>2</sup>	inverter		
			1		eff Inv
			P <sub>DC</sub> (kW)	P <sub>AC</sub> (kW)	η (%)
6:00	25	45	25	23	92
7:00	28	254	156	150	96
8:00	31	436	332	320	96
9:00	42	684	490	484	98
10:00	49	892	609	598	98
11:00	49	910	608	600	98
12:00	50	1033	687	654	95
13:00	51	1000	685	675	98
14:00	47	801	556	549	98
15:00	41	720	509	492	96
15:00	41	732	530	521	98
16:00	37	438	310	298	96
17:00	32	293	146	130	89
18:00	28	35	13	11	84
Total		kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	
		7.55	5147	5013	

Tabel 4.7 untuk menganalisa bahwa nilai efisiensi pada inverter cukup baik yang dimana nilai sekitar antara 84% sampai 98%. Hal tersebut karena beban pada inverter oleh energi masukan berada di nilai rating kerjanya atau nilai operasinya. pada pukul 12.00-13.00 yang merupakan sistem beroperasi pada puncaknya. nilai efisien sebesar 98% dimana energi output yang dihasilkan mendekati

angka limit kerja inverter yaitu sebesar 680 kW. semakin dekat dengan nilai rating kerja, maka nilai efisiensi yang dihasilkan akan semakin baik. Nilai efisiensi bisa di katakana bahwa baik buruknya sistem kerja inverter tergantung dari nilai yang dihasilkan oleh PV. Hal ini ada kaitannya dengan kondisi lingkungan sekitar, yaitu radiasi yang di terima oleh PV, kondisi sekitar permukaan PV, kecepatan angin bertiup, kebersihan modul dan lain lain.

Selanjutnya menghitung nilai rasio kinerja harian sistem secara keseluruhan. menilai rasio kinerja PLTS dapat dilakukan dengan mengamati produksi energi yang dihasilkan oleh inverter. Berdasarkan tabel 4.3 energi harian yang mampu dihasilkan oleh inverter pada PV Box 1 sebesar 19.078 kWh. Kemudian energi yang dihasilkan dari perhitungan sebesar 26.227,5 kWh, rasio kinerja sistem beroperasi secara keseluruhan sebesar:

PR

$$PR = \frac{\text{Actual energy (kWh)}}{\text{Insulation (kWh/m}^2) \times \text{DC capacity (kWp)}}$$

$$= \frac{19708 \text{ kWh}}{26227,5}$$

$$= 75\%$$

Hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa rasio kinerja pada sistem PLTS dapat dikatakan baik karena produksi energi yang dihasilkan secara real mendekati besar radiasi matahari. Selisih nilai pada hasil real dan hasil perhitungan dapat dipastikan merupakan losses yang terjadi, baik losses pada saat proses konversi cahaya matahari, losses yang diakibatkan oleh saluran kabel maupun losses pada sistem inverter.

dari beberapa tahap diantaranya menyusun diagram blok sistem dan flowchart sistem. Rencana teknis pertama untuk metode penelitian ini adalah membuat diagram blok. Fungsi dari diagram blok sebagai acuan dalam pembuatan alur kerja sitem monitoring, perancangan sistem ini yang menggambarkan komponen fisik (hardware) yang dibuat.

Tabel 5 produk energi dan rasio kinerja inverter

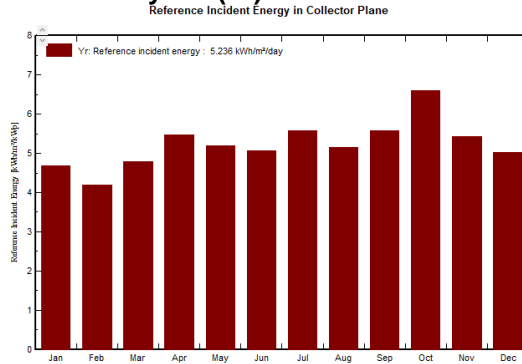
Produksi Energi dan Rasio Kinerja inverter PV Box pada bulan april 2021		
Tanggal	Produksi Energi kWh	PR %
1-Apr	19.487	74
2-Apr	18.317	73
3-Apr	17.303	67
4-Apr	18.117	76
5-Apr	17.644	68
6-Apr	18.799	79
7-Apr	16.121	73
8-Apr	18.274	73
9-Apr	19.741	75
10-Apr	17.887	70
11-Apr	17.895	76
12-Apr	16.977	74
13-Apr	17.761	76
14-Apr	18.084	87
15-Apr	16.531	90
16-Apr	5.428	73
17-Apr	19.518	84
18-Apr	17.398	84
19-Apr	16.963	85
20-Apr	18.125	77
21-Apr	14.418	72
22-Apr	17.947	90
23-Apr	17.227	80
24-Apr	19.978	79
25-Apr	17.665	85
26-Apr	17.863	78
27-Apr	14.931	77
28-Apr	17.768	69
29-Apr	5.347	89
30-Apr	18.772	72
Total (kWh/bulan)	50.828	77

Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa nilai produksi energi pada inverter cukup bagus pada bulan April 2021, dikarenakan total produksi pada PV box 1 mencapai 507080 kWh, Kemudian untuk rata-rata nilai pada rasio kinerja mencapai angka 77%.

Gambar 4. Diagram Alir Sistem.

## Analisis dan Kesimpulan Hasil Simulasi kinerja PLTS dengan software PVsyst

### Referencee yield (Yr)



Hasil simulasi *software PVsyst* berdasarkan lokasi dimana PLTS Pringgabaya dioperasikan. Total energi matahari dalam waktu satu tahun rata-rata perhari mencapai  $5,236 \text{ kWh/m}^2$ . Energi matahari yang tersedia pada bulan April sekitar  $5,5 \text{ kWh}$  pada hasil simulasi. Energi matahari hasil monitoring selama 1 bulan pada bulan April 2021 rata-rata sebesar  $6,317 \text{ kWh/m}^2$  mengenai PV modul.

Parameter		Bulan April 2021
Irradiance ( $\text{kWh/m}^2$ )	Hasil Pengukuran	189,51
	Hasil Simulasi	157,4
Selisih		32,11

Tabel 4.9 menunjukkan perbedaan jumlah total radiasi yang didapatkan. Hasil simulasi antara radiasi hasil pengukuran dengan hasil simulasi diperlihatkan pada *GlobHor (Global Horizontal)* pada tabel 4.9, hasil simulasi pada bulan April total radiasi matahari mencapai  $157,4 \text{ kWh/m}^2$  sedangkan pada hasil monitoring pengukuran radiasi matahari totalnya mencapai  $189,51 \text{ kWh/m}^2$ .

### Final Yield (Yf)

Konfigurasi di PLTS  $7 \text{ MWp}$ , data yang diambil yaitu data selama bulan April tahun 2021. Hasil produksi dari sistem pembangkit tenaga surya dapat dibandingkan dengan hasil simulasi dengan jumlah modul surya dan inverter yang sesuai dan jenis yang direncanakan untuk mengetahui energi yang dihasilkan. Hasil simulasi *PVsyst* yang

direncanakan dan data riil, akan dibandingkan untuk diketahui perbedaan produksinya.

### 1. Perbandingan Hasil Produksi Energi Pengukuran dengan Hasil Simulasi Menggunakan Spesifikasi Modul Surya dan Inverter yang ada di PLTS Pringgabaya

Tabel 4. 10 Perbandingan PVsyst dengan hasil Pengukuran

Parameter		Bulan April 2021
Produksi Energi Per Bulan ( $\text{MWh}$ )	Hasil Pengukuran	508,8
	Hasil Simulasi Spesifikasi PLTS	466,9
Selisih		42,7

Tabel 4.10 bisa dianalisis bahwa energi listrik yang bisa dihasilkan oleh *PV Box 1* pada bulan April sebesar  $508,08 \text{ MWh}$ . Tabel 4.10 dapat dilakukan perbandingan bahwa hasil simulasi yang direncanakan dan hasil pengukuran terdapat perbedaan hasil produksi energi listrik dimana hasil pengukuran lebih tinggi dibanding dengan hasil simulasi pada *software PVsyst* dengan selisih  $42,7 \text{ MWh}$ . Rendahnya hasil simulasi ini dapat dilihat pada total radiasi selama 1 bulan di bulan April sebesar  $157,4 \text{ kWh/m}^2$  sedangkan pada hasil pengukuran mencapai  $189,51 \text{ kWh/m}^2$  dari tinggi rendahnya hasil produksi energi listrik berpengaruh terhadap produksi energi yang dihasilkan.

### 4.3.3 Performance Ratio (PR)

Penjelasan analisis di atas, adanya perbedaan produksi energi listrik akan sangat berpengaruh terhadap rasio kinerja pada sistem operasi. Berikut adalah tabel rasio kinerja (*PR*) pada simulasi yang direncanakan dan simulasi pada PLTS Pringgabaya, Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel berikut.

### 1. Perbandingan Rasio Kinerja Pengukuran Dengan Hasil Simulasi Menggunakan Spesifikasi di PLTS Pringgabaya

Tabel 4.13 Rasio kinerja hasil pengukuran dan simulasi spesifikasi PLTS

Parameter		Bulan April 2021
Performance Ratio (%)	Hasil Pengukuran	77
	Hasil Simulasi Spesifikasi PLTS	81.2

Tabel 4.13 dapat dianalisis bahwa nilai rasio kinerja (*PR*) pada simulasi spesifikasi PLTS Pringgabaya bernilai 81,2 % selama bulan April 2021, sedangkan rasio kinerja (*PR*) pada hasil pengukuran sebesar 77 %. Rasio kinerja berbeda karena pada hasil simulasi diabaikan seperti debu, kondisi awan dan arah kencang angin bertiup. Rasio kinerja pada hasil pengukuran menggunakan perhitungan pada persamaan 2.16, dan hasil yang diukur adalah data riil, dimana pada satu bulan April 2021 kondisi cuaca tidak selalu cerah. Data hasil pengukuran menghasilkan rasio kinerja lebih sedikit karena pada setiap harinya berbeda dari tanggal 1 April 2021 sampai 30 April 2021, hasil rasio kinerja tersebut dirata-ratakan selama satu bulan penuh pada bulan April 2021.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sistem dan analisa data pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. reduksi energi listrik yang berhasil dikonversi oleh PV selama satu bulan pada april sebesar 530 MWh namun dibanding kan dengan hasil perhitungan sebesar 662,06 MW hasil pengukuran secara real time lebih rendah dibandingkan hasil perhitungan. Kemudian produksi energi dari proses konversi inverter sebesar 508,2 MWh jika dibandingkan dengan hasil simulasi kapasitas 325W, 330W, dan 400W hasil produksi energi yang didapatkan berturut turut sebesar 466.9 MWh, 478,4 MWh, dan 590,8 MWh.
2. Hasil rasio kinerja yang didapatkan Dari hasil pengamatan pada PV selama 1 bulan pada April sebesar 79 % angka ini mencukupi dalam proses konversi dari radiasi matahari menjadi energi listrik. Kemudian untuk rasio kinerja pada inverter di PV box 1 sebesar 77 % angka ini juga bisa dikatakan cukup baik hal ini dikarenakan pembebanan di inverter hampir sama dengan nilai rating nya sedangkan pada hasil simulasi berturut turut sebesar 81,2%, 81,7%, dan 83,2. Perbedaan hasil rasio kinerja ini ditentukan oleh spesifikasi modul surya dan inverter.

### SARAN

1. Dilakukannya *maintenance* pada komponen PLTS secara bertahap untuk meningkatkan kinerja PLTS.

2. Dilakukannya perhitungan pada energi yang terbuang atau losses guna mengetahui seberapa besar energi yang terbuang akibat faktor lingkungan atau peralatan pada PLTS.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmed Al-noosani dkk (2019). *Design of 100MW solar PV on-Grid connected Power Plant Using (PVsyst) in Umm Al-Qura University*
- [2] ESDM. (2017). Peraturan Menteri ESDM Nomor 50 tahun 2017 tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik
- [3] Farhan Prima Fajri (2020). Analisis Perbandingan kinerja sistem PLTS IT-PLN Menggunakan *PVsyst*
- [4] GIZ. (2017) Dasar-dasar Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1-28.
- [5] Naseer K.Kasim dkk (2019) *Performance Analysis of grid connected CIGS PV solar System and comparison with PVsyst simulation program*
- [6] Syntek, (2019) Panduan pengoperasian dan Pemeliharaan
- [7] Safri Nahela dkk (2019). Analisa unjuk kerja Grid Tied Inverter Terhadap Pengaruh Radiasi Matahari dan Temperatur PV pada PLTS on-Grid
- [8] Nicholas Pearsall (2016) *The performance of photovoltaic (PV) system, Amsterdam*
- [9] Vasanthkumar dkk (2017) *Design and development of 5MW solar PV Grid Connected Power Plant Using PVsyst*