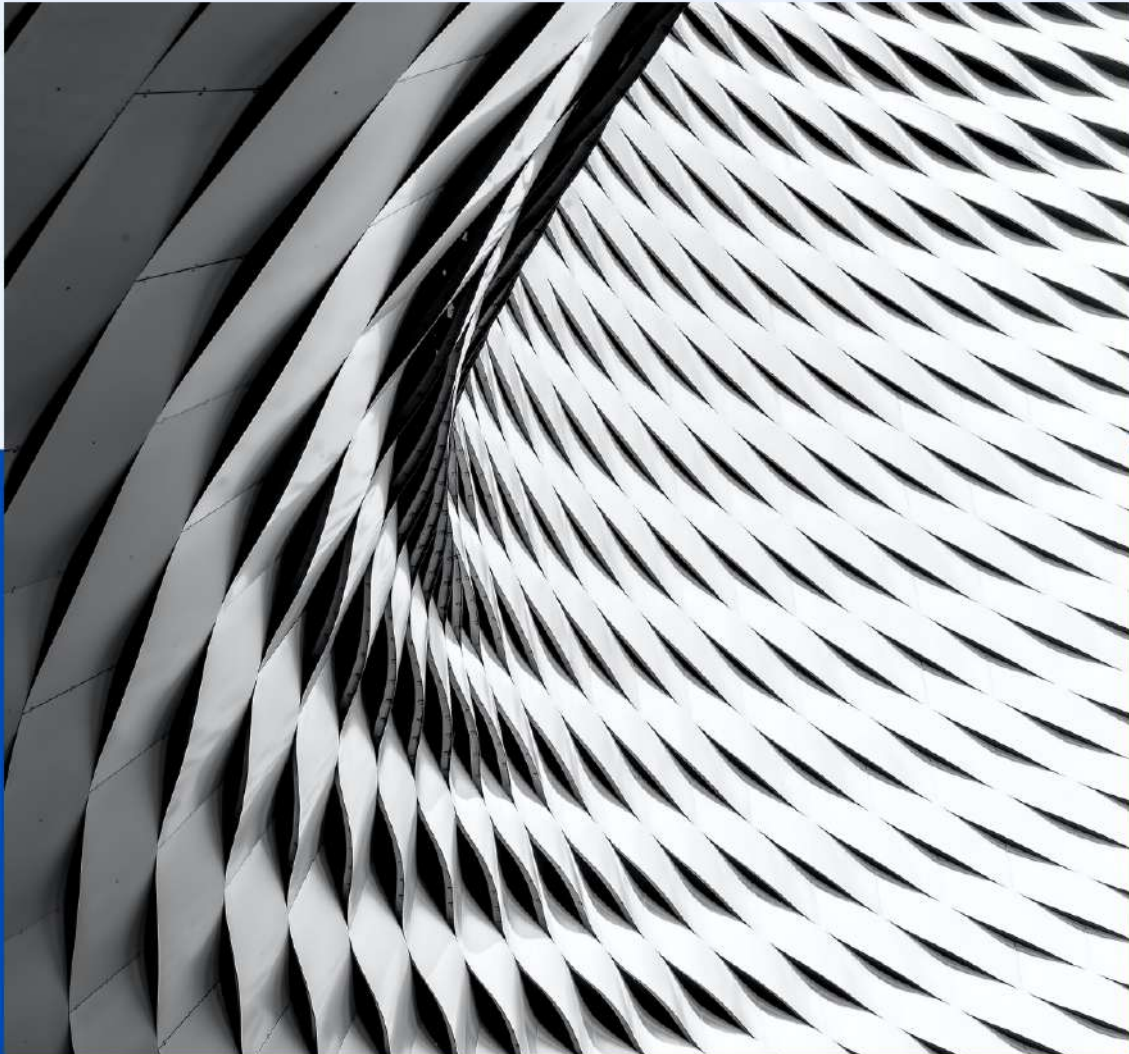




# Jurnal Teknik

Ilmu dan Aplikasi



**VOLUME 3 NO. 2 | OKTOBER | 2022**

**UPT Pelaksana Teknis Penelitian dan Pengabdian Masyarakat  
Politeknik Negeri Malang**



9 772460 554003

2460-5549



# Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi

[Home](#)[Terkini](#)[Arsip](#)[Kirim Artikel](#)[Search](#)

## Tim Editor

### Pimpinan Redaksi

[Ferdian Roniliya, S.T., M.Sc., Ph.D](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID

### Tim Editor

1. [Supriatna Adhisuwigno, S.T., M.T.](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
2. [Erfan Rohadi, S.T., M.Eng., Ph.D](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
3. [Sapto Wibowo, S.T., M.Sc., Ph.D](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
4. [Ratih Indri Hapsari, S.T., M.T., Ph.D](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
5. [Dr. Ir. Dwina Moentamaria., M.T.](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
6. [Dr. Muhammad Akhlis Rizza, S.T., M.T.](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
7. [Dimas Wahyu Wibowo, S.T., M.T.](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
8. [Muhammad Afif Hendrawan, S.Kom., M.T.](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID

[Kirim Artikel](#)[Template Artikel](#)



# Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi

[Home](#)[Terkini](#)[Arsip](#)[Kirim Artikel](#)

## Tim Reviewer

1. [Prof. Arif Nur Afandi, S.T., M.T., Ph.D](#) - Universitas Negeri Malang, Malang, ID
2. [Prof. Dr. Mochammad Sarosa, Dipl.Ing., M.T.](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
3. [Aripriharta, S.T., M.T., Ph.D](#) - Universitas Negeri Malang, Malang, ID
4. [Dr. Qurrotul Aini, M.T.](#) - UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta, ID
5. [Indrazno Siradjuddin, S.T., M.T., Ph.D](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
6. [Dr. Cahya Rahmad, S.T., M.Kom.](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
7. [Dr. Rosa Andrie Asmara, S.T., M.T.](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
8. [Dr. Ir. Prayitno, M.T.](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
9. [Dr. Yanty Maryanty, S.T., M.Si.](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
10. [Ratih Indri Hapsari, S.T., M.T., Ph.D](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
11. [Dr. Eng. Haris Puspito Buwono, S.T., M.T.](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
12. [Dr. Asrori, S.T., M.T.](#) - Politeknik Negeri Malang, Malang, ID
13. [Ratih Ayuninghemi, S.ST., M.Kom.](#) - Politeknik Negeri Jember, Jember, ID

[Kirim Artikel](#)[Template Artikel](#)



# Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi

[Home](#)[Terkini](#)[Arsip](#)[Kirim Artikel](#)[Search](#)

## Topik Penelitian

Topik penelitian yang dapat diterima di JTIA (Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi) namun tidak terbatas pada,

### Teknik Elektro

- Sistem Tenaga
- Teknik Tegangan Tinggi
- Teknologi Energi Terbarukan
- Konversi Energi dan Electrical Drivers
- Rangkaian Mikroelektronika
- Pengukuran dan Instrumentasi
- Mekatronika
- Robotika
- Automasi
- Telekomunikasi
- Propagasi
- Remote Sensing
- Electromagnetic dan Propagation.

## **Teknik Mesin**

- Pemeliharaan Instalasi dan Mesin Industri
- Teknologi Desain dan Mesin Industri (manufaktur)
- Konversi Energi
- Energi Baru dan Terbarukan
- Material Teknik
- Manajemen Produksi dan Otomotif.

## **Teknik Sipil**

- Perencanaan Tata Kota
- Geoteknik
- Manajemen dan Rekayasa Sumber Daya Air
- Rekayasa Struktur
- Manajemen dan Rekayasa Transportasi
- Manajemen Proyek Konstruksi
- Geoteknik
- Teknik Lingkungan
- Manajemen Aset Infrastruktur.

## **Teknik Kimia**

- Rekayasa Proses
- Pengolahan dan Pengelolaan Limbah
- Termodinamika
- Teknologi Bahan
- Pengolahan dan Pemrosesan Bahan Pangan
- Kinetika Reaksi
- Analisis Kimia dan Instrumentasi

- Pengendalian Proses

## Teknologi Informasi

- Smart Machines
- Information Security
- Information System
- Teori Informatika
- Artificial Intelligence
- E-Business
- Digital Forensic
- Computer Security
- Entrepreneurship
- Open Source System
- Decision Support System
- Environment Computing
- Cloud dan Grid Computing
- Knowledge Management
- Mobile Computing
- Semantic Web
- Distributed dan Enterprise System
- Data Mining
- Image Processing dan Computer Vision
- Pattern Recognition

Kirim Artikel

Template Artikel

Tim Editor
Tim Reviewer
Ruang Lingkup Jurnal
Proses Editorial
Etika Publikasi
Petunjuk Penulisan
Biaya Publikasi
Hak Cipta dan Lisensi
Pernyataan Akses Terbuka
Index Penulis
Kebijakan Plagiasi
Kebijakan Pengarsipan
Kontak Jurnal

JTIA telah diindeks oleh:



**Statcounter**





### Redaksi Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi (JTIA)

UPT P2M Politeknik Negeri Malang

Gedung Graha Polinema Lt.3

Jalan Soekarno - Hatta No. 9 Malang, 65141



Jurnal JTIA disebarluaskan di bawah [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional \(CC BY-SA\)](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Platform &  
workflow by  
**OJS / PKP**



# STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DENGAN BATERAI DAN TERHUBUNG GRID DI NIAS, SUMATERA UTARA

Noer Soedjarwanto<sup>1)</sup>, Endah Komalasari<sup>2)</sup>, Syuja Asyraf Fardhan<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung

Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

<sup>1)</sup>noersoedjarwanto@gmail.com

<sup>3)</sup>syujaasyraf66@gmail.com

## Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi salah satu pembangkit dengan energi terbarukan yang terus dikembangkan di Indonesia guna memenuhi kebutuhan energi listrik. Pemerintah Indonesia mengeluarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) sebagai panduan manajemen energi nasional yang ditetapkan untuk menyelesaikan tantangan dan masalah kebutuhan energi dengan memanfaatkan sumber energi baru terbarukan. Kebutuhan energi listrik Pulau Nias yang terletak di Sumatera Utara masih dipenuhi oleh pembangkit eksisting yang bahan bakarnya tidak ramah lingkungan. Di samping itu, Pulau Nias memiliki potensi energi matahari mencapai 4,45 kWh/m. Potensi tersebut perlu dimaksimalkan dengan rencana pengembangan dan studi kelayakan PLTS dengan sistem hybrid yang menggabungkan antara pembangkit eksisting, PLTS, dan baterai untuk mengurangi 20% konsumsi energi harian pembangkit eksisting. Pada studi kelayakan ini, PLTS akan menghasilkan energi dan diinjeksi ke grid sebesar 21695 MW yang akan mengalami degradasi sebesar 0,55% setiap tahunnya. Kapasitas sistem PLTS terpasang direncanakan sebesar 22,6 MWp dan baterai 28 MWh dengan konfigurasi sebanyak 1495 string modul pv dengan luas area lahan sebesar 29,4 Ha.

**Kata Kunci:** PLTS, potensi energi, studi kelayakan.

## 1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman kebutuhan energi dunia semakin meningkat yang di dalamnya terdapat kebutuhan energi listrik. Indonesia memiliki potensi yang besar sebagai negara dengan perekonomian terbesar di wilayah Asia Tenggara di mana pada tahun 2021, pertumbuhan ekonomi naik sebesar 3,51%[1]. Seiring dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi tersebut, Pemerintah Indonesia mengeluarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) untuk periode 2021-2030 sebagai panduan manajemen energi nasional. Peraturan ini ditetapkan untuk menyelesaikan tantangan dan masalah kebutuhan energi dengan memanfaatkan sumber energi baru dan upaya terkait target bauran energi dari Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23% dari total bauran energi pada tahun 2025[4].

Saat ini Pulau Nias yang terletak di Sumatera Utara, memiliki kebutuhan energi listrik harian sebesar 683.83 MWh, sehingga terdapat beberapa pembangkit yang bekerja mensuplai energi listrik. Pembangkit listrik yang terdapat di Pulau Nias saat ini menggunakan bahan bakar yang tidak ramah lingkungan dan tidak dapat diperbarui sehingga perlu pengembangan pembangkit listrik yang lebih ramah lingkungan dan bahan bakarnya dapat diperbarui.

Pembangunan PLTS di Nias, Sumatera Utara memiliki potensi yang besar dengan rata-rata intensitas penyinaran matahari mencapai 4,45 jam dan juga dilengkapi dengan baterai. Daya yang dihasilkan oleh PLTS dapat digunakan untuk menghemat 20% konsumsi energi harian pembangkit eksisting khususnya pada siang hari,

sedangkan pada malam hari menggunakan daya dari jaringan PLN. Penyediaan akses listrik untuk mengatasi kebutuhan masyarakat sehingga memberikan dukungan terhadap kesejahteraan masyarakat daerah. Dalam rangka pencapaian tujuan tersebut, studi pengembangan PLTS yang selaras dengan rencana Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) peningkatan rasio elektrifikasi dan upaya memperluas akses penyediaan listrik ke masyarakat khususnya di daerah 3T (Terdepan, Tertinggal, Terluar) menjadi pertimbangan penting dalam studi pembangunan PLTS dengan baterai.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya atau disingkat PLTS merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energinya untuk menghasilkan energi listrik[2]. Pembangkit listrik tenaga surya menggunakan fotovoltaik sebagai bentuk teknologi terbarukan. Skema sistem PLTS terbagi menjadi dua macam yaitu sistem on grid dan off grid. Berkembangnya dunia kelistrikan menambah satu jenis skema sistem dari PLTS yaitu sistem hybrid.

PLTS standalone merupakan salah satu metode PLTS dengan sistem offgrid, di mana PLTS merupakan satu-satunya suplai energi listrik di suatu daerah yang tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN maupun pembangkit listrik lainnya. Pada metode standalone, PLTS dilengkapi dengan baterai yang berfungsi untuk menyimpan daya lebih yang dihasilkan oleh modul pv.

PLTS *battery smoothing* merupakan salah satu metode PLTS dengan sistem ongrid, di mana PLTS tidak menjadi satu-satunya suplai energi listrik di suatu daerah, tetapi dihubungkan dengan jaringan listrik PLN maupun pembangkit listrik lainnya. Pada metode *battery smoothing*, terdapat komponen baterai pada sistem PLTS yang berfungsi untuk membuat suplai daya dari PLTS tetap stabil.

Selain PLTS *standalone* dan PLTS *battery smoothing*, terdapat metode mikrogrid interaktif, di mana PLTS dengan sistem hybrid yang merupakan gabungan antara PLTS-Pembangkit Eksisting-Baterai. Pada metode mikrogrid interaktif, PLTS, pembangkit eksisting, dan baterai saling berhubungan satu dengan yang lainnya sebagai suplai daya ke beban.

#### B. Modul PV

Modul PV merupakan alat yang terbuat dari bahan semikonduktor yang disusun dengan memanfaatkan efek photovoltaic untuk menghasilkan energi listrik sehingga berbentuk suatu modul, yang memiliki 3 jenis yaitu Polycrystalline, Monocrystalline, dan Thin Film

#### C. Inverter PV

Inverter adalah komponen rangkaian elektronika yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC) yang tersusun oleh beberapa komponen yang masing-masing komponen mempunyai fungsinya sendiri sebagai saklar dan pengubah tegangan. Pada sistem PLTS, umumnya inverter terbagi kedalam dua jenis, yaitu central inverter dan string inverter.

#### D. Baterai

Baterai merupakan sebuah komponen elektrochemical yang berfungsi untuk menyimpan daya yang dihasilkan dari modul pv lalu disalurkan ke beban. Pada sistem PLTS, baterai berfungsi sebagai sistem penyimpanan energi yang berasal dari modul pv sehingga dapat digunakan kembali ketika modul pv tidak bekerja atau malam hari.

Pada baterai terdapat *Depth of discharge* (DoD) dan *Stated of charge* (SoC) adalah jumlah muatan/energi yang dikeluarkan dan disimpan dari baterai. DoD dinyatakan dengan persentase dari kapasitas nominal baterai. DoD 80% artinya bahwa baterai tersebut telah melepaskan muatannya 80% dari 100% ratingnya. Pada kondisi ini baterai tinggal memiliki muatan sekitar 20% yang disebut juga dengan SoC[8].

#### E. Inverter Baterai

Inverter baterai merupakan inverter yang berdiri sendiri adalah komponen yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan energi dan juga sistem dalam pembangkit listrik tenaga surya agar tetap dalam level tegangan dan frekuensi yang telah ditetapkan, dengan cara membentuk jaringan distribusi AC sesuai dengan tegangan dan frekuensi

dalam batas yang ditetapkan dalam jaringan yang berbasis komunal atau terpusat[6].

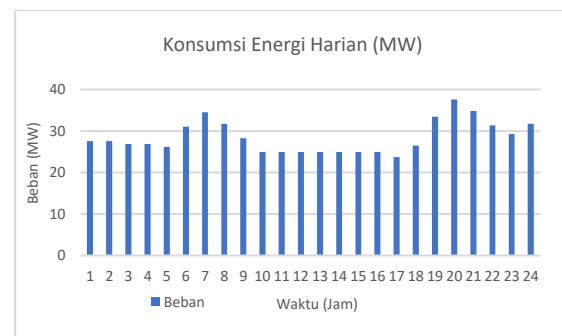
#### F. Teknik Pemasangan

Pemasangan panel surya perlu diperhatikan dengan kondisi lahan yang digunakan, karena lahan yang digunakan akan menentukan komponen terpasang dan teknis pemasangan panel surya. Adapun metode-metode yang digunakan antara lain, yaitu : *ballast, ground mounted, rooftop rack, dan floating*

### 3. METODE

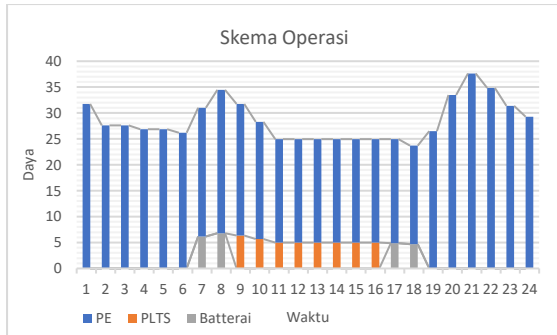
Metode Mikogidinteraktif didefinisikan sebagai kumpulan dari sumber pembangkit listrik dan beban yang beroperasi saat terhubung dengan jaringan utilitas, namun juga dapat terhubung saat terputus dari jaringan utilitas[4]. Dengan metode Mikrogrid Interaktif, pembangkit yang dihubungkan adalah pembangkit eksisting, PLTS, dan Baterai. Analisis aspek teknis pada metode ini digunakan untuk mengetahui kapasitas kebutuhan Modul PV, Inverter PV, Baterai, dan Inverter Baterai untuk mengurangi 20% penggunaan pembangkit eksisting selama 12 jam serta penentuan luas area lahan yang dibutuhkan untuk sistem PLTS.

Pada rencana skema operasi dengan menggunakan metode mikrogrid interaktif ditentukan melalui profil beban sistem Nias dan pembangkitan dari generator yang bekerja pada sistem Nias, Konsumsi energi listrik pada sistem kelistrikan Nias dengan total pembebanan sistem selama 24 jam sebesar 683,83 MWh dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Profil Beban Harian Nias

Berdasarkan profil beban harian tersebut, desain PLTS telah ditentukan untuk mengurangi 20% penggunaan pembangkit eksisting. Dengan rencana konsumsi energi PLTS ke beban selama 8 jam (8:00-15:00) sebesar 41,9 MWh, dan konsumsi baterai ke beban selama 4 jam (6:00-7:00 dan 16:00-17:00) sebesar 22.8 MWh. Hal ini disesuaikan berdasarkan rencana suplai daya PLTS dan baterai yang direncanakan dapat melakukan kompensasi daya yang diakibatkan dari sistem ataupun suplai PLTS yang fluktuatif[4].



Gambar 2. Skema Operasi PLTS dan Baterai

#### A. Rata-rata Penyinaran Matahari

Peak Sun Hour (PSH) atau rata-rata penyinaran matahari dibutuhkan untuk mengetahui banyak atau lama rata-rata waktu penyinaran matahari dalam 1 hari

$$PSH = \frac{GHI}{G_{STC} \times 365} \quad (3-1)$$

Di mana  $GHI$  = Global Horizontal Irradiance,  $G_{STC}$  = Global Horizontal Irradiance dalam STC

#### B. Konsumsi Energi Harian

Konsumsi energi siang atau daily energi consumption (DEC) dibutuhkan untuk mengetahui pemakaian daya yang akan digunakan di lokasi yang dituju selama 12 jam. Dengan persamaan 2 berikut

$$DEC = 8 \text{ Jam PLTS ke Beban} + \frac{4 \text{ Jam Baterai}}{\eta_{batt}} \quad (3-2)$$

Di mana  $\eta_{batt}$  = efisiensi baterai (%)

#### C. Kapasitas Inverter PV

Kapasitas kebutuhan inverter pv yang dibutuhkan ditentukan dengan persamaan 3 dan jumlah inverter pv diperhitungkan dengan persamaan 4 berikut

$$\text{Inverter PV} = \frac{\frac{DEC}{\text{Rasio Performa PV}}}{PSH \times PSH \text{ Correction}} \quad (3-3)$$

$$N_{\text{inverter pv}} = \frac{\text{Kapasitas inverter pv}}{P_{\text{inverter}}} \quad (3-4)$$

Di mana  $DEC$  = konsumsi energi harian,  $PSH$  = rata-rata penyinaran matahari,  $P_{max}$  = daya maksimum inverter

#### D. Kapasitas Modul PV

Kapasitas kebutuhan modul pv yang dibutuhkan ditentukan dengan persamaan 5, selain kebutuhan kapasitas modul pv diperhitungkan juga jumlah modul pv dengan persamaan 6, dan juga konfigurasi modul pv menggunakan persamaan 7-15 berikut

$$\text{Modul PV} = \text{Inverter PV} \times \text{DC/AC ratio} \quad (3-5)$$

$$N_{\text{modul pv}} = \frac{\text{Kapasitas modul pv}}{P_{\text{maximum}}} \quad (3-6)$$

$$\text{Min. } N_{\text{seri}} (1) = \frac{V_{PV-min}}{V_{mp}} \quad (3-7)$$

$$\text{Min. } N_{\text{seri}} (2) = \frac{V_{pv-start}}{V_{mp}} \quad (3-8)$$

$$\text{Min. } N_{\text{seri}} (3) = \frac{V_{pv-range min}}{V_{mp}} \quad (3-9)$$

$$\text{Max. } N_{\text{seri}} (1) = \frac{V_{sistem-max}}{V_{oc}} \quad (3-10)$$

$$\text{Max. } N_{\text{seri}} (2) = \frac{V_{oc}}{V_{pv-max}} \quad (3-11)$$

$$\text{Max. } N_{\text{seri}} (3) = \frac{V_{oc}}{V_{pv-range max}} \quad (3-12)$$

$$\text{Max. } N_{\text{string/inv}} (1) = \frac{I_{scPV-max}}{I_{sc}} \quad (3-13)$$

$$\text{Max. } N_{\text{string/inv}} (2) = \frac{I_{pv-max}}{I_{mp}} \quad (3-14)$$

$$N_{\text{string}} = \frac{N_{\text{modul}}}{N_{\text{seri}}} \quad (3-15)$$

Di mana,  $V_{mp}$  = Maximum Power Voltage,  $V_{oc}$  = Open Circuit Voltage,  $I_{sc}$  = Short Circuit Current,  $I_{mp}$  = Maximum Power Current,  $V_{pv-min}$  = Minimum PV Input Voltage,  $V_{pv-start}$  = Startup Input Voltage,  $V_{pv-range min}$  = Minimum MPP Voltage Range For Nominal Power,  $V_{sistem-max}$  = Maximum Sistem Voltage,  $V_{pv-max}$  = Maximum PV Input Voltage,  $V_{pv-range max}$  = Maximum MPP Voltage Range For Nominal Power,  $I_{sc pv-max}$  = Maximum DC Short Circuit Current,  $I_{pv-max}$  = Maximum PV Input Current

#### E. Luas Area Lahan

Luas area lahan yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan sistem ditentukan dengan persamaan 16 berikut

$$\text{Luas lahan} = \text{Kapasitas Modul PV} \times 1,3 \quad (3-16)$$

#### F. Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai yang dibutuhkan ditentukan dengan persamaan 17 berikut, dengan jumlah baterai dan sel baterai diperhitungkan menggunakan persamaan 18-22 berikut

$$\text{Baterai} = \frac{DEC - (ADL \times 8)}{\eta_{batt} \times DoDbatt} \quad (3-17)$$

$$N_{\text{batt}} = \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{W_{\text{batt}}} \quad (3-18)$$

$$\text{Min. } N_{\text{batt-seri}} (1) = \frac{V_{\text{batt-range min}}}{V_{\text{batt}}} \quad (3-19)$$

$$\text{Min. } N_{\text{batt-seri}} (2) = \frac{P_{nom}}{I_{max} \times V_{\text{batt}}} \quad (3-20)$$

$$\text{Max. } N_{\text{batt-seri}} = \frac{V_{\text{batt-range max}}}{V_{\text{batt}}} \quad (3-21)$$

$$N_{\text{paralel}} = \frac{N_{\text{batt}}}{N_{\text{batt-seri}}} \quad (3-22)$$

Di mana  $ADL$  = Average Day Load/Rata-Rata Beban Siang,  $\eta_{batt}$  = efisiensi baterai,  $DoDbatt$  = Maksimum Kapasitas Baterai Digunakan,  $V_{\text{batt}}$  = Nominal Voltage,  $I_{max}$  = Maximum Charging/Discharging Current,  $P_{nom}$  = Rated Power,  $V_{\text{batt-range min}}$  = Minimum Voltage Range,  $V_{\text{batt-range max}}$  = Maximum Voltage Range,  $N_{\text{batt}}$  = Jumlah Baterai

### G. Kapasitas Inverter Baterai

Kapasitas inverter baterai dan jumlah inverter baterai yang dibutuhkan ditentukan dengan persamaan 23 dan 24 berikut

$$\text{Inv. Baterai} = \frac{125\% \text{ beban siang maks.}}{PF} \times (SF) \quad (3-23)$$

$$N_{\text{inv. battery}} = \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{W_{\text{batt}}} \quad (3-24)$$

Di mana  $SF$  = factor keamanan,  $PF$  = factor daya,  $W_{\text{batt}}$  = Energi baterai.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Lokasi Penelitian



Gambar 3. Lokasi Penelitian

Gunung Sitoli Idanoi merupakan sebuah Kecamatan di Pulau Nias, Sumatera Utara dengan lokasi  $1.204681^\circ$  dan  $97.673085^\circ$ . Kecamatan ini memiliki luas sebesar  $469,4 \text{ km}^2$  dengan populasi sebanyak 142.426 jiwa yang dapat dilihat pada gambar 3 di bawah.

### B. Teknik Pemasangan

Teknik pemasangan ditentukan dengan kondisi lahan yang ditentukan pada lokasi. Lahan yang ditentukan pada lokasi merupakan lahan pada tanah datar untuk dimanfaatkan. Karena objek tempat pemasangan merupakan tanah sehingga rencana teknik pemasangan yang digunakan pada PLTS ini adalah *ground mounted*.



Gambar 4. Teknik Pemasangan<sup>[9]</sup>

### C. Intensitas Cahaya Matahari

Dari data matahari didapat rata-rata penyinaran matahari perhari. Nilai rata-rata penyinaran matahari di lokasi didapat dengan menggunakan persamaan 1 di mana Global Horizontal Irradiance yang diperoleh sebesar  $1625 \text{ kWh/m}^2$  yang ditampilkan pada table 1 dan Global Horizontal Irradiance dalam kondisi standar sebesar  $1000 \text{ W/m}^2$ . Sehingga

didapatkan *Peak Sun Hour* atau rata-rata penyinaran matahari sebesar 4.45 Jam.

Tabel 1. Iradiasi Matahari

Bulan	perbulan (kWh/m2)
Januari	145
Februari	144
Maret	151
April	134
Mei	144
Juni	127
Juli	132
Agustus	135
September	134
Oktober	142
November	119
Desember	117
Total	1625

### D. Konsumsi Energi Harian

Sesuai rencana, desain PLTS telah ditentukan untuk mengurangi 20% penggunaan pembangkit eksisting. Konsumsi energi pada siang hari yang sesuai dengan kebutuhan sistem kelistrikan Nias. Maka, dengan menggunakan persamaan 2 DEC atau konsumsi energi siang selama 12 jam dengan rentang waktu pukul 06:00 – 17:00 sebesar 65,88 MWh. Dengan ADL atau pembebanan rata-rata harian selama 12 jam adalah 5,49 MWh.

### E. Kebutuhan Inverter PV

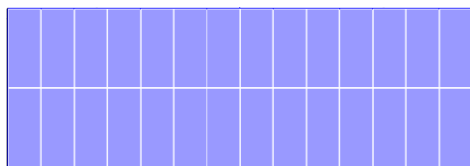
Perhitungan untuk menentukan kebutuhan kapasitas inverter pv menggunakan persamaan 3. Dengan DEC sebesar 65,88 MWh, rata-rata penyinaran matahari sebesar 4.45 jam, rasio performa pv 84,8%, dan nilai koreksi PSH sebesar 100%, maka diperoleh kapasitas inverter pv sebesar 17,4 MW. Jumlah inverter pv yang diperlukan pada sistem ini didapat dengan menggunakan persamaan 4 di mana kapasitas inverter pv sebesar 17,4 MW dengan daya keluaran AC satu inverter dengan merk Sungrow SG250HX sebesar 225 kW. Sehingga jumlah inverter pv yang dibutuhkan sebanyak 78 unit Inverter.

### F. Kebutuhan Modul PV

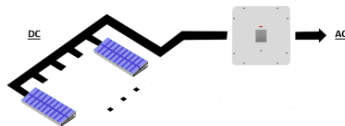
Persamaan 5 digunakan untuk menentukan kebutuhan kapasitas modul pv dengan merk JA Solar JAM72S30-540MR pv yang dibutuhkan untuk sistem PLTS Nias. Dengan kapasitas inverter pv sebesar 17,4 MW dan rasio DC/AC sebesar 1,3, maka diperlukan kapasitas modul pv sebesar 22,6 MWp. Jumlah modul pv yang diperlukan pada sistem yang dirancang sebesar 22,6 MWp dengan daya maksimum satu pv sebesar 540 Wp, didapatkan

jumlah modul pv yang dibutuhkan dengan persamaan 6 sebanyak 41851 modul pv.

Dengan nilai  $V_{pv-min}$  adalah 500 V,  $V_{pv-start}$  adalah 500 V,  $V_{pv-range min}$  adalah 860 V, dan  $V_{mp}$  adalah 41,64 V,  $V_{sistem max}$  dan  $V_{pv-max}$  adalah 1500 V,  $V_{pv-range max}$  adalah 1300 V,  $V_{oc}$  adalah 49,6 V, dan  $V_{mp}$  adalah 41,64 V. Sehingga batas bawah dan atas modul pv dalam satu string didapatkan dengan menggunakan persamaan 7-15 berturut-turut adalah 13 modul, 13, modul, 21 modul, 30 modul, 30 modul, dan 31 modul, dan terdapat 27 string/inverter. Dengan konfigurasi pada gambar 5 dan gambar 6 di bawah.



Gambar 5. Konfigurasi String Modul PV



Gambar 6. Konfigurasi Array Per-inverter

### G. Luas Area Lahan

Perhitungan luas area lahan ditentukan dengan persamaan 16 dengan kebutuhan kapasitas sistem sebesar 22,6 MW. Diperlukan lahan untuk pemasangan sistem PLTS sebesar 29,4 Hektar.

### H. Kebutuhan Baterai

Kebutuhan kapasitas baterai yang berfungsi sebagai penyimpanan energi dengan merk BYD B-Pro 13.8 ditentukan dengan persamaan 17 DEC sebesar 65,88 MWh, ADL 5,49 MWh, efisiensi baterai 95,3%, dan DoD baterai sebesar 80%. Kapasitas baterai yang diperlukan untuk sistem PLTS adalah 28 MWh. Dengan daya baterai sebesar 13,8 kWh, sehingga jumlah baterai yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan 18 sebanyak 2029 baterai

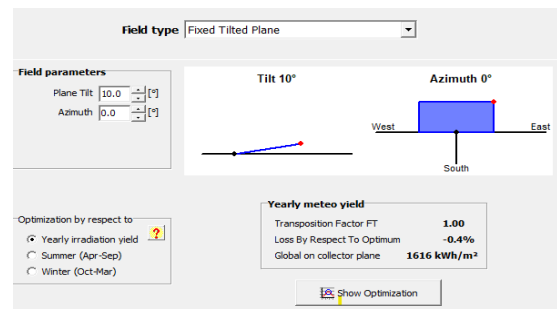
Dengan nilai  $V_{batt-range min}$  adalah 43,2 V,  $V_{nom}$  adalah 6000 W,  $V_{batt}$  adalah 51,2 V,  $V_{batt-range max}$  adalah 56,4 V, dan  $I_{max}$  adalah 20,8 A. Sehingga batas bawah dan batas atas baterai berturut-turut didapat dengan menggunakan persamaan 19-21 adalah 1-6 baterai dan 1 baterai. Dengan perhitungan batas bawah dan batas atas jumlah baterai telah ditentukan. Sehingga didapatkan jumlah baterai dalam paralel dengan menggunakan persamaan 22 yaitu 2029 baterai dalam paralel.

### I. Kebutuhan Inverter Baterai

Persamaan 23 digunakan untuk menentukan jumlah inverter baterai yang diperlukan pada sistem ini dengan merk SMA Sunny Boy 6.0 dan safety factor 1,05. Diperlukan kapasitas inverter baterai sebesar 10,6 MW dengan daya nominal inverter baterai sebesar 6 kW. Sehingga jumlah inverter baterai yang dibutuhkan sebanyak 1767 unit inverter baterai yang diperhitungkan menggunakan persamaan 24

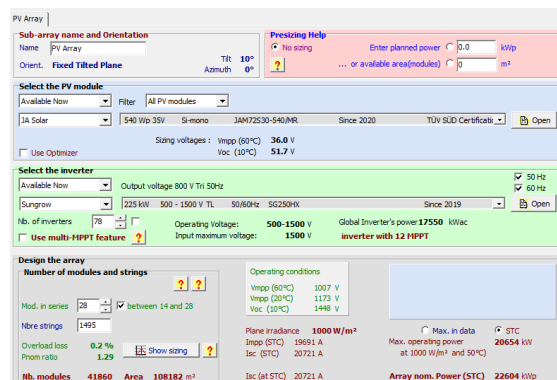
### J. Pemodelan Simulasi

Terdapat pengaturan kemiringan dan sudut azimuth atau sudut orientasi dari modul pv pada simulasi. Pada umumnya, azimuth panel yang menghasilkan energi tahunan maksimum. Apabila sebuah lokasi berada di belahan selatan, maka energi maksimum tahunan akan didapatkan azimuth panel  $0^\circ$  (menghadap utara). Hal yang sama juga berlaku sebaliknya  $180^\circ$  untuk belahan bumi utara (menghadap selatan)[7]. Hal ini bertujuan mendapatkan energi matahari secara maksimal seperti pada gambar 7 di bawah



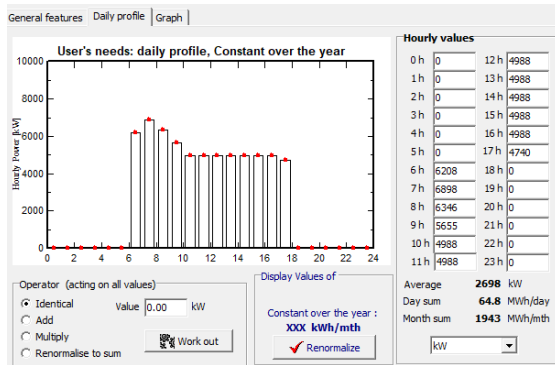
Gambar 7. Penentuan Orientasi

Dalam merancang sistem PLTS di PVSyst, antara lain kapasitas yang direncanakan, pemilihan merk modul pv, dan merk Inverter. Selain itu, parameter lainnya ialah jumlah modul dalam rangkaian seri dan jumlah string yang dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.



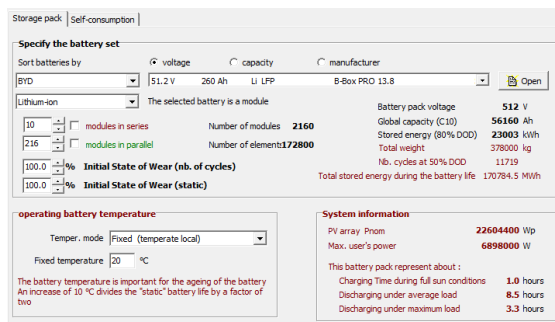
Gambar 8. Perancangan Sistem Grid

Nilai yang dimasukkan merupakan rencana desain PLTS telah ditentukan sebelumnya dan sesuai dengan rencana skema operasi PLTS yang dapat dilihat pada gambar 9 berikut ini.

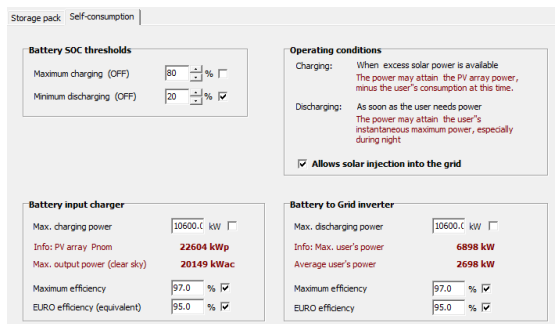


Gambar 9. Konsumsi Energi Harian

Parameter yang perlu ditetapkan dalam merancang sistem penyimpanan energi PLTS di PVSyst, antara lain merek baterai, modul baterai dalam seri, modul baterai dalam paralel. Selain itu, parameter untuk SoC dan DoD baterai, serta inverter baterai juga ditentukan. Umumnya baterai sistem PLTS direncanakan untuk DOD 25% hingga 30%. Umur baterai berpengaruh langsung dengan DoD dalam setiap siklusnya[8]. seperti yang dapat dilihat pada gambar 10 dan gambar 11 di bawah ini.



Gambar 10. Perancangan Penyimpanan Energi



Gambar 11. Perancangan Penyimpanan Energi

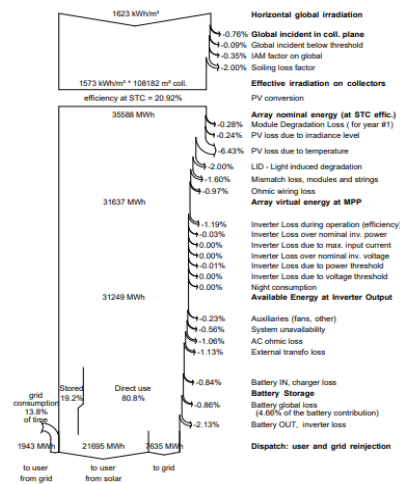
### K. Potensi Energi

Berdasarkan hasil running simulasi didapatkan dengan kapasitas sistem yang akan dibangun sebesar 22,6 MWp dapat menghasilkan energi selama setahun sebesar 30499 MWh/tahun. Dengan performance ratio sistem sebesar 80,5 % di mana batas nilai minimum performance ratio adalah 70%[3]. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 12 di bawah ini.

<b>Project :</b>	PLTH Nias		
<b>Simulation variant :</b>	PLTH Nias Case 22.6 MWp (P) sync 28 MWh Simulation for the 1st year of operation		
<b>Main system parameters</b>		System type No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	tilt 10°	azimuth 0°	
PV modules	Model JA1N72S30-540MR	Prism 540 Wp	
PV Array	Nb. of modules 41880	Prism total 22604 kWp	
Inverter	Model SC250HX	Prism 225 kW ac	
Inverter pack	Nb. of units 78.0	Prism total 17650 kW ac	
User's needs	daily profile Constant over the year	Global 23638 MWh/year	
<b>Main simulation results</b>		Produced Energy 30499 MWh/year	
System Production	Performance Ratio PR 80.58 %	Solar Fraction SF 91.78 %	Specific prod. 1349 kWh/kWp/year
Battery ageing (State of Wear)	Cycles SOW 96.5%	Static SOW 90.0%	
	Battery lifetime 10.0 years		

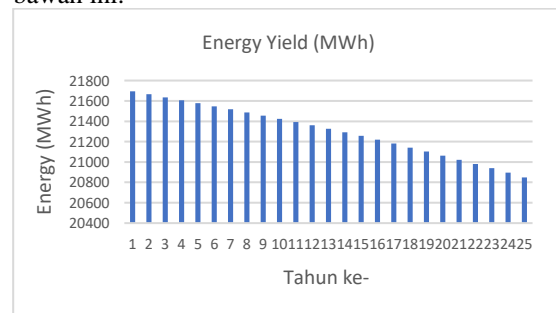
Gambar 12. Produksi Energi

Berdasarkan analisis diagram sankey total energi yang dihasilkan oleh sistem selama satu tahun adalah 35588 MWh. Namun karena adanya losses komponen yang digunakan menyebabkan energi yang dihasilkan pada keluaran inverter sebesar 31249 MWh. Dan dengan total energi tersedia yang disuplai ke beban maupun energi yang tidak digunakan sebesar 30499 MWh yang dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Diagram Sankey

Setelah diketahui potensi energi yang dapat dihasilkan oleh modul pv. Didapat analisa potensi energi yang dihasilkan oleh pv selama 25 tahun dan disuplai ke jaringan dengan faktor degradasi pv yaitu 0,55% pertahun. Energi yang mampu disuplai dari PLTS ke jaringan yang telah melalui keluaran inverter ditampilkan pada gambar 14 dan tabel 1 di bawah ini.



Gambar 14. Energi Yield

Tabel 2. Energi yang Disuplai ke Grid

Tahun	Energi Yield (MWh)
0	
1	21695
2	21666
3	21635
4	21606
5	21577
6	21547
7	21517
8	21487
9	21456
10	21424
11	21393
12	21360
13	21326
14	21292
15	21257
16	21219
17	21181
18	21142
19	21102
20	21062
21	21022
22	20981
23	20939
24	20895
25	20850

Kabupaten Gowa Sebagai Energi Alternatif. Jakarta: Institut Teknologi PLN. 45

- [4] Afkar Gumintang, M. Faizal Sofyan, Ilman Sulaeman. (2020). Design and Control of PV Hybrid System In Practice. Jakarta : GIZ.
- [5] PT. PLN. (2021). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik. PT PLN (Persero), 128.
- [6] Ramadhani, B. (2018). Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos and Don'ts. Jakarta: GIZ.
- [7] Samsurizal, Christiono, Hendrianto Husada. (2020). Studi Kelayakan Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Dusun Toalang. Jurnal Ilmiah Setrum
- [8] Sianipar, Rafael. (2014). Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Jurnal JETri
- [9] Solarelectricsupply. (2020). Ground & Pole Mounted Residential Solar Panel Systems. diambil dari <https://www.solarelectricsupply.com/residential-solar-sistems/ground-mounted>

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Potensi energi rata-rata matahari di Kecamatan Gunung Sitoli, Nias adalah sebesar 4,45 kWh/m<sup>2</sup>. Dengan Rasio Performa PLTS dengan modul pv sebesar 22,6 MWp dan baterai berkapasitas 28 MWh adalah 80,5%
2. Pada Studi Kelayakan PLTS dengan Baterai dan Terhubung Grid di Nias direncanakan terdapat 41860 modul pv sebanyak 1495 string yang menghasilkan daya yang mampu dibangkitkan sebesar 22,6 MWp. Dan terdapat 2029 baterai yang mampu menyimpan energi sebesar 28 MWh.

Energi yang mampu dihasilkan oleh sistem dari PLTS adalah 29530 MW pada tahun pertama dengan penurunan kinerja modul pv atau faktor degradasi sebesar 0,55% setiap tahunnya

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. (2021). Berita Resmi Statistik. BPS, 6.
- [2] Energi Terbarukan. (2020). Sebaiknya Konsumen Tahu Tentang PLTS dan Biodiesel. 27
- [3] Husain, I. A. (2020). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Pada Kantor Dinas Pendidikan