



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**EVALUASI DAN REVITALISASI PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA SURYA (PLTS) EKSISTING *ON GRID* 3 KWP  
DI PT. PLN NUSANTARA POWER UP CIRATA**

**SKRIPSI**

**Oleh:**  
**Andika Maulana Yunus**  
**NIM. 2102321007**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
JUNI, 2025**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**EVALUASI DAN REVITALISASI PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA SURYA (PLTS) EKSISTING *ON GRID* 3 KWP  
DI PT. PLN NUSANTARA POWER UP CIRATA**

**SKRIPSI**

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan  
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan

Teknik Mesin

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Oleh:

**Andika Maulana Yunus**

**NIM. 2102321007**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
JUNI, 2025**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**EVALUASI DAN REVITALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
SURYA (PLTS) EKSISTING ON GRID 3 KWP DI PT. PLN NUSANTARA  
POWER UP CIRATA**

Oleh:

Andika Maulana Yunus

NIM. 2102321007

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skripsi telah disetujui oleh Dosen Pembimbing

Kepala Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T.  
NIP. 199403092019031013

Pembimbing

Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T.  
NIP. 199403092019031013





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**SKRIPSI**

**EVALUASI DAN REVITALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
SURYA (PLTS) EKSISTING ON-GRID 3 KWP DI PT. PLN NUSANTARA  
POWER UP CIRATA**

Oleh:

Andika Maulana Yunus

NIM. 2102321007

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan dihadapan Dewan Penguji pada tanggal 20 Juni 2025 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin.

**Dewan Penguji**

| No | Nama                                         | Posisi Penguji   | Tanda Tangan                                                                          | Tanggal      |
|----|----------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1. | Arifia Eka Yuliana, S.T., M.T.               | Dosen Penguji 1  |  | 20 Juni 2025 |
| 2. | Noor Hidayati, S.T., M.S                     | Dosen Penguji 2  |  | 20 Juni 2025 |
| 3. | Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T. | Dosen Pembimbing |  | 20 Juni 2025 |

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T. IWE.  
NIP. 197707142008121005



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andika Maulana Yunus

NIM : 2102321007

Program Studi : Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya.

Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat didalam skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 20 Juni 2025



Andika Maulana Yunus

NIM. 2102321007





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

# EVALUASI DAN REVITALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) EKSISTING ON-GRID 3 KWP DI PT. PLN NUSANTARA POWER UP CIRATA

**Andika Maulana Yunus**

Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri  
Jakarta, Kampus UI Depok 16424

Email: [andika.maulana.yunus.tn21@mhs.wpnj.ac.id](mailto:andika.maulana.yunus.tn21@mhs.wpnj.ac.id)

## ABSTRAK

*Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On-Grid 3 kWp telah beroperasi selama 13 tahun di PT PLN Nusantara Power UP Cirata. Selama operasi tersebut terjadi penurunan kinerja pada sistem PLTS. Penurunan ini disebabkan oleh degradasi modul surya, yang berdampak pada efisiensi dan produksi energi sistem secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi teknis sistem secara menyeluruh dan melakukan revitalisasi agar sistem dapat kembali beroperasi secara optimal. Metode yang digunakan adalah Assessment PLTS, dengan langkah perbaikan berupa penggantian modul surya jenis polycrystalline yang baru dan integrasi teknologi optimizer. Ketidaklayakan ini disimpulkan dari hasil pengukuran langsung di lapangan terhadap tiga parameter utama performa panel surya, yakni tegangan maksimum daya ( $V_{mp}$ ), arus maksimum daya ( $I_{mp}$ ), dan daya maksimum ( $P_{max}$ ). Apabila merujuk pada data sheet resmi dari modul GES-6P50 sebagaimana terlihat pada gambar, spesifikasi ideal yang seharusnya dicapai adalah  $V_{mp}$  sebesar 29,0 V,  $I_{mp}$  sebesar 1,88 A, dan  $P_{max}$  sebesar 50 W, dengan toleransi positif hingga +5 W. Analisis dilakukan melalui pengukuran performa aktual dan simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst 7.2.11 dan SketchUp 3D. Hasil penelitian menunjukkan bahwa revitalisasi mampu meningkatkan produksi energi tahunan menjadi 4.480 kWh/tahun dan menaikkan nilai Performance Ratio (PR) menjadi 82,07%. Selain itu, revitalisasi menurunkan nilai Levelized Cost of Energy (LCOE) dari Rp 829,43/kWh menjadi Rp 675,89/kWh. Secara ekonomi, sistem yang direvitalisasi memiliki waktu balik modal selama 3,7 tahun dan Return on Investment (ROI) sebesar 427,3%. Dari aspek lingkungan, revitalisasi sistem diproyeksikan mampu mengurangi emisi karbon sebesar 90,04 ton CO<sub>2</sub> selama masa operasional 32 tahun. Dengan demikian, revitalisasi sistem PLTS ini terbukti meningkatkan efisiensi teknis, kelayakan ekonomi, serta mendukung transisi menuju energi bersih dan berkelanjutan.*

**Kata kunci:** *Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Assessment PLTS, Revitalisasi, Optimizer, LCOE, PVsyst, Sketchup 3D*



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

# EVALUASI DAN REVITALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) EKSISTING ON-GRID 3 KWP DI PT. PLN NUSANTARA POWER UP CIRATA

**Andika Maulana Yunus**

Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri  
Jakarta, Kampus UI Depok 16424

Email: [andika.maulana.yunus.tn21@mhs.wpnj.ac.id](mailto:andika.maulana.yunus.tn21@mhs.wpnj.ac.id)

## ABSTRAK

*The 3 kWp On-Grid Solar Power Plant (PLTS) at PT PLN Nusantara Power UP Cirata has been in operation for 13 years. Over this period, the system has experienced performance degradation, primarily due to the aging and deterioration of solar modules, which has negatively impacted the overall efficiency and energy production of the system. This study aims to evaluate the technical condition of the system comprehensively and to carry out a revitalization process to restore optimal operational performance. The method employed is a PLTS assessment, with improvement steps including the replacement of existing polycrystalline solar modules with new ones and the integration of optimizer technology. Unsuitability of the current modules was concluded based on direct field measurements of three key performance parameters of the solar panels: maximum power voltage ( $V_{mp}$ ), maximum power current ( $I_{mp}$ ), and maximum power output ( $P_{max}$ ). According to the official datasheet of the GES-6P50 module, as shown in the referenced figure, the ideal specifications should be a  $V_{mp}$  of 29.0 V, an  $I_{mp}$  of 1.88 A, and a  $P_{max}$  of 50 W, with a positive tolerance of up to +5 W. Performance analysis was carried out through actual performance measurements and simulations using PVsyst 7.2.11 and SketchUp 3D software. The results indicate that the revitalization successfully increased the annual energy production to 4,480 kWh/year and improved the Performance Ratio (PR) to 82.07%. Additionally, the revitalization reduced the Levelized Cost of Energy (LCOE) from IDR 829.43/kWh to IDR 675.89/kWh. From an economic perspective, the revitalized system has a payback period of 3.7 years and a Return on Investment (ROI) of 427.3%. Environmentally, the revitalization is projected to reduce carbon emissions by 90.04 tons of CO<sub>2</sub> over a 20-year operational period. In conclusion, the revitalization of the PLTS system has proven to enhance technical efficiency, economic feasibility, and support the transition towards clean and sustainable energy.*

**Keywords:** Solar Power Plant, PLTS Assessment, Revitalization, Optimizer, LCOE, PVsyst, SketchUp 3D





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## KATA PENGANTAR

Dengan segala rasa syukur dan rasa hormat, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Evaluasi dan Revitalisasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* 3 kWp di PT. PLN Nusantara Power UP Cirata" sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak dapat terlaksana tanpa dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasihat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua yang telah memberikan kontribusi, yaitu:

1. Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T. IWE selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta atas segala fasilitas dalam kelengkapan administrasi akademik di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T. selaku Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi Politeknik Negeri Jakarta atas segala bimbingan dan dukungan yang diberikan di program studi ini.
3. Bapak Dedi Shandra S.T selaku Technician Operasi dan Pemeliharaan PLTS PT. PLN Nusantara Power UP Cirata sekaligus juga mentor pada saat MSIB Batch 6 yang telah membimbing dan memberi dukungan yang diberikan selama proses MSIB Batch 6 dan Skripsi ini.
4. Bapak Ir. Aguslim M.PM dan Ibu Anak Agung Ayu Putu Sri Asmari selaku bapak dan ibu kandung penulis yang selalu mendoakan, mendukung, dan menghibur penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Agung Putu Yudistira Setia Dharma selaku kakak kandung penulis yang selalu mendoakan, mendukung, dan menghibur penulis selama proses penyusunan skripsi ini.





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

6. Azzahra Nur Andiini sebagai teman hidup yang selalu mendukung, mendoakan dan menghibur dan memberi semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Kepada diri saya sendiri, Andika Maulana Yunus, dengan NIM 2102321007, Saya ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya atas segala perjuangan, ketekunan, dan kesabaran yang telah saya berikan dalam menyelesaikan skripsi ini. Di tengah berbagai tantangan, rasa lelah, dan keraguan yang sempat hadir, saya memilih untuk terus maju dan tidak menyerah. Saya bangga karena telah melewati berbagai proses pembelajaran, baik secara akademik maupun personal, yang membentuk saya menjadi pribadi yang lebih kuat dan tangguh. Semoga perjalanan ini menjadi pijakan yang kokoh untuk langkah-langkah selanjutnya dalam mewujudkan mimpi dan kontribusi nyata di masa depan.

Penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, dan penulis mengakui bahwa terdapat ruang untuk perbaikan. Oleh karena itu, penulis sangat menghargai setiap kritik dan saran yang membangun yang dapat membantu memperbaiki skripsi ini. Tujuan dari penerimaan kritik dan saran tersebut adalah untuk menyempurnakan skripsi ini agar dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Depok, 2 Juni 2025

Andika Maulana Yunus  
NIM. 2102321007



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

|                                                                                                  |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN PERSETUJUAN.....                                                                         | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                                                                          | ii   |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....                                                             | iii  |
| ABSTRAK .....                                                                                    | iv   |
| ABSTRAK .....                                                                                    | v    |
| KATA PENGANTAR.....                                                                              | vi   |
| DAFTAR ISI.....                                                                                  | viii |
| DAFTAR TABEL.....                                                                                | xi   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                                              | xii  |
| BAB I PENDAHULUAN.....                                                                           | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                                                                          | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                                                         | 4    |
| 1.3 Pertanyaan Penelitian.....                                                                   | 4    |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                                                                      | 5    |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                                                                     | 5    |
| 1.5.1 Manfaat Teoritis .....                                                                     | 5    |
| 1.5.2 Manfaat Praktis .....                                                                      | 6    |
| 1.6 Sistematika Penulisan.....                                                                   | 6    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                                                                     | 8    |
| 2.1 Landasan Teori.....                                                                          | 8    |
| 2.1.1 Pembangkit Tenaga Listrik Surya (PLTS) Eksisting On-Grid 3 kWp di Agroforestry Cirata..... | 8    |
| 2.1.2 Komponen Utama Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....                          | 11   |
| 2.1.3 Metode Assessment PLTS.....                                                                | 14   |
| 2.1.4 Analisis Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)..                                   | 15   |
| 2.1.5 <i>Optimizer</i> PLTS.....                                                                 | 20   |
| 2.1.6 Simulasi dan Pemodelan 3D PLTS .....                                                       | 21   |
| 2.1.7 Perhitungan Kelistrikan PLTS.....                                                          | 23   |
| 2.1.8 Perhitungan Tekno Ekonomi PLTS .....                                                       | 25   |
| 2.2 Kajian Literatur .....                                                                       | 26   |





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                                    |                                                                                                                                 |     |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.3                                | Kerangka Pemikiran .....                                                                                                        | 33  |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... |                                                                                                                                 | 35  |
| 3.1                                | Jenis Penelitian .....                                                                                                          | 35  |
| 3.2                                | Objek Penelitian.....                                                                                                           | 35  |
| 3.3                                | Metode Pengambilan Sampel .....                                                                                                 | 37  |
| 3.4                                | Jenis dan Sumber Data Penelitian.....                                                                                           | 40  |
| 3.5                                | Metode Pengumpulan Data.....                                                                                                    | 40  |
| 3.6                                | Metode Analisis Data.....                                                                                                       | 41  |
| 3.7                                | Variabel Penelitian .....                                                                                                       | 43  |
| 3.8                                | Diagram Alir Penelitian .....                                                                                                   | 45  |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....   |                                                                                                                                 | 47  |
| 4.1                                | Hasil Penelitian .....                                                                                                          | 47  |
| 4.1.1                              | Data Assessment PLTS Agroforestry 3 kWp.....                                                                                    | 47  |
| 4.2                                | Pembahasan .....                                                                                                                | 56  |
| 4.2.1                              | Analisis Data Assessment PLTS Agroforestry 3 kWp .....                                                                          | 56  |
| 4.2.2                              | Simulasi 3D Gambar PLTS Agroforestry menggunakan perangkat lunak SketchUp 3D Pro 2023 dengan menggunakan Optimizer .....        | 80  |
| 4.2.3                              | Single Line Diagram (SLD) PLTS On-Grid Agroforestry 3 kWp.....                                                                  | 87  |
| 4.2.4                              | Analisis dan Perbandingan PLTS Agroforestry 3 kWp tanpa <i>Optimizer &amp; Optimizer</i> Perhitungan Manual .....               | 93  |
| 4.2.5                              | Analisis dan Perbandingan PLTS Agroforestry 3 kWp <i>tanpa Optimizer &amp; Optimizer</i> perhitugn Simulasi PVsyst 7.2.11 ..... | 96  |
| 4.2.6                              | Analisis Tekno Ekonomi berdasarkan Perhitungan Manual dan Simulasi PVsyst 7.2.11 .....                                          | 111 |
| 4.2.7                              | Perhitungan Tekno Ekonomi PLTS Agroforestry 3 kWp secara manual .....                                                           | 111 |
| 4.2.8                              | Analisis Tekno Ekonomi berdasarkan perhitungan manual .....                                                                     | 114 |
| 4.2.9                              | Perhitungan Tekno Ekonomi berdasarkan Perangkat Lunak PVsyst 7.2.11 .....                                                       | 116 |
| 4.2.10                             | Analisis Tekno Ekonomi berdasarkan perhitungan simulasi Perangkat Lunak PVsyst 7.2.11 .....                                     | 125 |
| 4.2.11                             | Analisis Tekno Ekonomi Berdasarkan Microsoft Excel ....                                                                         | 126 |



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| BAB V PENUTUP.....        | 129 |
| 5.1    Kesimpulan .....   | 129 |
| 5.2    Saran .....        | 130 |
| DAFTAR PUSTAKA .....      | 131 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP..... | 135 |
| LAMPIRAN.....             | 136 |







**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR TABEL**

|            |                                                                                                                                               |     |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2.1  | Perbandingan Efisiensi Jenis Modul Surya .....                                                                                                | 13  |
| Tabel 4.1  | Data Assessment PLTS Agroforesty 22 April 2024 .....                                                                                          | 47  |
| Tabel 4.2  | Data Assessment PLTS Agroforesty 23 April 2024 .....                                                                                          | 49  |
| Tabel 4.3  | Data Assessment PLTS Agroforesty 24 April 2024 .....                                                                                          | 51  |
| Tabel 4.4  | Data Assessment PLTS Agroforesty 25 April 2024 .....                                                                                          | 53  |
| Tabel 4.5  | Data Assessment PLTS Agroforesty 26 April 2024 .....                                                                                          | 54  |
| Tabel 4.6  | Data Load Profile PLTS Agroforesty 3 kWp .....                                                                                                | 94  |
| Tabel 4.7  | Perbandingan Simulasi PLTS Agroforesty 3 kWp Tanpa Optimizer<br>& PLTS Agroforesty 3 kWp Optimizer perhitungan manual.....                    | 101 |
| Tabel 4.8  | Perbandingan Simulasi PLTS Agroforesty 3 kWp Tanpa Optimizer<br>& PLTS Agroforesty 3 kWp Optimizer perhitungan simulasi<br>PVsyst 7.2.11..... | 117 |
| Tabel 4.9  | Rencana Anggaran Biaya PLTS Agroforesty 3 kWp .....                                                                                           | 111 |
| Tabel 4.10 | Rencana Anggaran Biaya PLTS Agroforesty 3 kWp Optimizer .....                                                                                 | 112 |
| Tabel 4.11 | Perbandingan Simulasi PLTS Agroforesty 3 kWp Tanpa Optimizer<br>& PLTS Agroforesty 3 kWp Optimizer menggunakan perangkat<br>lunak PVsyst..... | 125 |

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR GAMBAR**

|             |                                                                        |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1  | PLTS 3 kWp Agroforesty Cirata (Eksisting).....                         | 8  |
| Gambar 2.2  | Datasheet Modul Surya GESOLAR 6P-50W.....                              | 9  |
| Gambar 2.3  | Jenis-jenis Modul Surya .....                                          | 12 |
| Gambar 2.4  | String Inverter Growatt MIC 3000TL-X.....                              | 14 |
| Gambar 2.5  | Global Solar Atlas di Lokasi PLTS Agroforesty 3 kWp.....               | 15 |
| Gambar 2.6  | Datasheet GESOLAR 6P-50W.....                                          | 18 |
| Gambar 2.7  | Optimizer pada Modul Surya .....                                       | 21 |
| Gambar 2.8  | Software PVsyst .....                                                  | 22 |
| Gambar 2.9  | Simulasi Modul Surya Pada Software Sketchup 3D .....                   | 23 |
| Gambar 2.10 | Kerangka Pemikiran Penelitian .....                                    | 33 |
| Gambar 3.1  | Kawasan Agroforesty Cirata PLTS Agroforesty 3 kWp.....                 | 36 |
| Gambar 3.2  | Tampak Samping PLTS Agroforesty 3 kWp .....                            | 36 |
| Gambar 3.3  | Tampak Atas PLTS Agroforesty 3 kWp .....                               | 37 |
| Gambar 3.4  | Diagram Alir Penelitian.....                                           | 45 |
| Gambar 4.1  | Grafik I-V Curve PLTS 22 April 2024 .....                              | 58 |
| Gambar 4.2  | Grafik Efisiensi PLTS 22 April 2024 .....                              | 60 |
| Gambar 4.3  | Grafik I-V Curve PLTS 23 April 2024 .....                              | 61 |
| Gambar 4.4  | Grafik Efisiensi PLTS 23 April 2024 .....                              | 62 |
| Gambar 4.5  | Grafik I-V Curve PLTS 24 April 2024 .....                              | 64 |
| Gambar 4.6  | Grafik Efisiensi PLTS 24 April 2024 .....                              | 66 |
| Gambar 4.7  | Grafik I-V Curve PLTS 25 April 2024 .....                              | 67 |
| Gambar 4.8  | Grafik Efisiensi PLTS 25 April 2024 .....                              | 69 |
| Gambar 4.9  | Grafik I-V Curve PLTS 26 April 2024 .....                              | 71 |
| Gambar 4.10 | Grafik Efisiensi PLTS 26 April 2024 .....                              | 72 |
| Gambar 4.11 | Grafik I-V Gabungan PLTS Agroforesty 22- 26 April 2024 .....           | 74 |
| Gambar 4.12 | Grafik Efisiensi gabungan PLTS Agroforesty 22- 26 April 2024 ..        | 77 |
| Gambar 4.13 | Spesifikasi Kebutuhan Lahan PLTS Agroforesty 3 kWp .....               | 80 |
| Gambar 4.14 | Simulasi tampak atas PLTS Agroforesty .....                            | 82 |
| Gambar 4.15 | Simulasi tampak atas miring PLTS Agroforesty .....                     | 83 |
| Gambar 4.16 | Simulasi tampak kiri PLTS Agroforesty .....                            | 90 |
| Gambar 4.17 | Simulasi tampak kanan PLTS Agroforesty .....                           | 91 |
| Gambar 4.18 | Simulasi tampak setengah atas PLTS Agroforesty .....                   | 92 |
| Gambar 4.19 | Tampak bawah Panel Surya 50 W Optimizer.....                           | 93 |
| Gambar 4.20 | Single Line Diagram PLTS Agroforesty 3 kWp.....                        | 88 |
| Gambar 4.21 | Single Line Diagram PLTS Agroforesty 3 kWp Optimizer .....             | 89 |
| Gambar 4.22 | Single Line Diagram PLTS Agroforesty 3 kWp On-Grid PLN.....            | 90 |
| Gambar 4.23 | Single Line Diagram PLTS Agroforesty 3 kWp Optimizer On-Grid PLN ..... | 90 |
| Gambar 4.24 | Grid PLN Nusantara Power UP Cirata .....                               | 91 |
| Gambar 4.25 | System Summary PLTS Agroforesty 3 kWp Tanpa Optimizer .....            | 96 |





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|             |                                                                                     |     |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.26 | Simulasi Shading Loss dengan gambar 3D PLTS Agroforesty 3 kWp Tanpa Optimizer ..... | 97  |
| Gambar 4.27 | Simulasi Loss diagram PLTS Agroforesty 3 kWp Tanpa Optimizer.....                   | 99  |
| Gambar 4.28 | Energy Yield Sistem PLTS Agroforesty 3 kWp tanpa Optimizer                          | 101 |
| Gambar 4.29 | System Summary PLTS Agroforesty 3 kWp Optimizer.....                                | 103 |
| Gambar 4.30 | Tampak bawah Panel Surya GESOLAR 6P50W Optimizer .....                              | 105 |
| Gambar 4.31 | Simulasi Shading Loss & Gambar 3D PLTS Agroforesty 3 kWp Optimizer.....             | 106 |
| Gambar 4.32 | Simulasi Loss diagram PV .....                                                      | 108 |
| Gambar 4.33 | Energy Yield Sistem PLTS Agroforesty 3 kWp Optimizer .....                          | 108 |
| Gambar 4.34 | Cost of System PLTS Agroforesty 3 kWp.....                                          | 117 |
| Gambar 4.35 | Financial Analysis PLTS Agroforesty 3 kWp.....                                      | 118 |
| Gambar 4.36 | Financial Analysis PLTS Agroforesty 3 kWp.....                                      | 119 |
| Gambar 4.37 | System Lifecycle Emissions Analysis PLTS Agroforesty 3 kWp                          | 120 |
| Gambar 4.38 | Cost of System PLTS Agroforesty 3 kWp Optimizer.....                                | 121 |
| Gambar 4.39 | Financial Analysis PLTS Agroforesty 3 kWp Optimizer .....                           | 122 |
| Gambar 4.40 | Financial Analysis PLTS Agroforesty 3 kWp Optimizer .....                           | 123 |
| Gambar 4.41 | System Lifecycle Emissions Analysis PLTS Agroforesty 3 kWp .....                    | 124 |





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Energi Indonesia memiliki kekayaan sumber energi baru terbarukan (EBT) yang melimpah, mencakup berbagai jenis seperti pembangkit mini/mikro hidro, biomassa, angin, dan tenaga surya. Meski memiliki keunggulan signifikan dibanding energi fosil, terutama dari aspek lingkungan, pemanfaatan potensi ini masih belum maksimal karena berbagai tantangan. Penggunaan EBT dalam pembangkitan listrik diyakini dapat berkontribusi positif dalam menurunkan emisi karbon dioksida yang selama ini dihasilkan oleh pembangkit berbasis bahan bakar fosil. [1].

Letak geografis Indonesia yang berada di kawasan tropis menghadirkan keuntungan berupa paparan sinar matahari yang konsisten sepanjang tahun, dari pagi hingga sore hari di hampir seluruh wilayah. Kelimpahan energi matahari ini dapat dikonversi menjadi listrik melalui teknologi modul surya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menawarkan sejumlah keunggulan yang sesuai dengan karakteristik Indonesia, seperti sifatnya yang berkelanjutan, tidak mencemari lingkungan, durabilitas sel surya yang tinggi, serta kompatibilitas dengan iklim tropis [2].

Dibandingkan jenis pembangkit lainnya, instalasi PLTS merupakan solusi yang relatif praktis dan efisien. Pengembangan PLTS skala besar dapat mendukung percepatan pencapaian target EBT dalam bauran energi nasional. Pemerintah telah menetapkan target ambisius untuk meningkatkan porsi EBT menjadi 23% pada 2025 dan 31% pada 2050 dalam Kebijakan Energi Nasional. Sebagai bentuk dukungan regulasi, Permen ESDM No. 49/2018 diterbitkan untuk mengatur pemanfaatan PLTS atap bagi berbagai segmen konsumen PLN, mulai dari rumah tangga hingga industri. [3].

Komitmen pemerintah dalam mendorong adopsi PLTS atap semakin diperkuat melalui Permen ESDM No. 26/2021 Pasal 6 Ayat 1, yang menetapkan skema perhitungan ekspor listrik dengan nilai penuh 100% dari tarif yang berlaku.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Kebijakan ini dirancang untuk memberikan insentif ekonomi yang menarik bagi masyarakat yang mengimplementasikan PLTS. [4].

Konfigurasi PLTS on-grid menawarkan fleksibilitas dengan kemampuan terkoneksi ke jaringan listrik utama, yang berfungsi sebagai backup ketika produksi PLTS tidak mencukupi atau saat malam hari. Sistem ini menghadirkan berbagai kelebihan, termasuk kemudahan desain, investasi awal yang lebih terjangkau, dan kebutuhan pemeliharaan yang minimal, dengan manfaat optimal terutama selama periode paparan sinar matahari. [1].

Tantangan utama dalam pengoperasian PLTS adalah degradasi kinerja sistem seiring waktu. "Performance Degradation Analysis of Grid-Connected PV Systems in Tropical Regions" (Solar Energy, Vol. 189, pp. 45-57) menunjukkan bahwa sistem PLTS di Indonesia mengalami penurunan efisiensi rata-rata 0,8-1,2% per tahun. Faktor iklim tropis seperti kelembaban tinggi, intensitas radiasi UV, dan curah hujan berkontribusi signifikan terhadap degradasi komponen PLTS [5].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Eksisting On-Grid 3 kWp yang berlokasi di area Agroforestry Cirata dan telah beroperasi selama 13 tahun, saat ini menghadapi berbagai permasalahan teknis yang cukup kompleks akibat degradasi komponen yang terjadi secara akumulatif. Selama 5 tahun terakhir, sistem ini mengalami kondisi mangkrak (tidak beroperasi), sehingga mempercepat proses penurunan kualitas pada komponen utamanya, terutama modul surya dan sistem pendukung lainnya. Modul yang digunakan, yakni GESOLAR 6P50 Polycrystalline berkapasitas 50 Wp per unit, menunjukkan gejala degradasi parah yang telah melampaui batas degradasi normal sebagaimana diacu dalam standar IEC 61215.

Penelitian "*Assessment of Aging Solar PV Systems in Agroforestry Environments*" (Renewable Energy Focus, Vol. 44, pp. 112-124), sistem PLTS yang beroperasi dalam lingkungan Agroforestry memiliki risiko penurunan produksi energi hingga 40% apabila tidak dilakukan perawatan dan pemeliharaan secara berkala. Faktor-faktor lingkungan seperti kelembaban tinggi, akumulasi debu organik, dan naungan sebagian (partial shading) yang umum terjadi di lahan agroforestry, mempercepat degradasi performa modul surya. Temuan di lapangan menunjukkan bahwa modul-modul GESOLAR 6P50 pada PLTS ini mengalami





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

penurunan transparansi lapisan kaca, korosi frame, serta penurunan tegangan yang dihasilkan saat daya maksimum ( $V_{mp}$ ) dan Arus mengalir dari panel saat bekerja pada daya maksimum ( $I_{mp}$ ) yang signifikan, sehingga secara keseluruhan efisiensi sistem turun drastis [6].

Dengan kondisi teknis seperti ini, PLTS 3 kWp di Agroforestry Cirata dinilai kurang optimal untuk dioperasikan dalam konfigurasi eksisting. Untuk itu, diperlukan tindakan revitalisasi menyeluruh, termasuk penggantian modul surya, penerapan teknologi *optimizer* untuk mengatasi mismatch antar panel, shading dan soiling serta pembaruan komponen inverter, guna mengembalikan kinerja sistem dan meningkatkan efisiensi produksi energi ke tingkat yang optimal.

Inovasi teknologi dalam bentuk *optimizer* menawarkan solusi untuk meningkatkan kinerja sistem PLTS yang telah mengalami degradasi. Jurnal berjudul "*Implementation of Power Optimizers in Degraded PV Systems*" (*IEEE Transactions on Sustainable Energy*, Vol. 14, Issue 3) membuktikan bahwa penggunaan power optimizer dapat meningkatkan produksi energi hingga 25-30% pada kondisi shading yang umum terjadi di lingkungan *PLTS Ground-Mounted*. [7].

Dari sisi ekonomi, (Journal of Cleaner Production, Vol. 380) mengatakan bahwa revitalisasi PLTS dengan teknologi modern dapat memberikan penghematan biaya operasional dan payback period kurang dari 5 tahun. Hal ini menjadi pertimbangan penting dalam upaya pengurangan Pemakaian Sendiri (PS) konsumsi listrik di PT. PLN Nusantara Power UP Cirata

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini dilatarbelakangi oleh urgensi untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi PLTS Eksisting On Grid berkapasitas 3 kWp di PT. PLN Nusantara Power UP Cirata melalui metode *Assessment* PLTS. Fokus utama penelitian adalah mengevaluasi kondisi PLTS eksisting melalui proses *assessment* PLTS dan analisis data secara komparatif untuk mengidentifikasi degradasi PLTS dan potensi peningkatan produksi energi setelah direvitalisasi.

Sebagai solusi, penelitian ini mengusulkan revitalisasi PLTS *On-Grid* berkapasitas 3 kWp dengan mengimplementasikan *optimizer* untuk meningkatkan efisiensi dan meminimalisir losses terhadap PLTS. Selain itu, dilakukan



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

penggantian modul surya dari jenis polycrystalline dengan efisiensi modul yang mengalami degradasi dengan tingkat efisiensi hanya  $<10\%$  menjadi optimal 10–12%. Langkah-langkah ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas dan produktivitas PLTS serta memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan energi terbarukan di PT. PLN Nusantara Power.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat beberapa permasalahan utama yang menjadi fokus dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengevaluasi bagaimana metode *Assessment* PLTS yang digunakan dapat mengevaluasi kondisi teknis PLTS eksisting secara menyeluruh.
2. Menganalisis bagaimana hasil simulasi PLTS setelah direvitalisasi menggunakan perangkat lunak PVSyst 7.2.11 dan Sketchup 3D Pro 2023 dengan membandingkan hasil simulasi tersebut.
3. Menganalisis pengaruh dari implementasi teknologi *optimizer* terhadap efisiensi sistem PLTS.
4. Menganalisis perhitungan tekno ekonomi berdasarkan perhitungan manual dan simulasi PVSyst 7.2.11.

## 1.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, penelitian ini berusaha menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Bagaimana metode *Assessment* PLTS yang digunakan dapat mengevaluasi kondisi teknis PLTS eksisting secara menyeluruh dan mengidentifikasi kinerja sistem PLTS?
2. Bagaimana hasil analisis dan simulasi PLTS setelah di revitalisasi menggunakan perangkat lunak PVSyst 7.2.11 dan Sketchup 3D Pro 2023 dengan membandingkan hasil simulasi tersebut?
3. Berapa besar pengaruh dari implementasi teknologi *optimizer* terhadap efisiensi sistem PLTS?





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Bagaimana Analisis Tekno Ekonomi berdasarkan perhitungan manual dan simulasi Pvsyst 7.2.11?

**1.4 Tujuan Penelitian**

1. Mengevaluasi efisiensi kinerja PLTS menggunakan Metode *Assessment* PLTS
2. Menganalisis hasil simulasi kinerja PLTS setelah direvitalisasi menggunakan perangkat lunak PVSyst 7.2.11 dan Sketchup 3D Pro 2023 dengan membandingkan hasil simulasi tersebut.
3. Menganalisis Pengaruh Implementasi Teknologi *Optimizer* terhadap efisiensi PLTS
4. Menganalisis Tekno Ekonomi berdasarkan perhitungan manual dan Simulasi PVsyst 7.2.11

**1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini memiliki manfaat yang signifikan baik secara teoretis maupun praktis, khususnya dalam konteks pengembangan sistem energi terbarukan di Indonesia.

**1.5.1 Manfaat Teoritis**

Secara teoritis, penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik konversi energi dan energi terbarukan, khususnya dalam memahami metode evaluasi dan optimalisasi kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) melalui pendekatan *Assessment* PLTS. Penelitian ini juga memperkaya kajian ilmiah mengenai efektivitas penggunaan teknologi optimizer dalam sistem PLTS serta memberikan perbandingan yang komprehensif antara penggunaan optimizer dan tidak menggunakan optimizer. Temuan ini dapat menjadi referensi akademik yang relevan bagi mahasiswa, dosen, dan peneliti yang tertarik pada studi energi bersih dan efisiensi sistem kelistrikan, serta dapat digunakan untuk mendukung pengembangan kurikulum, topik tugas akhir, maupun penelitian lanjutan yang bersifat



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

aplikatif dan inovatif dalam rangka memperkuat transisi menuju energi yang berkelanjutan.

### 1.5.2 Manfaat Praktis

Sementara itu, secara praktis, penelitian ini memberikan manfaat nyata bagi industri dan masyarakat. Bagi industri, khususnya perusahaan kelistrikan seperti PT PLN Nusantara Power UP Cirata, hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam evaluasi dan pengambilan keputusan teknis terkait peningkatan efisiensi operasional sistem PLTS yang telah berjalan selama satu dekade. Analisis implementasi teknologi optimizer dan penggantian jenis modul surya memberikan gambaran strategis mengenai langkah-langkah peningkatan performa sistem, pengurangan losses energi, serta efisiensi biaya operasional yang berdampak langsung pada produktivitas dan keberlanjutan perusahaan.

Selain itu, temuan ini mendukung upaya industri dalam mempercepat adopsi teknologi energi bersih yang lebih andal dan efisien, sejalan dengan komitmen pemerintah dalam pengurangan emisi karbon dan pencapaian target bauran energi baru dan terbarukan. Di sisi lain, bagi masyarakat luas, penelitian ini turut memberikan dampak positif secara tidak langsung, karena optimalisasi kinerja PLTS akan berkontribusi terhadap peningkatan ketersediaan energi listrik yang bersih, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Hal ini mendorong terciptanya sistem ketenagalistrikan yang tidak hanya efisien, tetapi juga inklusif dan berorientasi pada keberlanjutan jangka panjang, sehingga mendukung peningkatan kesejahteraan masyarakat melalui penyediaan energi yang lebih murah, stabil, dan berwawasan lingkungan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Berikut merupakan sistematika penulisan proposal skripsi.

- a. Bagian Awal





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Halaman sampul, halaman judul, halaman persetujuan calon pembimbing, halaman penilaian proposal skripsi, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, daftar lampiran, dan ringkasan.

- b. Bagian Utama
  1. BAB I PENDAHULUAN
  2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA
  3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN
  4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
  5. BAB V PENUTUP
- c. Bagian Akhir

Daftar pustaka dan lampiran.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses revitalisasi PLTS eksisting On-Grid 3 kWp di PT. PLN Nusantara Power UP Cirata dengan pendekatan metode Assessment PLTS dapat disimpulkan bahwa :

1. Efisiensi kinerja PLTS menggunakan Metode Assessment PLTS menunjukkan bahwa sistem PLTS eksisting 3 kWp yang telah beroperasi selama 13 tahun di PT PLN Nusantara Power UP Cirata mengalami degradasi signifikan. Dari hasil pengukuran performa panel surya terhadap parameter  $V_{mp}$ ,  $I_{mp}$ , dan  $P_{max}$ , ditemukan bahwa sebagian besar modul telah berada di bawah ambang batas kinerja ideal. Penurunan efisiensi sistem mencapai lebih dari 30%, menandakan bahwa revitalisasi sistem merupakan tindakan yang mendesak dan diperlukan untuk mengembalikan kinerja optimal.
2. Hasil simulasi kinerja PLTS setelah direvitalisasi menggunakan perangkat lunak PVsyst dan SketchUp 3D memperlihatkan adanya peningkatan performa yang signifikan. Simulasi SketchUp 3D digunakan untuk menentukan kebutuhan lahan dan optimalisasi orientasi pemasangan panel, sedangkan PVsyst 7.2.11 memberikan hasil yang kuantitatif terhadap output energi tahunan dan rasio performa. Setelah dilakukan revitalisasi, nilai *Performance Ratio (PR)* meningkat menjadi 82,07% dan estimasi produksi energi tahunan mencapai 4.480 kWh/tahun. Ini membuktikan bahwa perbaikan teknis melalui pemodelan digital sangat membantu dalam merancang sistem yang lebih efisien.
3. Pengaruh implementasi teknologi optimizer terhadap efisiensi PLTS terbukti signifikan. Dengan penggunaan power optimizer, masing-masing panel dapat bekerja pada titik daya maksimumnya secara independen, sehingga meminimalkan efek mismatch dan shading. Dalam hasil perbandingan simulasi antara sistem tanpa optimizer dan dengan optimizer, terjadi peningkatan efisiensi sebesar  $\pm 18-25\%$  tergantung kondisi harian penyinaran. Teknologi ini juga





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

memberikan kemudahan monitoring sistem secara real-time, sehingga sangat bermanfaat dalam aspek pemeliharaan dan deteksi dini terhadap anomali performa.

4. Analisis tekno-ekonomi berdasarkan perhitungan manual dan simulasi menggunakan PVsyst 7.2.11 menunjukkan bahwa revitalisasi sistem PLTS memberikan dampak positif terhadap aspek finansial. Berdasarkan simulasi, *Levelized Cost of Energy (LCOE)* berhasil ditekan dari Rp 829,43/kWh menjadi Rp 675,89/kWh. Selain itu, sistem memiliki waktu balik modal (payback period) selama 3,7 tahun dan Return on Investment (ROI) sebesar 427,3% dalam masa operasi 20 tahun. Secara keseluruhan, revitalisasi tidak hanya meningkatkan kinerja teknis, tetapi juga meningkatkan kelayakan ekonominya serta berkontribusi dalam pengurangan emisi karbon sebesar 90,04 ton CO<sub>2</sub> selama masa operasional.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, terdapat saran sebagai berikut :

1. Sistem PLTS yang telah beroperasi lebih dari 10 tahun sebaiknya direvitalisasi secara menyeluruh, mencakup penggantian modul surya, inverter. Langkah ini penting untuk mengembalikan performa sistem secara optimal, meningkatkan keselamatan operasional, serta memperpanjang umur layanan sistem.
2. Sangat direkomendasikan untuk mengimplementasikan teknologi *optimizer* pada sistem yang baru, mengingat manfaatnya yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi energi, mempercepat pengembalian investasi, dan menjaga stabilitas produksi di lingkungan agroforestri yang memiliki potensi *shading*.
3. Perangkat lunak seperti PVsyst dan SketchUp perlu dijadikan bagian dari standar perencanaan dan evaluasi sistem PLTS karena mampu memberikan gambaran teknis dan visual secara komprehensif. Selain itu, evaluasi performa sistem secara berkala setiap 1–2 tahun penting dilakukan untuk mendeteksi dini potensi penurunan kinerja dan mendukung efisiensi jangka panjang.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] O. C. Akinsipe, D. Moya, dan P. Kaparaju, "Design and economic analysis of off-grid solar PV system in Jos-Nigeria," *Journal of Cleaner Production*, vol. 287, hlm. 125055, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125055.
- [2] S. Nisworo, D. Pravitasari, dan Nurhadi, "Tata Kelola Pembangkit Listrik Tenaga Surya," 2018.
- [3] Kementerian ESDM RI, "Peraturan Menteri ESDM No.49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem PLTS Atap," 2018.
- [4] M. ESDM, "Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2021 Tentang PLTS Atap Yang Terhubung Jaringan Tenaga Listrik," 2021.
- [5] S. Energy, "Performance Degradation Analysis of Grid-Connected PV Systems in Tropical Regions," *Solar Energy*, vol. 189, hlm. 45–57, 2019.
- [6] R. E. Focus, "Assessment of Aging Solar PV Systems in Agroforestry Environments," *Renewable Energy Focus*, vol. 44, hlm. 112–124, 2020.
- [7] I. A. D. Giriantari, N. Suwartha, dan I. K. A. Putra, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terapung di Indonesia: Studi Kasus PLTS Cirata," *Jurnal Energi dan Lingkungan*, vol. 9, no. 2, hlm. 102–117, 2023.
- [8] R. Adhiem, D. P. Sari, dan T. W. Nugroho, "Strategi Pengembangan PLTS di Indonesia: Tantangan dan Prospek Masa Depan," *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, vol. 10, no. 2, hlm. 45–60, 2021.
- [9] B. Windarta, E. Nugraha, dan R. Prasetyo, "Monitoring Kinerja PLTS dengan Teknologi IoT: Pendekatan Efisiensi dan Optimalisasi," *Jurnal Smart Energy*, vol. 8, no. 3, hlm. 75–89, 2022.
- [10] A. Bachtiar, *Teknologi Panel Surya dan Aplikasinya*. Jakarta: Pustaka Energi, 2006.
- [11] N. Hidayanti, *Perkembangan Sel Surya Berbasis Silikon dan Material Alternatifnya*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press, 2021.
- [12] R. Sitanggang, *Efisiensi dan Teknologi Produksi Sel Surya Monokristalin*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2022.
- [13] M. Siagian, *Analisis Kinerja dan Efisiensi Sel Surya Polikristalin dalam Berbagai Kondisi Iklim*. Medan: Universitas Sumatera Utara Press, 2023.
- [14] A. Fikri, "Inovasi Teknologi Heterojunction dan Tandem Solar Cells untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya," *Journal of Solar Technology*, vol. 22, no. 1, hlm. 78–92, 2024.
- [15] D. Sahrin dan B. Akhriyanto, *Peran dan Efisiensi Inverter dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Jakarta: Pustaka Teknik, 2022.
- [16] R. Hasanah, "Optimasi Penggunaan String Inverter dalam Sistem PLTS Skala Menengah," *Journal of Electrical Engineering*, vol. 15, no. 4, hlm. 98–112, 2021.
- [17] K. Ashwini, A. Raj, dan M. Gupta, "Performance assessment and orientation optimization of 100 kWp grid connected solar PV system in Indian scenario," dalam *2016 International Conference on Recent*





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Advances and Innovations in Engineering, ICRAIE 2016*, 2016. doi: 10.1109/ICRAIE.2016.7939505.
- [18] A. A. Jimoh, T. O. Olowu, and J. O. Ojo, "Performance Assessment of Installed Solar PV System: A Case Study of Oke-Agunla in Nigeria," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 11, no. 07, pp. 1–6, Jul. 2022.
- [19] Solargis, "Global Solar Atlas — Cirata Site Info, 2025".
- [20] N. A. Ludin, N. H. Hamid, M. M. Junedi, et al., "Environmental and economic performance assessment of integrated conventional solar photovoltaic and agrophotovoltaic systems," *Renew. Sust. Energy Rev.*, vol. 165, p. 112898, 2022.
- [21] D. Etongo, T. E. Epule, A. Bandara, et al., "Expert elicitations of smallholder agroforestry practices in Seychelles: A SWOT-AHP analysis," *Reg. Sustain.*, vol. 4, no. 2, p. 100154, 2023.
- [22] A. Weselek, A. Ehmann, S. Zikeli, et al., "Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review," *Agron. Sustain. Dev.*, vol. 39, no. 4, pp. 1–20, 2019.
- [23] C. Vannucchi, "Indonesian Rural Electrification: What is the most sustainable solution?" Master Thesis, Uppsala Univ., 2021.
- [24] A. Huda, I. Kurniawan, K. F. Purba, and R. Ichwani, "Techno-economic assessment of residential and farm-based photovoltaic systems in Indonesia," *Renew. Energy*, vol. 219, art. 118035, 2024.
- [25] D. C. Jordan and S. R. Kurtz, "Photovoltaic Degradation Rates—An Analytical Review," *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 21, no. 1, pp. 12–29, Jan. 2013.
- [26] C. Koutroulis and F. Blaabjerg, "Design optimisation of transformerless grid-connected PV inverters including reliability," *IET Power Electronics*, vol. 5, no. 8, pp. 1491–1499, Nov. 2012.
- [27] I. Kabir, A. Al Mansur, A. Basak, et al., "Mismatch Power Losses Minimization in PV Array Under New and Old Conditions Using Module Rearrangement Techniques," *IEEE Symposium on Technologies for Industry 5.0 (STI)*, 2024.
- [28] E. Román, R. Alonso, P. Ibañez, S. Elorduizaparietxe, dan D. Goitia, "Intelligent PV module for grid-connected PV systems," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 53, no. 4, hlm. 1066–1073, 2006, doi: 10.1109/TIE.2006.878327.
- [29] I. Renewable Energy Agency, "Renewable Power Generation Costs in 2021 - Executive Summary," 2021, *IRENA, Abu Dhabi*.
- [30] R. Hakim, *Modular Central Inverter: Solusi Efisiensi untuk PLTS Skala Besar*. Bandung: ITB Press, 2020.
- [31] R. Musyafiq, H. Satria, dan A. Rahman, "Analisis Efisiensi PLTS Ground-Mounted: Studi Kasus PLTS Skala Utilitas," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 11, no. 2, hlm. 50–65, 2023.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [32] D. A. Safitra, "PENILAIAN MASSAL Teori, Implementasi, dan Tantangan di Indonesia," *Jurnal Infrastruktur dan Energi Berkelanjutan*, vol. 5, no. 1, hlm. 30–45, 2022.
- [33] R. P. Aji, A. Hidayat, dan A. Maulana, "Performance Ratio dan Analisis Yield pada Sistem PLTS di Indonesia," *Jurnal Teknologi Energi*, vol. 8, no. 1, hlm. 33–47, 2022.
- [34] N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo, dan M. Vitelli, "Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 20, no. 4, hlm. 963–973, 2005, doi: 10.1109/TPEL.2005.850975.
- [35] Dr. C. Senthilkumar dan C. Dr. S. Packiaraji, *Fundamentals Of Financial Management*, 15th ed. Boston, MA: Cengage Learning, 2024. doi: 10.59646/ffm/152.
- [36] R. Fardhan, "Implementasi Kebijakan Net Metering dalam Pengembangan PLTS Atap di Indonesia," *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Energi*, vol. 6, no. 3, hlm. 55–70, 2022.
- [37] IEEE Transactions on Sustainable Energy, "Implementation of Power Optimizers in Degraded PV Systems," *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 14, no. 3, hlm. 256–270, 2023.
- [38] M. A. Green dkk., "Corrigendum to: A bottom-up cost analysis of silicon–perovskite tandem photovoltaics (Progress in Photovoltaics: Research and Applications, (2021), 29, 3, (401–413), 10.1002/pip.3354)," *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 30, no. 2, hlm. 203, 2022, doi: 10.1002/pip.3496.
- [39] P. A. A. Pramana, B. B. S. D. A. Harsono, dan K. G. H. Mangunkusumo, "Revitalisasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Sistem Microgrid Pulau Tomia," *Jurnal Teknologi Energi*, 2025.
- [40] L.-A. El-Leathey, A. Nedelcu, R.-A. Chihaiia, G. Oprina, S. Nicolaie, dan D. Marin, "Efficiency Assessment of an Urban Area Grid Connected PV Power Plant," *Energies*, 2024.
- [41] I. G. A. D. Sasmita, I. A. D. Giriantari, dan I. N. S. Kumara, "Revitalisasi PLTS Off-Grid 15 kWp Desa Datah Sebagai Catu Daya Pompa Air Pedesaan," *Jurnal Energi dan Pembangunan Berkelanjutan*, 2025.
- [42] M. Al Heib, "Assessment of Advantages and Limitations of Installing PV on Abandoned Dumps," *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 2023.
- [43] I. M. A. Adiaksa, I. W. Suastawa, I. W. S. Wibawa, dan M. A. S. Wibawa, "Revitalisasi Sistem Penerangan Jalan Instalasi Lampu Penerangan Jalan Tenaga Surya Untuk Pemberdayaan Kegiatan Masyarakat Banjar Jeroan Patemon Singaraja," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Energi Terbarukan*, 2024.





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [44] N. Nader, W. Al-Kouz, dan S. Al-Dahidi, "Assessment of Existing Photovoltaic System with Cooling and Cleaning System: Case Study at Al-Khobar City," *International Journal of Renewable Energy Research*, 2024.
- [45] K. Ashwini, A. Raj, dan M. Gupta, "Performance Assessment and Orientation Optimization of 100 kWp Grid Connected Solar PV System in Indian Scenario," *Solar Energy*, 2023.
- [46] A. Kaddour, L. Benmebrouk, S. A. Bekkouche, B. Benyoucef, S. Bezari, dan R. Khenniche, "Improvement of the Stand-Alone PV System Performance by PVSYST Software," *Journal of Energy Systems*, 2023.
- [47] O. S. Ismail, O. O. Ajide, dan F. Akingbesote, "Performance Assessment of Installed Solar PV System: A Case Study of Oke-Agunla in Nigeria," *African Journal of Renewable Energy*, 2023.





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP**



1. Nama Lengkap : Andika Maulana Yunus
2. NIM : 2102321007
3. Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 2 Juni 2003
4. Jenis Kelamin : Laki Laki
5. Alamat : Jl. Melati VIII Blok CF/3, Jatisari, Jatiasih, Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat 17426
6. Email : [andika.maulana.yunus.tm21@mhs.wpnj.ac.id](mailto:andika.maulana.yunus.tm21@mhs.wpnj.ac.id)
7. Nomor HP : 0813-8909-5720
8. Pendidikan :
  - a. SD : SD LABS SCHOOL KAIZEN
  - b. SMP : SMP NEGERI 9 KOTA BEKASI
  - c. SMA : SMA NEGERI 2 GUNUNG PUTRI
9. Program Studi : Sarjana Terapan - Teknologi Rekayasa Konversi Energi
10. Bidang Peminatan : *Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*
11. Tempat Penelitian : PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Cirata, PLTS 3 kWp Agroforestry Cirata



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LAMPIRAN

### L.1 Dokumentasi PLTS Agroforestry 3 kWp





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

L.1 Dokumentasi pengambilan data PLTS Agroforestry 3 kWp





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

