



© 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 Kinerja PLTS Atap On Grid pada Gedung Administrasi

PT PLN Indonesia Power UBP Jateng 2 Adipala



**RENEWABLE SKILL DEVELOPMENT PROGRAM**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**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

### CAPSTONE PROJECT

Evaluasi Kinerja PLTS Atap On Grid pada Gedung Administrasi

PT PLN Indonesia Power UBP Jateng 2 Adipala

Oleh :

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| Afrizal Fajar Baskoro | 2402432011 |
| Lanang Kusumo         | 2402432006 |
| Tri Nur Aji HS        | 2402432002 |
| Yosafat T. Silaban    | 2402432020 |

Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Teknologi Konversi Energi

Capstone Project telah disetujui oleh coach

Coach

Yuli Mafendro D. E. S.Pd., M.T.  
NIP. 199403092019031013

Coach 2

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

Kepala Program Studi

Sarjana Terapan Rekayasa Teknologi Konversi Energi

Yuli Mafendro D. E. 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

### CAPSTONE PROJECT

#### Evaluasi Kinerja PLTS Atap On Grid pada Gedung Administrasi

#### PT PLN Indonesia Power UBP Jateng 2 Adipala

Oleh :

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| Afrizal Fajar Baskoro | 2402432011 |
| Lanang Kusumo         | 2402432006 |
| Tri Nur Aji HS        | 2402432002 |
| Yosafat T. Silaban    | 2402432020 |

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang *capstone project* dihadapan Dewan Penguji pada tanggal 24 Juli 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  | Ir., Benhur Nainggolan, M.T.    | Penguji 1      |              | 31/7/2025 |
| 2  | Dr., Paulus Sukusno, S.T., M.T. | Penguji 2      |              | 31/7 2025 |

Depok, 31/7/2025

Disahkan Oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir., Muslîmin, 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama : Afrizal Fajar Baskoro  
NIM : 2402432011  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Konversi Energi
2. Nama : Lanang Kusumo  
NIM : 2402432006  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Konversi Energi
3. Nama : Tri Nur Aji HS  
NIM : 2402432002  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Konversi Energi
4. Nama : Yosafat T. Silaban  
NIM : 2402432020  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam laporan Capstone Project ini adalah hasil karya kami sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik Sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Capstone project telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini kami buat dengan sebenar – benarnya .

Depok, 31 Juli 2025

Afrizal Fajar Baskoro  
2402432011

Lanang Kusumo  
2402432006

  

Tri Nur Aji HS  
2402432002

Yosafat T. Silaban  
2402432020



**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

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa atas Rahmat dan karunia-Nya membuat Capstone project kami yang berjudul “Evaluasi Kinerja PLTS Atap On Grid pada Gedung Administrasi PT PLN Indonesia Power UBP Jateng 2 Adipala” dapat kami selesaikan sesuai waktu yang di berikan.

Capstone Project kami bertujuan mengevaluasi kinerja sistem PLTS On Grid pada roof top Gedung administrasi PT PLN Indonesia Power UBP Jateng 2 Adipala. Hasil Analisa kami diharapkan dapat memberikan Gambaran kinerja sistem PLTS yang sudah terpasang serta memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat lebih efisien dan meingkatkan keluaran daya yang dihasilkan, serta memberikan Gambaran untuk pemasangan PLTS atap untuk project lanjutan pada atap Gedung Balance Of Plant pada masa mendatang.

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada bapak Agung Prasetyo selaku klien dan manager enjinereng PT PLN Indonesia Power UBP Jateng 2 Adipala yang telah memberikan dukungan kepada kami. Kami mengucapkan terima kasih kepada bapak Yuli Mafendro D. E. S,Pd., M.T. dan bapak Dr. Eng. Ir., Muslimin, S.T., M.T., IWE selaku pembimbing kami dalam capstone project yang telah memberikan bimbingan dan arahan sehingga capstone project ini dapat terselesaikan.

Kami menyadari bahwa capstone project kami tidak lah sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran sangat kami harapkan untuk perbaikan kedepannya.

Depok , 2025

Tim Penulis



## RANGKUMAN EKSEKUTIF

Krisis energi menjadi masalah serius mengingat cadangan energi fosil yang tersedia semakin menipis. PT PLN Indonesia Power UBP Jateng 2 Adipala sesuai Rencana Umum Energi Nasional telah membangun PLTS rooftop di gedung Administrasi. Berjalannya waktu dan kebutuhan energi yang semakin meningkat maka kedepannya diperlukan pembangunan PLTS lagi untuk mendukung bauran energi terbarukan. Casptone project ini bertujuan mengevaluasi PLTS rooftop yang sudah eksisting dengan tujuan mendapatkan kajian teknis untuk pengoptimalan PLTS yang sudah ada dengan cara perubahan sudut dan penambahan optimizer serta menjadi acuan pembangunan PLTS lagi dimasa depan di lingkungan PT PLN Indonesia Power UBP Jateng 2 Adipala. Capstone Project ini menggunakan metode kuantitatif yaitu mengumpulkan data dan melakukan perhitungan secara teori dan melakukan simulasi dengan software Pvsyst. Kebersihan panel surya terbukti mempengaruhi efisiensi yang berakibat penurunan daya listrik yang dibangkitkan. Sampel data pada tanggal 19 Mei 2025 sampai 2 Juni 2025 menunjukan cleaning yang dilakukan pada tanggal 26 Mei 2025 mampu meningkatkan daya listrik yang dibangkitkan, dari 3222.6 kWh menjadi 3796.3 kWh. Hal ini berarti pada periode pengambilan data soiling debu mengakibatkan penurunan daya sebesar 17.8%. Simulasi dan perhitungan didapat bahwa perubahan sudut panel surya dari 3° dirubah menjadi 12° mampu meningkatkan produksi dari 191773 kWh/tahun menjadi 192869 kWh/tahun, sedangkan jika pada sudut 12° ditambah optimizer maka produksi meningkat menjadi 196370 kWh/ tahun. Nilai peningkatan pada produksi ternyata tidak diimbangi kenaikan faktor-faktor kelayakan investasi, dikarenakan adanya penambahan modal untuk merubah sudut serta penambahan optimizer. Profitability Index menunjukan nilai PV 3° memiliki nilai tertinggi. Nilai PI untuk masing-masing perubahan antara lain PV 3° 1.41 ; PV 12° 1.369 ; PV 12° dan Optimizer 0.819. Nilai dibawah 1 menunjukan tidak menguntungkan. PV 12° memiliki PI sedikit lebih kecil tetapi memiliki sudut kemiringan yang lebih tinggi sehingga memiliki keuntungan memperlancar air hujan sehingga menghindari sedimentasi serta membuat debu relatif lebih tidak menumpuk, sehingga perlu dipertimbangkan. Untuk pembangunan PLTS kedepannya disarankan menggunakan sudut kemiringan 12° sehingga jika pembuatan dari awal menggunakan sudut 12° maka biaya perubahan sudut bisa diabaikan dan dikarenakan nilai produksinya lebih besar maka secara ekonomi akan lebih menguntungkan.

### 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



**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 JUDUL.....                                        | i   |
| HALAMAN PERSETUJUAN.....                                  | ii  |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                                   | ii  |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....                      | iv  |
| KATA PENGANTAR .....                                      | v   |
| RANGKUMAN EKSEKUTIF.....                                  | vi  |
| DAFTAR ISI.....                                           | vii |
| DAFTAR GAMBAR .....                                       | ix  |
| DAFTAR TABEL .....                                        | xi  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                   | 1   |
| 1.1. Latar Belakang .....                                 | 1   |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                                | 3   |
| 1.3. Batasan Masalah.....                                 | 3   |
| 1.4. Tujuan Capstone Project .....                        | 4   |
| 1.5. Manfaat Capstone Project .....                       | 4   |
| 1.6. Timeline Pelaksanaan Capstone Project .....          | 5   |
| BAB II DESKRIPSI SITUASI AWAL .....                       | 6   |
| 2.1. Tipe dan Lokasi Kerja.....                           | 6   |
| 2.2. Sistem Panel Surya Rooftop yang terpasang .....      | 9   |
| 2.3. Peralatan Yang Terpasang.....                        | 10  |
| BAB III METODOLOGI.....                                   | 15  |
| 3.1. Diagram Alir .....                                   | 15  |
| 3.2. Tinjauan Pustaka .....                               | 17  |
| 3.2.1. Iradiasi Matahari .....                            | 17  |
| 3.2.2. PLTS .....                                         | 18  |
| 3.2.3. Komponen Utama PLTS .....                          | 22  |
| 3.2.4. Komponen Pendukung PLTS.....                       | 25  |
| 3.2.5. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja PLTS ..... | 29  |



**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

|                                   |                                                                   |    |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.6.                            | Analisa Performa PLTS .....                                       | 40 |
| 3.2.7.                            | Sistem Investasi.....                                             | 41 |
| 3.2.8.                            | Software PvSyst 8.0 .....                                         | 43 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... |                                                                   | 45 |
| 4.1.                              | Sistem PLTS Yang Terpasang Pada Gedung ADB .....                  | 45 |
| 4.2.                              | Panel Surya Yang Terpasang Pada Gedung ADB .....                  | 45 |
| 4.3.                              | Data Iradiasi Pada Gedung ADB .....                               | 45 |
| 4.4.                              | Proteksi Surge Arrester .....                                     | 45 |
| 4.5.                              | <i>Grounding</i> .....                                            | 47 |
| 4.6.                              | Analisa Pengaruh Soiling Debu Terhadap Produksi Energi PLTS ..... | 47 |
| 4.6.1.                            | Analisa Pada Panel Surya.....                                     | 47 |
| 4.6.2.                            | Analisa Efisiensi Panel.....                                      | 48 |
| 4.6.3.                            | Pengaruh Soiling Debu Terhadap Daya Keluaran .....                | 48 |
| 4.7.                              | Perhitungan Kemiringan .....                                      | 50 |
| 4.8.                              | Simulasi PVSyst.....                                              | 54 |
| 4.9.                              | Simulasi Penggunaan Optimizer .....                               | 55 |
| 4.10.                             | Kajian Kelayakan Ekonomi Perubahan Sudut .....                    | 58 |
| 4.11.                             | <i>Risk Management</i> .....                                      | 68 |
| 4.12.                             | <i>Stakeholder Management</i> .....                               | 69 |
| REKOMENDASI.....                  |                                                                   | 73 |
| DAFTAR PUSTAKA .....              |                                                                   | 75 |
| LAMPIRAN.....                     |                                                                   | 78 |



**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 Lokasi PLTS rooftop.....                         | 6  |
| Gambar 2.2 Posisi panel surya di atas rooftop.....          | 7  |
| Gambar 2.3 drawing dudukan panel surya tampak samping. .... | 7  |
| Gambar 2.4 Sedimentasi pada panel surya .....               | 8  |
| Gambar 2.5 Client Capstone Project.....                     | 8  |
| Gambar 2.6 Wiring diagram Panel surya PLTS Rooftop. ....    | 9  |
| Gambar 2.7 Konfigurasi System PLTS Rooftop .....            | 10 |
| Gambar 2.8 Inverter On grid.....                            | 12 |
| Gambar 2.9 Susunan Inverter.....                            | 13 |
| Gambar 2.10 Kabel PV .....                                  | 14 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir .....                               | 15 |
| Gambar 3.2 Macam-macam radiasi .....                        | 17 |
| Gambar 3.3 Contoh pemasangan PLTS Atap .....                | 19 |
| Gambar 3.4 Contoh pemasangan PLTS Ground-mounted .....      | 19 |
| Gambar 3.5 PLTS Terapung / Floating Cirata.....             | 20 |
| Gambar 3.6 Diagram PLTS On-grid.....                        | 21 |
| Gambar 3.7 Diagram PLTS Off-grid .....                      | 21 |
| Gambar 3.8 Struktur dasar sel surya .....                   | 22 |
| Gambar 3.9 Perbedaan sel, modul dan array.....              | 23 |
| Gambar 3.10 Panel Surya Monokristalin.....                  | 23 |
| Gambar 3.11 Panel Surya Polikristalin .....                 | 24 |
| Gambar 3.12 Panel Surya Thin Film Photovoltaic .....        | 25 |
| Gambar 3.13 Inverter on-grid 3 Phase.....                   | 25 |
| Gambar 3.14 Kabel Power .....                               | 26 |
| Gambar 3.15 Panel Combiner Box .....                        | 26 |
| Gambar 3.16 Busbar.....                                     | 27 |
| Gambar 3.17 (a) MCB AC (b) MCB DC.....                      | 28 |
| Gambar 3.18 Powermeter.....                                 | 28 |
| Gambar 3.19 Surge Arester.....                              | 29 |
| Gambar 3.20 Grounding.....                                  | 29 |
| Gambar 3.21 Sudut-Sudut Matahari .....                      | 30 |
| Gambar 3.22 Sudut Deklinasi .....                           | 31 |
| Gambar 3.23 Waktu Puncak Matahari .....                     | 32 |
| Gambar 3.24 Sudut Zenith.....                               | 32 |
| Gambar 3.25 Sudut Azimuth .....                             | 33 |



**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 3.26 Sudut Kemiringan .....                                           | 33 |
| Gambar 3.27 Hubungan Intensitas Cahaya Matahari dan Kurva I-V .....          | 34 |
| Gambar 3.28 Hubungan Intensitas Cahaya Matahari dan Kurva P-V .....          | 34 |
| Gambar 3.29 Kegiatan Cleaning Panel Surya PLTS .....                         | 37 |
| Gambar 3.30 Segitiga Daya .....                                              | 38 |
| Gambar 4.1 Single Line Diagram surge arrester.....                           | 46 |
| Gambar 4.2 Grounding Gedung ADB .....                                        | 47 |
| Gambar 4.3 (a) Panel sebelum dibersihkan (b) Panel setelah dibersihkan ..... | 48 |
| Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Efisiensi Panel Dengan Daya.....              | 49 |
| Gambar 4.5 Grafik sudut deklinasi, sudut latitude gedung ADB .....           | 51 |
| Gambar 4.6 PV Optimizer Tigo .....                                           | 55 |
| Gambar 4.7 Grafik Produksi Optimasi 1 PLTS bulanan .....                     | 56 |
| Gambar 4.8 Grafik Produksi Optimasi 1 PLTS Performance Rasio.....            | 57 |
| Gambar 4.9 Grafik Produksi Optimasi 2 PLTS bulanan .....                     | 57 |
| Gambar 4.10 Grafik Produksi Optimasi 2 Performance Rasio .....               | 57 |
| Gambar 4.11 Grafik Produksi Optimasi 2 Performance Rasio .....               | 58 |
| Gambar 4.12 Grafik Produksi Optimasi 2 Performance Rasio .....               | 58 |
| Gambar 4.13 Grafik Pay Back Period PLTS PV 3° .....                          | 63 |
| Gambar 4.14 Grafik Pay Back Period PLTS PV 12° .....                         | 64 |
| Gambar 4.15 Grafik Pay Back Period PLTS PV 12° .....                         | 64 |
| Gambar 4.16 NPV PLTS .....                                                   | 66 |
| Gambar 4.17 Grafik Peta Resiko .....                                         | 69 |
| Gambar 4.18 Matrix Stakeholder .....                                         | 72 |



**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 TABEL

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. 1 Timeline Capstone Project .....                                      | 5  |
| Tabel 2.1 Spesifikasi Panel Surya .....                                         | 11 |
| Tabel 4. 1 Data Keluaran Panel Sebelum dan Setelah Dibersihkan.....             | 49 |
| Tabel 4.2 Sudut Deklinasi dalam 1 tahun .....                                   | 51 |
| Tabel 4.3 Sudut jam 10.00-14.00 .....                                           | 52 |
| Tabel 4.4 Sudut Zenith jam 10.00 – 14.00 pada tanggal 1 mei 2025.....           | 52 |
| Tabel 4.5 Sudut Azimuth jam 10.00 – 14.00 tanggal 1 mei 2025.....               | 53 |
| Tabel 4.6 Sudut Kemiringa jam 10.00-14.00 pada tanggal 1 mei 2025.....          | 53 |
| Tabel 4.7 Sudut Kemiringan pada jam 10.00-14.00 selama 1 tahun .....            | 54 |
| Tabel 4.8 Perbandingan produksi PV dengan variasi sudut menggunakan PVSyst 8.0. | 55 |
| Tabel 4.9 Hasil Simulasi Optimizer .....                                        | 56 |
| Tabel 4.10 Rencana Anggaran Biaya Perubahan Sudut.....                          | 59 |
| Tabel 4.11 Rencana Anggaran Biaya Penambahan Optimizer .....                    | 59 |
| Tabel 4.12 Arus kas PV sudut 3° .....                                           | 60 |
| Tabel 4.13 Arus Kas PV sudut 12° .....                                          | 61 |
| Tabel 4.14 Arus Kas dengan PV 12° dan optimizer.....                            | 62 |
| Tabel 4.15 Kumulatif cash flow PV 3,3° .....                                    | 63 |
| Tabel 4.16 Kumulatif cash flow PV 12° .....                                     | 63 |
| Tabel 4.17 Kumulatif cash flow PV 12° dan optimizer .....                       | 64 |
| Tabel 4.18 Analisa Resiko .....                                                 | 68 |
| Tabel 4.19 Stakeholder Register .....                                           | 70 |
| Tabel 4.20 Stakeholder Anlisis .....                                            | 71 |



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 I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Krisis energi menjadi masalah serius mengingat cadangan energi fosil yang tersedia semakin menipis. Masalah tersebut menjadikan manusia saling berlomba untuk mencari sumber energi alternatif. Perkembangan teknologi tentang sumber energi alternatif seiring dengan berkembangnya perhatian masyarakat akan isu-isu lingkungan, maka *Renewable Energy* telah banyak digunakan. Beberapa teknologi telah diterapkan dengan berbagai sumber energi terbarukan diantaranya energi surya, energi angin, pikro hidro, dan biomasa[1]. Visi pengelolaan energi global kedepannya diarahkan pada koridor pengurangan emisi seperti peningkatan kapasitas dan utilisasi pembangkit Energi Baru Terbarukan (EBT), pengurangan penggunaan sumber energi fosil di semua sektor dan penggunaan kendaraan listrik[2]. Peningkatan kompetensi baik dari sisi pengembang maupun pemeliharaan merupakan bekal perusahaan PT. PLN Indonesia Power dalam mempersiapkan transformasi energi yang akan datang. Hal ini akan menjadi kurva pembelajaran dan modal untuk semakin siap menghadapi perubahan yang terjadi dan tumbuh berkelanjutan.

Sinar matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dapat memproduksi kebutuhan listrik masyarakat[3]. PLTS muncul sebagai solusi yang menjanjikan di tengah meningkatnya permintaan energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. PT PLN Indonesia Power UBP Adipala mengimplementasikan PLTS di beberapa gedung untuk menyuplai pemakaian sendiri, salah satunya *Administration Building* (ADB). PLTS yang terpasang pada gedung ADB menggunakan sistem PLTS *On-grid*.

Dalam pengoperasian PLTS, terdapat beberapa kendala yang dapat mempengaruhi efisiensi, diantaranya sudut kemiringan, arah hadap panel surya, rugi- rugi kabel dan *soiling* debu. Studi menunjukkan bahwa orientasi dan sudut pemasangan solar panel di UPDL Makasar dapat mempengaruhi kinerja PLTS, menghasilkan penurunan energi mencapai 7% [4]. Kemudian Orientasi dan sudut kemiringan berpengaruh terhadap performa panel surya di Kampus Institut Teknologi Padang dimana optimumnya adalah 14° [5]. Dalam penelitian lain di daerah Tangerang dan Lumajang dipelajari bagaimana mengoptimalkan sudut



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

pemasangan PLTS dapat meningkatkan performa pembangkit[6]. Letak geografis pemasangan panel surya sangat menentukan dalam memaksimalkan arah hadap dan sudut kemiringan panel surya. Sehingga penentuan arah hadap dan sudut kemiringan panel surya berbeda- beda. PLTS Atap Gedung ADB PLTU Adipala yang terletak pada koordinat  $7^{\circ}40'54.5''\text{LS } 109^{\circ}08'10.5''\text{LT}$  dijadikan tempat penelitian sesuai dengan permintaan klien. Sebelumnya belum ada yang melakukan pengambilan data tentang penentuan arah hadap dan sudut kemiringan panel surya yang optimal untuk pemasangan panel surya di wilayah PLTU Adipala.

Tidak hanya arah hadap dan kemiringan panel surya yang menentukan daya yang dihasilkan oleh PLTS. Besar daya yang dihasilkan PLTS juga dipengaruhi oleh rugi-rugi daya yang disebabkan oleh kabel. Hal ini juga di buktikan dalam penelitian yang dilakukan sebelumnya. pada penelitian yang dilakukan di PT Medan Sugar Industry menunjukkan kerugian daya disebabkan oleh saluran yang cukup panjang dan beban yang cukup besar sehingga dalam penyaluran daya listrik mengalami susut tegangan (*drop voltage*) sepanjang saluran dilalui[7]. Penelitian lainnya di PT BEV di daerah Sei Ladi, Kecamatan Sekupang, Batam, menunjukkan bahwa perbedaan lokasi *Main Distribution Panel* (MDP) menghasilkan nilai rugi-rugi daya yang berbeda[8].

Selain faktor yang telah disebutkan diatas, faktor lain yang mempengaruhi performa dari panel surya adalah akumulasi debu yang menempel pada permukaan panel surya. Debu yang menempel pada panel surya menghalangi sinar matahari untuk dapat diterima dan dikonversi menjadi energi listrik. Hal ini tentunya berdampak pada penurunan daya keluaran dari panel surya[9]. Pada studi yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa efek akumulasi debu pada modul surya menyebabkan kehilangan keluaran daya sebesar 28% pada kondisi 60 hari tanpa dilakukan kegiatan *cleaning* [10].

*Capstone project* ini bertujuan dari segi teknis untuk menganalisa kinerja panel surya yang lebih optimal pada Gedung ADB PLTU Adipala berdasarkan sudut kemiringan dan arah hadap panel surya, rugi-rugi kabel dan *shading* debu. Tujuan non- teknis dari *capstone project* membandingkan biaya investasi sendiri dengan biaya listrik yang sudah dihasilkan selama ini menggunakan metode NPV, IRR, dan *payback period* untuk mengetahui apakah hasil keuntungan dari PLTS atap sudah sesuai target . Kami akan melakukan analisa dengan menggunakan metode kuantitatif yaitu mengumpulkan data dan melakukan perhitungan



**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

secara teori kemudian dibandingkan dengan hasil dari simulasi menggunakan *Software* Pvsyst 8.0 untuk mengevaluasi bagaimana variasi sudut, jenis kabel dan shading debu dapat mempengaruhi produksi energi listrik pada PLTS. Analisis ini juga akan memberikan wawasan yang berharga untuk merancang instalasi panel surya yang lebih optimal, efisien dan menguntungkan serta dapat diandalkan pada lingkungan PT PLN Indonesia Power UBP Adipala.

### 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada capstone project ini adalah :

1. Sudut kemiringan dan arah hadap panel surya yang paling optimal untuk dipasang di *rooftop* gedung ADB
2. Pengaruh *soiling* debu pada kinerja panel surya di *rooftop* gedung ADB
3. Perhitungan nilai kelayakan ekonomi atas terjadinya perubahan sudut panel surya di PLTS *rooftop* gedung ADB
4. Pengaruh optimizer pada keluaran daya PLTS *rooftop* gedung ADB.

### 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pembahasan capstone project ini adalah :

1. Fokus *project* adalah mengevaluasi PLTS *rooftop* Gedung Administration Building PT. PLN Indonesia Power UBP Adipala.
2. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah PLTS *On-Grid*.
3. Analisa sudut kemiringan dan arah hadap panel surya fokus terhadap letak geografis.
4. Analisa *soiling* debu fokus pada perbandingan jumlah daya keluaran panel sebelum dan setelah cleaning serta persentase penurunan daya akibat *soiling* debu.
5. Analisa ekonomi difokuskan pada perbandingan nilai investasi awal dan penambahan modal yang terjadi untuk biaya perancangan perubahan sudut PLTS serta nilai produksi yang didapat atas perubahan sudut PLTS pada gedung ADB.



**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

#### 1.4. Tujuan Capstone Project

Tujuan dalam melaksanakan capstone project ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan sudut kemiringan dan arah hadap panel surya yang paling optimal untuk pemasangan PLTS di PLTU Jateng 2 Adipala.
2. Mengetahui pengaruh *soiling* debu terhadap daya keluaran panel dan bagaimana mengatasi *soiling* debu.
3. Menentukan kelayakan pelaksanaan perubahan sudut panel surya di PLTS *rooftop* gedung ADB secara ekonomi.
4. Mengetahui pengaruh pemasangan optimizer pada PLTS *rooftop* gedung ADB terhadap daya keluaran PLTS.

#### 1.5. Manfaat Capstone Project

Manfaat dari capstone project ini adalah :

##### A. Bagi Mahasiswa

1. Didapat sudut yang optimal PV untuk pembangunan PLTS diarea PLTU Jateng 2 Adipala.
2. Mampu mengidentifikasi pegraruh *soiling* pada kinerja PLTS
3. Dapat menggambarkan kelayakan ekonomi suatu project perubahan sudut panel surya.
4. Dapat menggambarkan pengaruh optimizer yang dipasang pada PLTS

##### B. Bagi Klien

1. Mendapatkan rekomendasi berupa kajian teknis, ekonomi, dan lingkungan yang dapat digunakan untuk perbaikan berkesinambungan pada PLTS yang digunakan untuk kebutuhan listrik gedung administrasi PLTU Adipala.
2. Mendukung program pemerintah mengenai pemakaian energi baru terbarukan
3. Mendapat rekomendasi sudut pemasangan panel surya yang optimal untuk di terapkan pada project-project pembangunan PLTS diarea PLTU Jateng 2 Adipala



**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

C. Bagi Politeknik Negeri Jakarta

1. Sebagai sumber pembelajaran bagi Program Studi Teknik Konversi Energi terkait Energi Baru Terbarukan khususnya Pembangkitan Listrik Tenaga Surya.
2. Sebagai sarana untuk politeknik dalam menjalin komunikasi dan kerjasama dengan dunia industri.

**1.6. Timeline Pelaksanaan Capstone Project**

Tabel 1. 1 Timeline Capstone Project

| Tahun                                                         | 2025  |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
|---------------------------------------------------------------|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-----|---|---|---|------|---|---|---|
| Bulan                                                         | Maret |   |   |   | April |   |   |   | Mei |   |   |   | Juni |   |   |   |
| Minggu                                                        | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1   | 2 | 3 | 4 | 1    | 2 | 3 | 4 |
| Deskripsi Pekerjaan                                           |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| Milestone Project - start                                     | M     |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| Diskusi dengan client                                         |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| Survey kondisi awal PLTS                                      |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| Pembuatan Rencana kerja                                       |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| Diskusi dan project aggrement                                 |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| submit dan penandatanganan Project aggrement                  |       |   |   |   | M     |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| Pemeriksaan detail sudut panel                                |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| Simulasi detail rencana perubahan sudut                       |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| pembersihan panel surya dan pengambilan data pengaruh soiling |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| simulasi penggunaan Optimizer Panel surya                     |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| Perhitungan kelayakan ekonomi                                 |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| Presentasi dan diskusi ke client                              |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   | M    |   |   |   |
| Penyusunan laporan                                            |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| presentasi laporan ke client                                  |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   |   |
| penandatanganan laporan akhir project                         |       |   |   |   |       |   |   |   |     |   |   |   |      |   |   | M |

**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

## REKOMENDASI

Setelah melalui tahapan analisis capstone project maka kami merekomendasikan beberapa poin untuk mengoptimalkan kinerja PLTS yang sudah ada dan sebagai panduan untuk pengembangan PLTS selanjutnya di lingkungan PLTU Jateng 2 Adipala.

### 1) Analisa Soiling Debu

Berdasarkan analisa perhitungan nilai efisiensi, keluaran daya listrik serta iridiasi matahari yang ada di area cilacap dengan data yang kami peroleh dari BMKG Cilacap nilai iridiasi harian sebesar  $4,47 \text{ kWh/m}^2$ . Data diambil di periode 19 Mei 2025 – 2 Juni 2025. Terjadi penurunan daya output yang diakibatkan oleh debu sebesar 17.8%. Sehingga soiling debu terbukti membuat penurunan daya output PLTS.

Maka rekomendasi kami untuk klien antara lain :

- Penjadwalan pembersihan bisa dilakukan lebih singkat rentang waktunya yaitu 1 minggu sekali.
- Pembersihan dilakukan dipagi sebelum peak hour iridiasi (sebelum jam 10.00) atau bisa dilakukan di malam hari dimana panel surya dingin sehingga meminimalisir hotspot dan tidak mengganggu produksi listrik.

### 2) Analisa Sudut Panel Surya

Sudut kemiringan panel surya terpasang adalah  $3^\circ$  dan terindikasi adanya sedimentasi pada ujung panel surya yang mampu menjadi soiling dan mengurangi daya keluaran panel surya. Hasil perhitungan menunjukkan sudut untuk mendapatkan iridiasi matahari yang optimal adalah  $16,544^\circ$ . Dari simulasi didapat bahwa nilai sudut  $12^\circ$  menghasilkan produksi listrik paling tinggi sebesar 192869 kWh/ tahun dengan nilai Performance Ratio 85 %.

Dari hasil analisa ini maka rekomendasi kami ke klien antara lain :

- Desain PLTS baru yang optimal di PLTU Jateng 2 Adipala adalah  $12^\circ$ .
- Kemiringan PLTS yang sudah eksisting dapat diubah ke  $12^\circ$  dikarenakan menghasilkan produksi listrik yang lebih besar dengan mempertimbangkan kelayakan ekonomi pada pekerjaan modifikasi tersebut.

**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

- Kemiringan  $12^\circ$  memungkinkan air hujan dan debu bisa lebih mudah jatuh sehingga tidak berpotensi membuat soiling dan sedimentasi diatas panel surya.

### 3) Simulasi Penggunaan Optimizer PV

Simulasi dilakukan dengan merk TIGO type TS4-A-O dengan maximum output 700 W dan dipasang pada tiap panel surya. Hasil simulasi menunjukkan nilai produksi yang optimal pada sudut kemiringan  $12^\circ$  dengan nilai produksi sebesar 196370 kWh / tahun atau meningkat 2.4% dan Performance Ratio meningkat menjadi 86,52 % atau meningkat 1,52%.

Penggunaan Optimizer bisa menjadi pertimbangan klien karena mampu meningkatkan produksi listrik. Teknologi yang relatif baru menjadikan harga alat optimizer masih relatif tinggi yaitu Rp 1.472.500, 00 / Pcs.

### 4) Kajian Kelayakan Ekonomi

Hasil analisa kelayakan ekonomi yang dilakukan kepada PV dengan sudut  $3^\circ$ , PV dengan sudut  $12^\circ$  (dilakukan perubahan sudut), PV dengan sudut  $12^\circ$  dan penambahan Optimizer. Maka hasil dari masing - nilai PV antara lain :

- PV  $3^\circ$  nilai Arus kas bersih Rp 6.318.553.328,48 ; PBP 4,909 Tahun ; NPV Rp 1.859.611.984,44 ; IRR 21,93 % ; PI 1,41
- PV  $12^\circ$  nilai Arus kas bersih Rp 6.343.760.000,98 ; PBP 4,999 Tahun ; NPV Rp 1.844.405.241,94; IRR 21,55 % ; PI 1,369
- PV  $12^\circ$  dan Optimizer nilai Arus kas bersih Rp 6.288.076.017,76 ; PBP 6,433 Tahun ; NPV Rp 1.402.983.017,48; IRR 16,95 % ; PI 0,819

Dari hasil perhitungan diatas maka rekomendasi kami untuk klien antara lain :

- Prioritaskan desain PLTS dengan sudut  $12^\circ$  untuk pembangunan PLTS baru karena memiliki nilai produksi yang paling besar.
- Modifikasi sudut kemiringan panel surya yang sudah eksisting menjadi kurang menguntungkan jika dilihat secara ekonomi, tetapi nilainya tidak begitu signifikan. Jika klien ingin mendapat manfaat atas perubahan sudut masih layak dipertimbangkan.
- Tunda penambahan optimizer untuk saat ini, karena secara ekonomi memiliki nilai PI  $<1$  sehingga tidak menguntungkan secara ekonomi.



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. Hendrayana, "Simulasi Sistem Hibrid Pembangkit Energi Surya, Angin, dan Generator Untuk Mengoptimalkan Pemanfaatan Daya Energi Terbarukan," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, Vol.1, No.1, Feb.2017.
2. Setyono and B. F. T. Kiono, "Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, Oct.2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11157.
3. Dani and D. Erivianto, "Studi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Skala Rumah Tangga pada Daerah Bagan Deli Menggunakan Pvsyst," *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, vol. 3, no. 9, pp. 961–972, Sep. 2022, doi: 10.36418/jist.v3i9.496.
4. A. Mansur, "ANALISA KINERJA PLTS ON GRID 50 KWP AKIBAT EFEK BAYANGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYST," *Transmisi*, vol. 23, no. 1, pp. 28–33, Jan. 2021, doi: 10.14710/transmisi.23.1.28-33.
5. Khalilullah, S. Bandri, and A. Muhammad Nur Putra, "OPTIMASI SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI BERSIH PADA GEDUNG NZEB," vol. 5, [Online]. Available: <http://jurnal.ensiklopediaku.org>
6. B. N. Cahyadi, M. K. Anam, and M. Effendy, "MITOR: Jurnal Teknik Elektro MITOR: Jurnal Teknik Elektro Analisis Terpadu: Dampak Sudut Kemiringan dan Irradiance pada Performa dan Aspek Ekonomi Sistem PLTS On-Grid 319,4 kWp," 2023, doi: 10.23917/emiton.v22i2.22656.
7. I. P. Sidabutar, "ANALISA DROP TEGANGAN & RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI 6,3 kV MEDAN SUGAR INDUSTRY," Universitas Medan Area, Medan, 2017.
8. E. Prasetya, T. K. Wijaya, and M. Si, "ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN INSTALASI LISTRIK DI PT. BEV (BATAMINDO EXECUTIVE VILLAGE)," *Sigma Teknika*, vol. 3, no. 1, pp. 61–72.
9. Samsurizal, H. Husada, A. Makkulau, and Christiono, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Di Kecamatan Embaloh Hulu," Jakarta, 2020.
10. I. A. Fuadi, "STUDI PENGARUH POLUTAN TERHADAP KINERJA PV MODULE," Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya, 2018.
11. D. Haning and I. Akolani, "Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya-Bahan Pengajaran," 2020.
12. Presiden Republik Indonesia, Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional. Indonesia, 2017.



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

13. Agus Cahyono Adi, “Wujud Etalase Percepatan Transisi Energi, PLTS Terapung Cirata Bakal Resmi Beroperasi,” Jakarta, Nov. 2023. Accessed: Apr. 24, 2024. [Online]. Available: <https://ebtke.esdm.go.id/post/2023/11/08/3650/wujud.etalase.percepatan.transisi.energi.plts.terapung.cirata.bakal.resmi.beroperasi>
14. samsurizal, K. T. Mauriraya, M. Fikri, N. Pasra, and Christiono, Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Jakarta: INSTITUT TEKNOLOGI PLN, 2021.
15. G. Cook et al., “Photovoltaic Fundamentals (Revised),” 1990.
16. B. Hari Purwoto, E. Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif, M. F. Alimul, and I. Fahmi Huda, “EFISIENSI PENGGUNAAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF.”
17. M. Irsyam, M. Algusri, L. Pandapotan Marpaung, K. Kunci, and P. Lvmdp, “ANALISA RUGI-RUGI DAYA (LOSSES POWER) PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH PT. MUSIMMAS BATAM,” Sigma Teknika, vol. 6, no. 1, pp. 109–119, 2023.
18. A. Tanjung, L. Simanjuntak, U. Lancang Kuning, P. Studi Teknik Elektro, and F. Teknik, “Analisis Sistem Kelistrikan pada Pemakaian Daya di Laboratorium Central Plantation Services Pekanbaru,” vol. 2, no. 1, pp. 134–149, 2022.
19. A. Kurniawan and T. Arfianto, “Analisis Kondisi Arrester di Gardu Induk Ujung Berung PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Tengah.”
20. W. B. Pramono, Suyamto, and D. S. Prabowo, “PERANCANGAN GROUNDING UNTUK LABORATORIUM TEKNIK TEGANGAN TINGGI DI TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA,” Teknoin, vol. 22, pp. 01–08, 2016.
21. J. A. Duffie and W. A. Beckman, Solar engineering of thermal processes. Wiley, 2013.
22. A. Shaju and R. Chacko, “Soiling of photovoltaic modules- Review,” in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Institute of Physics Publishing, Aug. 2018. doi: 10.1088/1757-899X/396/1/012050.
23. S. Sandrawati, I. Nyoman Satya kumara, and I. Nyoman Setiawan, “Desember 2023 Syafiatun Sandrawati, I Nyoman Satya kumara, I Nyoman Setiawan 253.”
24. B. R. Julian, Muliadi, and Syukri, “Analisis Pengaruh Radiasi Matahari Dan Temperatur Terhadap Daya Keluaran Fotovoltaik Menggunakan SPSS,” AJEETECH, vol. 3, 2023.
25. M. Iqbal Arsyad, Z. Abidin, K. Kunci, J. Tegangan, R.-R. Daya, and R. Energi, “PERHITUNGAN RUGI-RUGI DAYA DAN ENERGI LISTRIK PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20 KV PT PLN (PERSERO) ULP NANGA PINOH.”



**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

26. I. Taufik Nasution and R. Nasution, "Analisis Perhitungan Kebutuhan Daya 3 Fasa Pada Rumah Mewah," 2021.
27. D. W. Teguh, P. Temperatur, and D. Teguh Wibowo dan Hafiz Ferdian, "Pengaruh Temperatur Terhadap Rugi-Rugi Daya pada Kawat Penghantar Aluminium," 2022.
28. "Photovoltaic system performance monitoring-Guidelines for measurement, data exchange and analysis."
29. N. Amelia Hutagalung, I. Nyoman Setiawan, and I. Wayan Sukerayasa, "ANALISIS UNJUK KERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP ON-GRID 463,25 kWp DI PERUSAHAAN FARMASI PADA KAWASAN PT JAKARTA INDUSTRIAL ESTATE PULOGADUNG, JAKARTA TIMUR," 2023.
30. T. Mardi and J. Putra, "PENGANTAR EKONOMI (Mikro Dan Makro)," 2022. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/372556465>
31. S. T. , M. T. Dr. Zainuri, EKONOMI TEKNIK, vol. Pertama. Padang: CV. Jasa Surya, 2021.
32. N. G. Mankiw, PRINCIPLES OF MICROECONOMICS. Harcourt Brace College Publishers.
33. Badan Standarisasi Nasional, PUIL 2011.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**