

**ANALISIS PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
(PLTS) DENGAN SISTEM *ON GRID* DI GEDUNG KANTOR PELABUHAN PT.  
PUPUK KALIMANTAN TIMUR**

**Wahyu Syahrir**

Program Studi Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Bontang Bontang

Email:

**Abstrak**

Sebagai salah satu upaya mendukung transisi energi dan mempertahankan predikat Green Port dibutuhkan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur. Dalam perancangan sistem PLTS, dibutuhkan analisis rancangan yang sesuai dengan kapasitas atap atau luasan area atap yang tersedia pada gedung dan potensi radiasi matahari pada lokasi tersebut. Tahapan yang dilakukan meliputi pemilihan sistem PLTS, pemilihan komponen PLTS, pembuatan rancangan PLTS menggunakan simulator HelioScope dan menghitung kelayakan investasi. Hasil Penelitian ini menunjukkan terdapat potensi produksi listrik sebesar 109,8 MWh pertahun dengan adanya pembangunan PLTS di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur. Desain instalasi PLTS yang sesuai berupa PLTS dengan sistem On Grid, yang terdiri dari 158 panel surya kapasitas 540 Wp (Seraphim 540 BMA HV) dan 1 buah inverter kapasitas 100 kW (SUN 200-100KTL-M1). Adapun Kapasitas terpasang PLTS sebesar 85,3 kWp dengan Performance Ratio 79,6% dan energi spesifik 1.286,8 kWh/kWp. Investasi pembangunan PLTS di gedung kantor pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur layak untuk dilaksanakan dengan nilai investasi sebesar Rp 872.515.500,- , IRR sebesar 11,18% ( $IRR > WACC$ ) dan NPV sebesar Rp 8.789.894,50 ( $NPV > 0$ ). Adapun estimasi pengembalian modal dapat dilakukan di tahun ke 7. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk desain dan perhitungan pemasangan PLTS di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur.

**Kata kunci:** Pembangkit Listrik Tenaga Surya, HelioScope, sistem On Grid, kelayakan investasi

**Abstract**

*To support the energy transition and maintain the Green Port title, it is necessary to design a Solar Power Plant (PLTS) in the PT Pupuk Kalimantan Timur Port Office Building. In designing a PLTS system, a design analysis is needed that is appropriate to the roof capacity or roof area available on the building and the potential for solar radiation at that location. The stages carried out include selecting a PLTS system, selecting PLTS components, creating a PLTS design using the HelioScope simulator, and calculating investment feasibility. The results of this research show that there is potential for electricity production of 109.8 MWh per year with the construction of PLTS in the PT*

<b>How to cite:</b>	Wahyu Syahrir (2024) Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem on Grid di Gedung Kantor Pelabuhan PT. Pupuk Kalimantan Timur, (6) 1, <a href="https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v6i1.2931">https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v6i1.2931</a>
<b>E-ISSN:</b>	2684-883X
<b>Published by:</b>	Ridwan Institute

*Pupuk Kalimantan Timur Port Office Building. The appropriate PLTS installation design is PLTS with an On-Grid system, consisting of 158 solar panels with a capacity of 540 Wp (Seraphim 540 BMA HV) and 1 inverter with a capacity of 100 kW (SUN 200–100KTL–M1). The installed capacity of PLTS is 85.3 kWp with a Performance Ratio of 79.6% and specific energy of 1,286.8 kWh/kWp. Investment in the construction of PLTS in the PT Pupuk Kalimantan Timur port office building is feasible with an investment value of IDR 872,515,500,-, IRR of 11.18% (IRR > WACC) and NPV of IDR 8,789,894.50 (NPV > 0). The estimated return on capital can be carried out in the 7th year. It is hoped that this research can be a reference for the design and calculation of installing PLTS in the PT Pupuk Kalimantan Timur Port Office Building.*

**Keywords:** Solar Power Plant, HelioScope, On-Grid system, investment feasibility

## PENDAHULUAN

International Renewable Agency (IRENA) mendefinisikan transisi energi sebagai jalan menuju transformasi energi global yang sebelumnya berbasis bahan bakar fosil menjadi energi hijau yang tidak menghasilkan karbon dan ramah lingkungan (Kompas, 2021), (Nugraha et al., 2024), (Dinata et al., 2023), (Tampubolon et al., 2020), (Wahyuni et al., 2023), (DEPAN, n.d.), (ASHARI, 2021).

Dalam paparan Pertamina yang dikutip dari data Kementerian ESDM, total potensi energi terbarukan di Indonesia hingga saat ini mencapai 417 GW, dimana 207,8 GW berasal dari tenaga surya.

Schneider Electric, pemimpin transformasi digital dalam pengelolaan energi dan otomasi, mengungkapkan peningkatan elektrifikasi dengan percepatan transisi energi bersih dari sumber energi terbarukan dan digitalisasi pengelolaan energi yang lebih cerdas. Dengan begitu pencapaian target pengurangan emisi karbon pemerintah Indonesia pada 2030 mendatang bisa terealisasi. Sektor industri sebagai tiga besar penyumbang gas rumah kaca (GRK) dapat menjadi motor penggerak bagi sektor lainnya untuk segera mengambil langkah proaktif menuju pembangunan ekonomi hijau dengan net-zero emission pada 2060 (Nugroho & Putro, 2023), (Nugroho & Putro, 2023).

PT Pupuk Kalimantan Timur berkomitmen menjalankan bisnis dan proses produksi yang memprioritaskan prinsip-prinsip Environmental, Social and Governance (ESG) sebagai pondasi utama perusahaan. Sebagai pelopor transformasi hijau di industri petrokimia, PT Pupuk Kalimantan Timur selalu berinisiatif memegang teguh prinsip ESG yang juga termasuk dalam peta jalan pertumbuhan perusahaan 40 tahun ke depan. Salah satunya adalah pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di area Kantor Pusat PT Pupuk Kalimantan Timur yang mampu menghasilkan energi bersih dan menekan emisi gas karbon secara optimal. Kemampuan PLTS dapat menghemat 20 hingga 30 persen kebutuhan energi PKT di area kantor pusat.

PT Pupuk Kalimantan Timur sebagai perusahaan pertama di Indonesia yang meraih Green Port Award sejak tahun 2019 hingga saat ini. PT Pupuk Kalimantan Timur terus berkomitmen meningkatkan tata kelola pelabuhan ramah lingkungan yang mengacu kepada Green Port Guideline dan Rating Tools. Standar ini telah menjadi pedoman PT Pupuk Kalimantan Timur sejak 2018, karena berkaitan dengan aktivitas ekspor yang

mewajibkan pelabuhan perusahaan memiliki standar Green Port yang diakui secara Internasional.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki dampak dan keberhasilan implementasi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) oleh PT Pupuk Kalimantan Timur dalam mendukung transisi energi di sektor industri petrokimia Indonesia. Dengan fokus pada prinsip-prinsip Environmental, Social, dan Governance (ESG), penelitian ini akan mengevaluasi kontribusi PLTS terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) dan efisiensi energi di area Kantor Pusat PT Pupuk Kalimantan Timur. Selain itu, penelitian ini akan mengukur dampak PLTS terhadap pencapaian target pengurangan emisi karbon yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia untuk tahun 2030. Implikasi dari penelitian ini mencakup potensi peningkatan keberlanjutan industri petrokimia, penciptaan model bisnis berkelanjutan, dan kontribusi positif terhadap upaya global untuk mencapai net-zero emission pada tahun 2060. Temuan penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga bagi industri sejenis, pemerintah, dan pemangku kepentingan lainnya yang tertarik dalam mengembangkan solusi berkelanjutan untuk mendukung transformasi energi.

## **METODE PENELITIAN**

Jenis penelitian ini bersifat kuantitatif, dimana data yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain luas atap Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur, potensi radiasi, kemiringan serta orientasi yang akan digunakan sebagai acuan analisis teknis, data panel surya dan inverter PLTS yang sebelumnya telah dibangun di area lain di PT Pupuk Kalimantan Timur. Selanjutnya data tersebut akan digunakan untuk menentukan konfigurasi panel surya dan simulasi *performance* PLTS serta menghitung kelayakan ekonomi proyek.

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan secara observasi maupun dengan studi literatur. Setelah mendapatkan data awal terkait dengan penelitian ini, selanjutnya dilakukan observasi lokasi ataupun objek yang dari penelitian ini. Sumber data yang di peroleh untuk mendukung penelitian ini dibagi menjadi dua yakni data primer dan data sekunder. Data tersebut diantaranya adalah data orientasi gedung untuk memastikan area yang dapat digunakan dalam analisis teknis perancangan pembangunan PLTS. Data ini meliputi luas atap, kemiringan atap, orientasi dan jenis atap. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari :

1. Studi literatur baik dari artikel, buku maupun penelitian terdahulu.
2. Informasi harga dari internet maupun supplier komponen PLTS
3. Wawancara dengan tim proyek PLTS yang sebelumnya telah dibangun di lingkungan PT Pupuk Kalimantan Timur.

Analisis perencanaan pembangunan PLTS dilaksanakan di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur. Lokasi ini berada di area PT Pupuk Kalimantan Timur, Jl. James Simandjuntak No. 1 Bontang 75313 Kalimantan Timur, Indonesia. Lokasi ini dipilih karena penggunaan EBT di Gedung Pelabuhan dapat mendukung

transisi energi dan mempertahankan *Green Port* yang saat ini telah dimiliki PT Pupuk Kalimantan Timur. Penelitian dilakukan selama 2 (dua) bulan yaitu Februari – Maret 2023.

Dalam melakukan penelitian, penulis menggunakan bantuan *simulator* untuk mempermudah pengolahan data dan simulasi perancangan pembangunan PLTS, yaitu perancangan dapat dilakukan di perangkat komputer atau laptop yang memiliki browser dan terhubung dengan jaringan internet. *Simulator* yang digunakan bersifat *web based* yang tidak perlu di-*install* sehingga tidak membutuhkan perangkat dengan spesifikasi khusus.

Perancangan pembangunan PLTS menggunakan *simulator* HelioScope karena sesuai untuk perancangan PLTS dengan sistem *On Grid*, dengan berbagai keunggulan, antara lain mudah digunakan, kompatibel dengan Google Maps, desain tidak terbatas, jika ada perbaikan mudah dilakukan, simulasi pemasangan dan produksi energi PLTS cepat diperoleh. Simulator HelioScope dapat digunakan dalam versi *free trial* 14 hari, sehingga penulis memiliki waktu yang cukup banyak untuk melakukan simulasi. Perhitungan kelayakan investasi yang terdiri dari NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate of Return*) dan *Payback Period* menggunakan *software* Microsoft Office Excel.

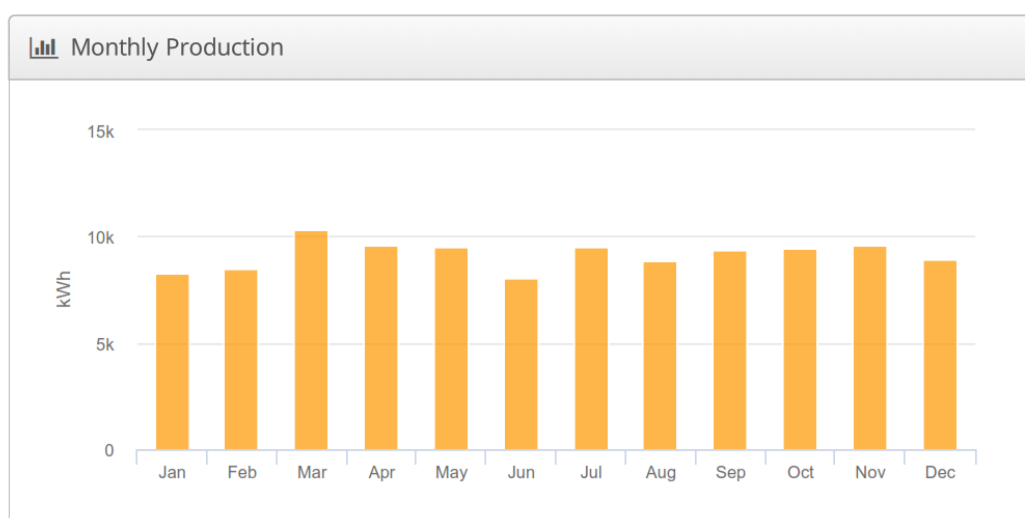
Data penelitian kali ini menggunakan dua data yaitu data konsumsi energi listrik Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur dan data intensitas radiasi matahari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

#### 1. Potensi PLTS di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur Berdasarkan Simulasi HelioScope

Total produksi energi per tahun sebesar 109,8 MWh, dengan rincian per bulan digambarkan pada grafik di bawah ini.

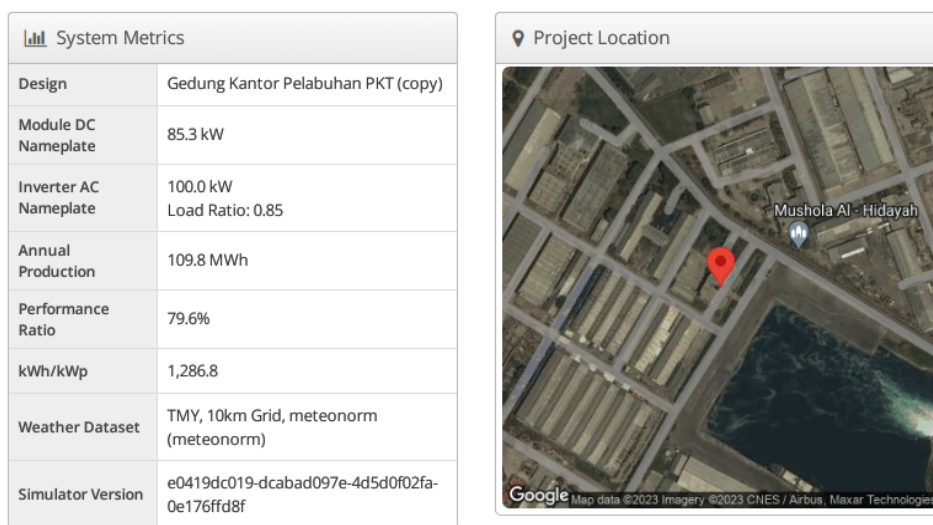


Grafik 1 Produksi Energi PLTS per Bulan

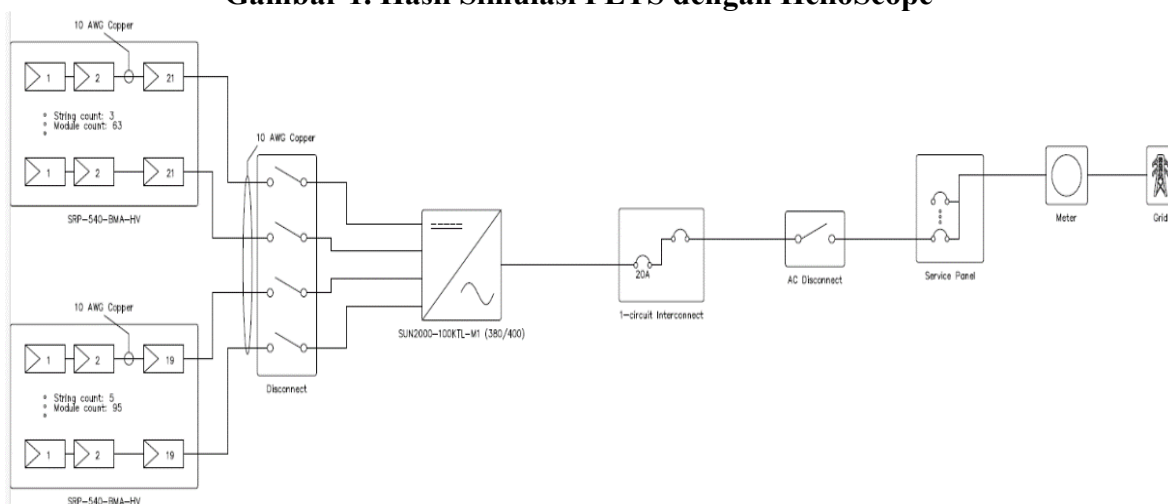
## 2. Desain Instalasi PLTS di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur

Luasan area atap yang dapat digunakan untuk pemasangan PLTS sebesar 592,5 m<sup>2</sup>, yang terdiri dari luasan PLTS dan juga jarak antar panel surya untuk mempermudah pemeliharaan. Berikut merupakan gambaran susunan panel surya pada atap Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur.

Adapun total jumlah panel surya yang dapat dipasang berjumlah 158 buah dengan menggunakan 1 buah inverter. PLTS dioperasikan dengan sistem *On Grid*. Kapasitas terpasang PLTS sebesar 85,3 kWp dengan *Performance Ratio* 79,6% dan energi spesifik 1.286,8 kWh/kWp.



Gambar 1. Hasil Simulasi PLTS dengan HelioScope



Gambar 2. Rancangan Rangkaian PLTS Sistem *On Grid*

### 3. Kelayakan Investasi Pembangunan PLTS di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur

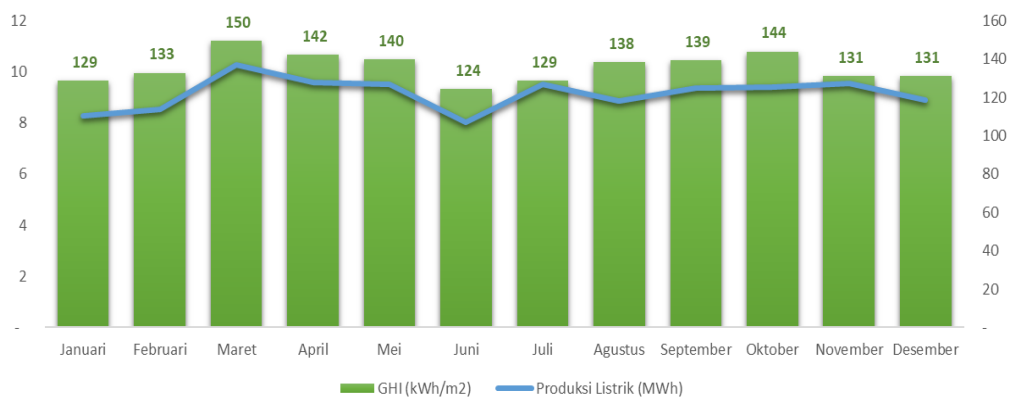
Tabel 1 Hasil Kelayakan Investasi PLTS

Parameter	Nilai	Keterangan
IRR	11,18%	Layak, IRR > 11%
Payback Period	7 tahun	-
NPV	Rp 8.789.894,50	Layak, NPV > 0

#### Pembahasan

##### 1. Analisis Potensi dan Desain Instalasi PLTS di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data kapasitas terpasang PLTS sebesar 85,3 kWp dengan total produksi energi per tahun 109,8 MWh. Produksi energi tertinggi di bulan Maret dan terendah di bulan Juni, hal ini dipengaruhi oleh *Global Horizontal Irradiance* (GHI) atau jumlah total radiasi gelombang pendek yang diterima oleh permukaan horizontal tanah dinyatakan dalam satuan kWh/m<sup>2</sup>, dimana nilai ini merupakan salah satu parameter dalam instalasi PLTS. Besarnya intensitas radiasi berpengaruh lurus terhadap besar energi listrik yang diproduksi PLTS, semakin besar intensitas radiasi maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan. Berikut ini merupakan gambaran produksi listrik PLTS dengan GHI di kota Bontang yang didapatkan dari data Meteoronom.



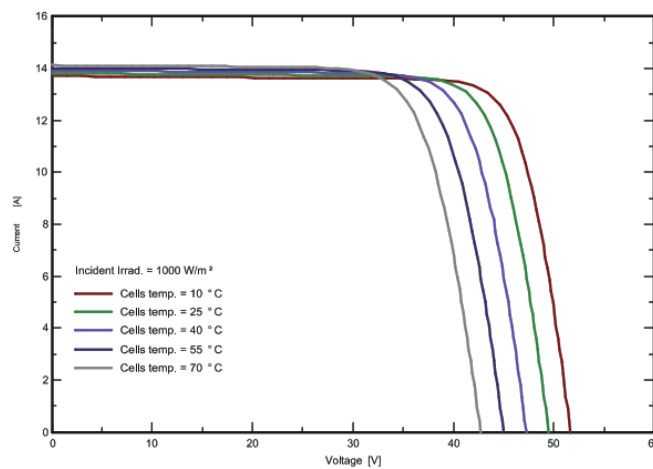
Grafik 2. Produksi Energi PLTS per Bulan vs GHI Kota Bontang

Dapat terlihat bahwa GHI tertinggi di bulan Maret 150 kWh/m<sup>2</sup> dan GHI terendah di bulan Juni yaitu 124 kWh/m<sup>2</sup>, berbanding lurus dengan besar produksi PLTS. Berdasarkan analisis tersebut maka hasil simulasi HelioScope ini valid dan dapat digunakan sebagai dasar perhitungan potensi PLTS di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur.

*Performance Ratio* dari PLTS yang terpasang sebesar 79,6%. *Performance Ratio* (PR) didefinisikan sebagai rasio antara energi listrik AC yang dihasilkan oleh

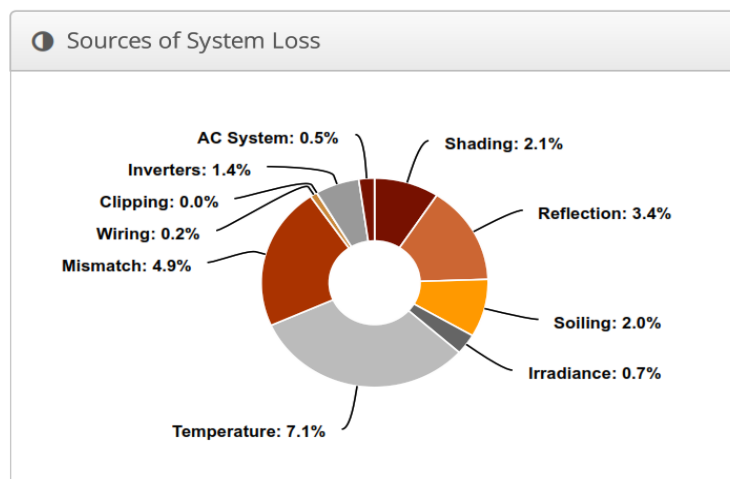
pembangkit dengan hasil perhitungan teoritis yang akan dihasilkan oleh pembangkit jika modul mengonversi *irradiance* yang diterima menjadi energi listrik berdasarkan kapasitas pembangkit tersebut. PR menghitung efek keseluruhan dari kerugian sistem pada PLTS, termasuk kerugian yang disebabkan oleh modul, temperatur, pengurangan efisiensi cahaya rendah, inverter, pemasangan, kabel, bayangan dan pengotoran.

Adapun faktor terbesar dalam kerugian atau *loses* PLTS ini adalah temperatur sebesar 7,1%. Peningkatan temperatur panel surya berdampak pada turunnya Voltase (V), dimana dapat dikatakan bahwa penurunan voltase dan arus berbanding lurus dengan penurunan produksi PLTS, seperti yang tergambar pada katalog produk Seraphim 540 BMA HV berikut.



**Grafik 3. Perubahan Arus dan Tegangan PLTS terhadap Suhu Panel Surya**

Penyebab kerugian sistem PLTS lainnya diuraikan dalam grafik di bawah ini.



**Grafik 4. Komposisi Rugi Produksi Energi Listrik PLTS**

*Shading* tidak berdampak signifikan karena di area atap Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur hanya terdapat *AC Central* yang tidak berdampak signifikan dalam produksi PLTS.

Energi spesifik yang dihasilkan oleh PLTS sebesar 1.286,8 kWh/kWp, dimana energi spesifik adalah indikator produksi berdasarkan *irradiance* yang tersedia pada sebuah lokasi dan desain PLTS. Hal ini berarti PLTS Gedung Kantor Pelabuhan mampu menghasilkan 1.286,8 kWh tiap 1 kWp terpasang dalam 1 tahun.

Spesifikasi komponen PLTS pada penelitian ini sama dengan komponen PLTS yang sebelumnya telah dibangun di Kantor Pusat PT Pupuk Kalimantan Timur. Berdasarkan informasi yang disampaikan dalam peresmian PLTS area perkantoran tersebut, PLTS memiliki kapasitas terpasang 1.256,04 kWp, dimana sejak bulan Januari hingga Agustus 2022, produksi PLTS Atap PT Pupuk Kalimantan Timur telah mencapai total 980,71 MWh, dengan potensi produksi energi per hari dapat mencapai sebesar 3,21 MWh dengan kondisi matahari penuh. Maka estimasi energi spesifik yang dihasilkan sekitar 1171,65 kWh/kWp per tahun.

Spesifik energi PLTS pada penelitian ini lebih besar (1.286,8 kWh/kWp) lebih besar 9,8% dibanding dengan PLTS yang telah dipasang sebelumnya (1.171,65 kWh/kWp). Hal ini dapat dikarenakan beberapa hal antara lain orientasi dan kemiringan panel surya pada penelitian ini dapat diatur sama karena hanya 1 jenis atap yaitu atap dak yang datar, tetapi dalam PLTS yang telah dipasang sebelumnya bervariasi ada yang bisa diatur karena dipasang di atas atap dak dan ada pula yang mengikuti kemiringan atap gedung. Selain itu dalam penelitian ini hanya 1 lokasi Gedung sehingga lebih optimal dalam penyaluran energi listrik, sedangkan dalam PLTS yang telah dipasang sebelumnya tersebar dalam 3 atap gedung dan 1 kanopi *carport* sehingga kemungkinan *loses* jaringan juga lebih besar.

Berdasarkan hal tersebut pemilihan spesifikasi komponen PLTS pada penelitian ini sama dengan PLTS yang telah dibangun sebelumnya masih sangat efektif untuk pemasangan PLTS baru.

## 2. Analisis Penentuan Sudut Azimuth dan Sudut Kemiringan Panel Surya

Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur terletak di Kota Bontang yang mempunyai letak astronomis  $0.180^{\circ}\text{LU}$  dan  $117.488^{\circ}\text{BT}$ . Agar mendapatkan radiasi matahari yang optimal, maka panel surya diarahkan menghadap ke arah garis khatulistiwa, arah hadap matahari ini disebut dengan sudut azimuth (Sugiono et al., 2022), (Emes & Kewas, 2022), (Rifky et al., 2023). Untuk bagian bumi utara seperti Kota Bontang, panel surya sebaiknya diarahkan ke arah selatan menghadap garis khatulistiwa. Sudut *azimuth* yang ditentukan pada simulasi ini adalah sebesar  $211^{\circ}$  mengikuti bentuk gedung agar dapat memaksimalkan jumlah panel surya yang dapat dipasang di atap Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur. Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah besarnya radiasi matahari yang diterima oleh panel surya (Kaban et al., 2020), (Yuliananda et al., 2015), (Asrori & Yudianto, 2019). Semakin besar radiasi matahari yang diterima oleh panel surya maka semakin besar



daya yang dihasilkan oleh panel surya (Pangestuningtyas et al., 2014), (Usman, 2020).

Besarnya radiasi matahari yang diterima oleh panel surya terutama untuk tipe *fixed array* sangat dipengaruhi oleh dua sudut yaitu sudut *azimuth* dan sudut kemiringan panel surya (*tilt angle*) (Sukmajati & Hafidz, 2015). Berdasarkan hasil penelitian dari beberapa jurnal penelitian mengenai pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap daya yang dihasilkan oleh panel surya maka pada penelitian ini ditetapkan sudut kemiringan panel surya sebesar 10°. Selain mendapat radiasi matahari yang paling optimal, dengan sudut kemiringan panel surya sebesar 10° dapat memudahkan pekerjaan maintenance dalam hal perawatan dan pemeliharaan panel surya dari debu, kotoran dan air hujan.

### 3. Analisis Perhitungan Kelistrikan

Berdasarkan data dari Departemen Manajemen Aset PT Pupuk Kalimantan Timur, daya yang terpasang di Gedung Kantor Pelabuhan sebesar 70 kVA. Pemakaian rata-rata setiap harinya yaitu sebesar 353,28 kWh.

Suhu mempengaruhi output dari setiap panel surya maka dari itu perlu mengetahui dengan melihat rata-rata intensitas cahaya matahari dengan mencari daya maksimal jika menggunakan panel surya dengan ukuran daya maksimal 540 Wp. Setiap kenaikan suhu pada panel surya 1°C (terhitung dari 25°C) mengalami penurunan daya sebesar 0,5%, kenaikan suhu menggunakan data suhu rata-rata lokasi tersebut yaitu sebesar 5°C.

$$\begin{aligned} P \text{ saat } \Delta t &= 0,5\% \times P_{MPP} \times \text{Kenaikan suhu } (^{\circ}\text{C}) \\ &= 0,5\% \times 540 \times 5 \\ &= 13,5 \text{ W} \end{aligned}$$

Kenaikan suhu di Bontang mempengaruhi output dari panel surya dengan mengetahui  $\Delta t$  maka dapat mengetahui output maksimal ketika menggunakan panel surya dengan ukuran 540 Wp.

$$\begin{aligned} P \text{ max } t' &= P_{\text{max}} - P \text{ saat } \Delta t \\ &= 540 - 13,5 \\ &= 526,5 \text{ W} \end{aligned}$$

Faktor koreksi temperature (FKT) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} FKT &= \frac{P_{\text{max } t'}}{P_{\text{max}}} \\ &= \frac{526,5}{540} \\ &= 0,975\% \end{aligned}$$

Luas *array* dalam pemasangan panel surya di atap Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur dipengaruhi dari efisiensi panel sebesar 21,13%, efisiensi inverter sebesar 98,6%, faktor insolasi matahari rata-rata sebesar 4,65°C dan energi listrik yang akan dibangkitkan sebesar 353,28 kWh.

$$\text{Luas Array} = \frac{EL}{G_{av} \times \eta_{PV} \times \eta_{out} \times FKT}$$

$$\frac{353,28}{4,65 \times 21,13\% \times 98,6\% \times 0,975}$$

$$\frac{353,28}{0,945}$$

= 373,84 m<sup>2</sup>

Dengan diketahuinya luas *array* sebesar 373,84 m<sup>2</sup> dan efisiensi panel sebesar 21,13%, maka dapat mengetahui daya maksimal yang dibangkitkan dengan *Peak Sun* Indonesia sebesar 1000 W/m<sup>2</sup>. Dengan menggunakan persamaan (4.5) daya maksimal yang bisa dihasilkan dapat diketahui.

$$P_{wattpeak} = \text{Luas Array} \times \text{PSI} \times \eta_{PV}$$

= 373,84 x 1000 x 0,2113

= 78992,66 Wp

Dengan diketahui daya maksimal yang dapat dihasilkan sebesar 78992,66 Wp maka dapat diketahui jumlah panel yang bisa digunakan dengan kapasitas 540 Wp. Mencari jumlah panel yang bisa dipasang dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Jumlah Panel} = \frac{P_{wattpeak}}{P_{max}}$$

$$\frac{78992,66}{540}$$

= 146,28 panel surya atau 146 panel surya.

Dari hasil analisis perhitungan kelistrikan dengan pemakaian listrik rata-rata harian Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur maka dibutuhkan pemasangan PLTS dengan jumlah panel surya sebanyak 146 panel surya. Tetapi untuk memaksimalkan luas atap di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur maka perancangan pemasangan PLTS tetap menerapkan hasil simulasi HelioScope yaitu sebanyak 158 panel surya. Dengan asumsi kelebihan daya yang dihasilkan oleh PLTS dapat diekspor ke jaringan listrik eksisting.

#### 4. Analisis Penyusunan Array Panel Surya

Dalam perencanaan pemasangan PLTS perlu adanya analisis dalam menyusun *array* modul panel surya agar dapat menentukan tegangan kerja serta tidak melebihi luas atap Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur.

Berdasarkan hasil simulasi HelioScope, total panel surya yang dapat dipasang di atap Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur yaitu 158 panel surya dengan 2 *array* yaitu *array* pertama terdapat 63 panel surya dengan susunan 21 panel surya disusun secara seri dan disusun menjadi 3 rangkaian paralel. *Array* kedua terdapat 95 panel surya dengan susunan 19 panel surya disusun secara seri dan disusun menjadi 5 rangkaian paralel.

Setiap *array* menghasilkan *V<sub>mpp</sub>* dan *I<sub>mpp</sub>* sebagai berikut :

$$V_{mpp \text{ array1}} = V_{mp} \times \text{Jumlah seri}$$

= 41,55 V x 21

= 872,55 V

$$I_{mpp\ array1} = I_{mp} \times \text{Jumlah paralel}$$

$$= 13 \times 3$$

$$= 39 \text{ A}$$

$$P_{mpp\ array1} = V_{mpp\ array1} \times I_{mpp\ array1}$$

$$= 872,55 \times 39$$

$$= 34.029,45 \text{ Wp}$$

$$V_{mpp\ array2} = V_{mp} \times \text{Jumlah seri}$$

$$= 41,55 \text{ V} \times 19$$

$$= 789,45 \text{ V}$$

$$I_{mpp\ array2} = I_{mp} \times \text{Jumlah paralel}$$

$$= 13 \times 5$$

$$= 65 \text{ A}$$

$$P_{mpp\ array2} = V_{mpp\ array2} \times I_{mpp\ array2}$$

$$= 789,45 \times 65$$

$$= 51.314,25 \text{ Wp}$$

$$P_{mpp\ total} = P_{mpp\ array1} + P_{mpp\ array2}$$

$$= 34.029,45 + 51.314,25$$

$$= 85.343,7 \text{ Wp}$$

$$= 85,3 \text{ kWp}$$

Berdasarkan perhitungan array yang terpasang maka dapat diketahui bahwa PLTS ini dapat mensuplai daya sebesar :

$$\text{Persentase Daya} = \frac{\text{Daya PLTS}}{\text{Daya yang terpasang}} \times 100\%$$

$$= \frac{85343,7}{70000} \times 100\%$$

$$= 121,92\%$$

PLTS dapat menyuplai kebutuhan energi listrik di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur dari besarnya kapasitas daya yang terpasang yaitu 85,3 kWp. Kelebihan daya yang dihasilkan sebesar 21,92% atau sebesar 15.344 Wp akan diekspor ke jaringan listrik eksisting.

##### 5. Analisis Penentuan Kapasitas Inverter

Setelah menghitung banyaknya *array* dan besarnya daya setiap *array* maka selanjutnya dapat dihitung dan ditentukan kapasitas *inverter* dengan *safetyfactor* sebesar 1,25 dengan persamaan :

$$\text{Kapasitas Inverter} = P_{mpp\ total} \times \text{safety factor}$$

$$= 85343,7 \times 1,25$$

$$= 106679,625 \text{ Watt}$$

$$= 106,68 \text{ kW}$$

Maka Inverter SUN2000-100KTL-M1 layak digunakan karena memiliki spesifikasi daya maksimum 11000 Watt atau 110 kW.

Berikut merupakan rancangan gambar rangkaian PLTS Sistem On Grid di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur.

**6. Analisis Risiko dan Keberlanjutan Pembangunan PLTS di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur**

Dalam perancangan Pembangunan PLTS dilengkapi dengan sistem proteksi DC, proteksi AC, *grounding* dan proteksi petir. Proteksi DC yang digunakan adalah fuse dengan spesifikasi 16A. Hal ini karena arus yang dihasilkan panel surya dibawah 15A. Proteksi DC diletakkan di dekat *mounting (outdoor)* dengan spesifikasi indeks proteksi (IP, *ingress protection*) IP66 sesuai dengan spesifikasi IP inverter dan panel surya agar air dan debu tidak masuk dan mengganggu kinerja atau bahkan merusak komponen fuse. Proteksi AC diletakkan di dekat inverter (*indoor*) atau dapat diletakkan di dalam panel elektrikal yang ada. *Grounding* dapat digabungkan dengan *grounding* gedung dikarenakan kondisi *grounding* gedung yang masih baik. Pada Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur juga sudah dilengkapi dengan proteksi petir tipe pasif berupa batang tembaga runcing yang dalam kondisi baik. Dan inverter yang dipilih sudah terdapat metode *Anti Islanding* untuk mendeteksi *islanding* atau hilangnya daya jaringan saat listrik dari jaringan eksisting mati dalam dua detik. *Anti Islanding* akan mematikan inverter secara otomatis untuk mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan listrik yang terhubung dan mengganggu operasional selama PLTS bekerja.

PLTS Sistem *On Grid* yang akan dibangun di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur memiliki garansi panel surya selama 25 tahun dan umur investasi peralatan selama 20 tahun berdasarkan peraturan dari Pupuk Indonesia Grup. Berdasarkan perhitungan analisis kelistrikan dan analisis kelayakan investasi berupa NPV Rp 8.789.894,50 (NPV>0). IRR sebesar 11,18% (IRR > WACC) dan estimasi pengembalian modal (*payback period*) dapat dilakukan di tahun ke 7. Maka rancangan pembangunan PLTS Sistem *On Grid* di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur layak untuk dilakukan.

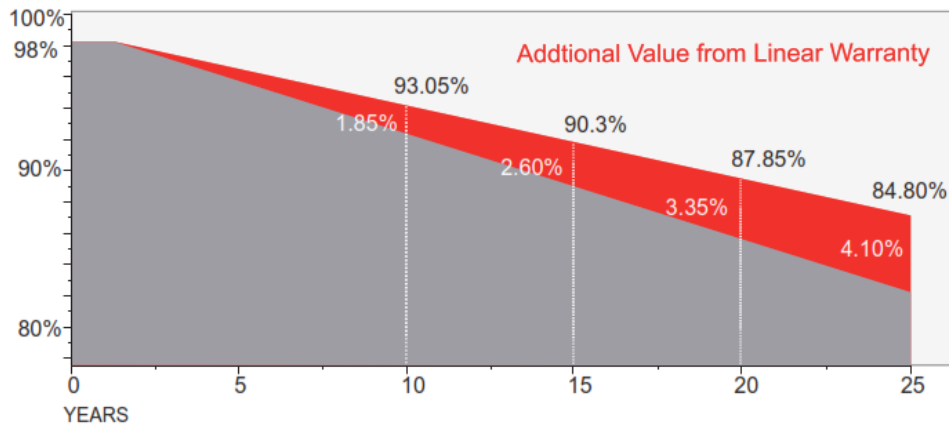
**7. Analisis Kelayakan Investasi Pembangunan PLTS di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur**

Berdasarkan simulasi yang telah didapatkan, maka tahapan selanjutnya adalah menghitung kelayakan investasi. Asumsi-asumsi yang digunakan dalam perhitungan kelayakan investasi PLTS di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur sebagai berikut :

Tabel 2 Asumsi produksi PLTS

Parameter	Nilai	Satuan
Kapasitas terpasang	85,3	kWp
Hari operasi	365	hari/tahun
Produksi energi listrik	109,80	MWh per tahun
Penurunan produksi panel surya	0,608	% per tahun

Kapasitas terpasang dan produksi energi listrik diperoleh dari hasil penelitian yang disimulasikan dengan HelioScope, dimana asumsi PLTS selalu beroperasi selama setahun sehingga hari operasinya diasumsikan 365 hari. Penurunan produksi panel surya merupakan *degradasi output* yang didapatkan dari katalog produk Seraphim 540 BMA HV, dimana dalam kurun waktu 20 tahun, efisiensi panel surya menjadi 87,85%, maka efisiensi per tahun rata-rata 0,608% per tahun.



**Grafik 4. Garansi Output Panel Surya Seraphim 540 BMA HV**

**Tabel 3. Asumsi Finansial PLTS**

Parameter	Nilai	Satuan
Biaya Investasi	872.515.500	Rupiah
Biaya Operasi & Pemeliharaan	8	USD/kWp/tahun
Pajak Penghasilan	22	%
Asuransi	0,2	% nilai buku
WACC	11	%
Depresiasi	20	tahun
Kurs Dolar	14.800	Rupiah/USD
Harga Listrik tahun 1-10	1.493,85	Rupiah/kWh
Harga Listrik tahun 11-20	814,59	Rupiah/kWh

Adapun asumsi biaya investasi pembangunan PLTS *On Grid* sebesar Rp. 872.515.500,00 termasuk PPN. Estimasi biaya ini diperoleh dari berbagai sumber diantaranya melalui vendor penyedia barang atau jasa, berdasarkan informasi kontraktor yang pernah membangun PLTS, informasi proyek PLTS yang sebelumnya telah terpasang, dan sumber lainnya yang disarikan ke dalam rincian sebagai berikut :

**Tabel 4. Rincian Biaya Investasi PLTS**

No	Komponen	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Harga Total
1	Panel Surya	158	ea	2.500.000,00	395.000.000,00
2	Inverter	1	ea	87.500.000,00	87.500.000,00
3	PV Mounting	1	lot	72.505.000,00	72.505.000,00
4	Instalasi elektrik, monitoring sistem & fasilitas pemeliharaan	1	lot	213.250.000,00	213.250.000,00
5	Pengiriman & jasa instalasi	1	lot	12.795.000,00	12.795.000,00
6	Perizinan	1	lot	5.000.000,00	5.000.000,00
<b>Total</b>					<b>786.050.000,00</b>
<b>PPN 11%</b>					<b>86.465.500,00</b>
<b>Grand Total Investasi</b>					<b>872.515.500,00</b>

Biaya operasi dan pemeliharaan 8 USD/kWp/tahun berdasarkan informasi proyek PLTS yang telah beroperasi di Bontang. Nilai kurs Rp 14.800 merupakan nilai kurs yang ditetapkan dalam penyusunan Rencana Kinerja Anggaran Perusahaan Pupuk Indonesia Group.

*Weighted average cost of capital (WACC)* merupakan perhitungan *cost of capital* berdasarkan porsi *debt* (utang) dan *equity* (ekuitas) dari perusahaan. Pada perusahaan yang hanya menggunakan pendanaan ekuitas, maka *cost of capital* setara *cost of equity*. Pada perusahaan yang hanya menggunakan pendanaan utang, maka *cost of capital* setara *cost of debt*. Dalam penelitian ini diasumsikan investasi seluruhnya menggunakan pendanaan sendiri sehingga *cost of capital* setara *cost of equity*. *Rate* pengembalian investasi harus melebihi WACC sehingga penggunaan modal untuk investasi dianggap menguntungkan. Di sisi lain Pupuk Indonesia Group telah menetapkan pengembalian investasi minimal 11%, sehingga dalam penelitian ini diasumsikan WACC yang dipakai 11%.

Depresiasi PLTS diasumsikan 20 tahun untuk panel surya meskipun *manufacture* memberikan garansi hingga 25 tahun dikarenakan dalam peraturan perusahaan umur ekonomis maksimum Pabrik dan Peralatan Pabrik maksimum 20 tahun. Sedangkan inverter 10 tahun dan peralatan instalasi elektrik 25 tahun. Akumulasi nilai aset dikurangi depresiasi per tahun akan nilai buku yang digunakan sebagai faktor pengali biaya asuransi.

Harga listrik mengikuti ketentuan dalam Perpres Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik, pada sub bab perhitungan PLTS ekspansi, dimana pada 10 tahun pertama patokan harga tertinggi PLTS sebesar 11,47 cent USD x F x 0,8 yaitu Rp 1.493,85 dan 10 tahun selanjutnya 6,88 cent USD x 0,8 yaitu Rp 814,59. F merupakan faktor lokasi dengan nilai 1,11 untuk Kalimantan Timur.

Selanjutnya dilakukan simulasi perhitungan depresiasi dan nilai buku, perhitungan laba rugi dan perhitungan arus kas sebagai berikut :

Berdasarkan tabel perhitungan depresiasi dan nilai buku didapatkan bahwa depresiasi dibagi perbesaran komponen PLTS, dimana nilai buku positif berkurang hingga tahun ke 20 dan nilai sisa akhir manfaat dianggap 0. Hal ini berdampak pada penurunan biaya asuransi yang bergantung pada nilai buku investasi.

Berdasarkan perhitungan laba rugi investasi PLTS menghasilkan laba bersih positif hingga tahun ke 20, tetapi cenderung turun dikarenakan degradasi output panel surya dan juga penurunan tarif di tahun ke 11 yang berdampak signifikan. Pendapatan yang diperoleh masih dapat menutupi beban biaya – biaya operasional dan pemeliharaan, biaya asuransi, biaya penyusutan (depresiasi) dan juga pajak penghasilan.

Berdasarkan tabel perhitungan arus kas diperoleh arus kas kumulatif yang terus meningkat, pada awal investasi arus kas negatif karena belum ada laba bersih, dimana pada tahun ke 7 arus kas mulai positif.

Berdasarkan analisis kelayakan investasi maka diperoleh hasil perhitungan parameter kelayakan investasi sebagai berikut :

**Tabel 5. Hasil Perhitungan Kelayakan Investasi**

Parameter	Satuan	Nilai
IRR	%	11,18
Payback Periode	tahun	7
NPV	rupiah	8.789.894,50

Nilai IRR 11,18% ( $IRR > WACC$ ) dan nilai NPV Rp 8.789.894,50 ( $NPV > 0$ ) maka proyek layak dilaksanakan. Adapun estimasi pengembalian modal dapat dilakukan di tahun ke 7.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang berjudul “Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem *On Grid* Di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur” dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: (1) Terdapat potensi produksi listrik sebesar 109,8 MWh per tahun dengan adanya pembangunan PLTS di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur. (2) Desain instalasi PLTS yang sesuai di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur berupa PLTS dengan sistem *On Grid*, yang terdiri dari 158 panel surya kapasitas 540 Wp (Seraphim 540 BMA HV) dan 1 buah inverter kapasitas 100 kW (SUN2000–100KTL–M1). Adapun Kapasitas terpasang PLTS sebesar 85,3 kWp dengan *Performance Ratio* 79,6% dan energi spesifik 1.286,8 kWh/kWp. (3) Investasi pembangunan PLTS di Gedung Kantor Pelabuhan PT Pupuk Kalimantan Timur layak untuk dilaksanakan dengan nilai investasi sebesar Rp 872.515.500,- , IRR sebesar 11,18% ( $IRR > WACC$ ) dan NPV sebesar Rp 8.789.894,50 ( $NPV > 0$ ). Adapun estimasi pengembalian modal dapat dilakukan di tahun ke 7.

## BIBLIOGRAFI

- ASHARI, S. (2021). *Analisis Efektivitas Kebijakan Energi Terbarukan Terhadap Bauran Energi Terbarukan*.
- Asrori, A., & Yudiyanto, E. (2019). Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikristal. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1), 68–73.
- Depan, H. B. B. D. I. M. (N.D.). *Green Economy*.
- Dinata, I. P. H. B., Bhuana, B. C., Badruzzuhad, M. T., & Firmansyah, A. (2023). Akselerasi transisi energi di sektor ketenagalistrikan melalui redesain insentif perpajakan. *Juara: Jurnal Riset Akuntansi*, 13(2), 277–295.
- Emes, Y. G., & Kewas, J. C. (2022). Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Kapasitas 10 Watt Peak (Wp) Tipe Monocrystalline Terhadap Daya Output. *Actuator: Jurnal Teknik Mesin*, 3(2).
- Kaban, S. A., Jafri, M., & Gusnawati, G. (2020). Optimalisasi Penerimaan Intensitas Cahaya Matahari Pada Permukaan Panel Surya (Solar Cell) Menggunakan Cermin. *Jurnal Fisika: Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 5(2), 108–117.
- Kompas, A. (2021). com dengan judul" Sri Mulyani Ungkap Kelemahan Tata Kelola Keuangan Papua dan Papua Barat" baca: <https://money.kompas.com/read/2021/01/26/174129126/sri-mulyani-ungkap-kelemahan-tata-kelola-keuangan-papua-dan-papua-barat?page=all>. *Mutia Fauzia Januari*.
- Nugraha, R., Varlitya, C. R., Judijanto, L., Adiwijaya, S., Suryahani, I., Murwani, I. A., Sopiana, Y., Boari, Y., Kartika, T., & Fatmah, F. (2024). *Green Economy: Teori, Konsep, Gagasan Penerapan Perekonomian Hijau Berbagai Bidang di Masa Depan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Nugroho, M. M., & Putro, B. A. S. (2023). Design of Hybrid Solar Power Generation System on Tello Island. *2023 4th International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS)*, 476–481.
- Pangestuningtyas, D. L., Hermawan, H., & Karnoto, K. (2014). Analisis pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap radiasi matahari yang diterima oleh panel surya tipe larik tetap. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 2(4), 930–937.
- Rifky, R., Mugisidi, D., Fikri, A., Mujirudin, M., & Avorizano, A. (2023). Pengaruh Arah Sel Surya Berdasar Mata Angin Terhadap Kinerjanya. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 11(1), 37–44.



Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem on Grid di Gedung Kantor Pelabuhan PT. Pupuk Kalimantan Timur

- Sugiono, F. A. F., Larasati, P. D., & Karuniawan, E. A. (2022). Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Potensi Pemanfaatan Plts Rooftop Di Bengkel Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang. *Jurnal Rekayasa Energi*, 1(1), 1–8.
- Sukmajati, S., & Hafidz, M. (2015). Perancangan dan analisis pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 10 MW on grid di Yogyakarta. *Energi & Kelistrikan*, 7(1), 49–63.
- Tampubolon, B. D., Purwanto, E. H., & Setyoko, A. T. (2020). *Refleksi Reformasi Kebijakan Bahan Bakar Fosil Nasional*. Deepublish.
- Usman, M. K. (2020). Analisis intensitas cahaya terhadap energi listrik yang dihasilkan panel surya. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 9(2), 52–57.
- Wahyuni, I., Sujatmoko, E., & Harris, R. F. (2023). *Pengaturan Sumber Energi Baru-Energi Baru yang Berasal dari Energi Fosil*. Airlangga University Press.
- Yuliananda, S., Sarya, G., & Hastijanti, R. A. R. (2015). Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya. *JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(02).

---

**Copyright holder:**

Nama Author (2024)

**First publication right:**

[Syntax Idea](#)

**This article is licensed under:**

