

# Studi Kelayakan Pemasangan PLTS Atap di Gedung TUK Scaffolding PPSDM Migas

Ferry Purwo Saputro<sup>1</sup>, Mukhamad Faeshol Umam<sup>1</sup>, Nicholas Rizaldy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi, Cepu Jawa Tengah

<sup>2</sup>Teknik Mesin Universitas Jember, Jember Jawa Timur

## INFORMASI NASKAH

Diterima : 14 Juni 2024

Direvisi : 29 November 2024

Disetujui : 6 Desember 2024

Terbit : 6 Desember 2024

Email korespondensi:

[ferry.purwo@esdm.go.id](mailto:ferry.purwo@esdm.go.id)

Laman daring:

<https://doi.org/10.37525/mz/2024-2/611>

## ABSTRAK

Indonesia, sebagai negara tropis, memiliki potensi energi surya yang tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif hemat energi melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Studi ini dilakukan di gedung Tempat Uji Kompetensi (TUK) Scaffolding Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas) untuk mengevaluasi kelayakan instalasi PLTS sebagai upaya efisiensi energi dan pengurangan emisi, sehingga turut berkontribusi dalam pemanfaatan energi terbarukan. Metode yang digunakan adalah analisis teknis, yang mencakup evaluasi tata letak panel surya, jenis modul yang digunakan, serta perhitungan kapasitas daya potensial. Berdasarkan hasil studi, panel surya jenis polikristalin berukuran 1,65 x 0,992 meter akan dipasang sebanyak 74 modul pada sisi utara atap gedung dengan luas sekitar 121 m<sup>2</sup>, yang bebas dari bayangan objek lain. Panel ini diproyeksikan dapat menghasilkan daya sekitar 20,3 kWh per hari dengan radiasi optimal sekitar 5 jam per hari. Sistem ini akan didukung oleh inverter Sofar Solar 3-phase dual MPPT dengan kapasitas input PV maksimum 22.610 Wp dan menggunakan sistem on-grid, memanfaatkan jaringan listrik PLN untuk stabilitas daya. Dari hasil ini, gedung TUK Scaffolding dinyatakan layak untuk pemasangan PLTS, yang diproyeksikan akan memberikan penghematan biaya listrik, mendukung keberlanjutan energi, serta mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional.

**Kata Kunci:** Panel Surya, On-Grid System, PLTS, Radiasi Matahari

## ABSTRACT

*As a tropical nation with great solar energy potential, Indonesia can be used as an alternative energy source by Solar Power Plants (PLTs). This study was carried out in the Competency Testing Place (Tuk) Scaffolding building of the Oil and Gas Human Resources Development Center (PPSDM Migas) to assess the viability of PLTS installation as an effort for energy efficiency and emission reduction, so helping to contribute to the utilization of renewable energy. Technical analysis is applied here, covering assessment of the solar panel layout, the kind of module utilized, and the computation of possible power capacity. The assessment indicates that 74 polycrystalline solar panels measuring 1.65 x 0.992 meters will be placed on the north side of the building roof with an area of roughly 121 m<sup>2</sup>, free from the shadow of other objects. With ideal radiation of almost five hours daily, this panel is expected to produce about 20.3 kWh of power every day. This system will be supported by a Sofar Solar 3-phase dual MPPT inverter with a maximum PV input capacity of 22,610 Wp and employs an on-grid solution, using the PLN electricity network for power stability. Based on these findings, the Tuk Scaffolding building is found fit for the installation of PLTS, which is expected to support energy sustainability, lower reliance on traditional energy sources, and save electricity expenses.*

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah, termasuk minyak bumi dan gas alam, yang sangat penting sebagai sumber energi bagi berbagai sektor (Sitorus et al., 2014). Akan tetapi, meningkatnya kebutuhan energi menuntut adanya upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang terbatas. Dalam konteks ini, pemanfaatan energi terbarukan, terutama melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), semakin mendapat perhatian luas. Indonesia, yang terletak di daerah tropis dengan paparan sinar matahari yang konsisten, memiliki potensi besar untuk mengembangkan energi surya, yang dapat berperan penting dalam mencapai efisiensi energi dan keberlanjutan di berbagai sektor, termasuk di kantor-kantor pemerintah.

Penggunaan PLTS di berbagai instansi pemerintah di dunia telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Di negara-negara dengan target emisi rendah seperti Amerika Serikat dan Eropa, sejumlah bangunan pemerintah kini beralih ke energi surya, tidak hanya sebagai sumber energi hemat biaya tetapi juga sebagai langkah untuk mendukung keberlanjutan lingkungan. Di Indonesia, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah menginisiasi proyek PLTS di beberapa kantor pemerintahan, termasuk di gedung-gedung milik Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dan beberapa

perguruan tinggi negeri. Program-program ini menunjukkan hasil positif dalam efisiensi energi dan penghematan biaya operasional.

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas), sebagai lembaga pelatihan dan pengembangan ilmu dalam sektor migas, juga telah menerapkan PLTS di beberapa gedung. Dengan adanya teknologi PLTS, PPSDM Migas dapat menurunkan ketergantungan pada energi konvensional, sekaligus mengurangi emisi karbon dan biaya operasional (Umam et al., 2021). Meski demikian, potensi penerapan PLTS di seluruh gedung masih perlu diteliti lebih lanjut untuk memastikan kelayakan teknis dan ekonomis.

Paparan sinar matahari berpengaruh terhadap fluktuasi temperatur permukaan bumi dan juga memengaruhi elemen-elemen cuaca lainnya. Matahari adalah sumber energi yang fundamental bagi kehidupan di bumi. Energi matahari memiliki potensi yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan di bumi.

Radiasi yang memasuki atmosfer bumi menjalani berbagai proses. Sebagian dari radiasi tersebut berinteraksi dengan partikel-partikel di atmosfer, sebagian diserap oleh partikel-partikel tersebut, dan sebagian lainnya diserap oleh permukaan bumi (Kafka & Miller, 2019).

PLTS merupakan pembangkit listrik yang dapat mengubah energi matahari menjadi listrik (Pasaribu et al., 2023). Panel surya dapat digunakan untuk menghitung energi radiasi matahari

(Muttaqin et al., 2016). Banyak sekali faktor-faktor yang menjadikan besar kecilnya energi radiasi matahari. Daya panel surya juga adalah akibat dari beberapa faktor tersebut, karena semakin besar daya panel surya maka semakin besar juga radiasi matahari yang dihasilkan (Usman, 2020).

Energi matahari adalah energi yang paling berlimpah dan tersedia secara mudah di bumi. Pada umumnya kristal pada panel surya, elektron akan bebas bergerak jika terkena cahaya matahari. Untuk membuat aliran elektron searah dibutuhkan keketukan pendorong yaitu P-N Junction.

Beberapa permasalahan yang perlu diperhatikan dalam penerapan PLTS di kantor pemerintahan meliputi berapa besar potensi PLTS untuk memenuhi kebutuhan listrik di area Tempat Uji Kompetensi (TUK) PPSDM Migas?. Selanjutnya, sejauh mana PLTS dapat mendukung efisiensi energi dan pengurangan emisi dalam operasional sehari-hari?. Terakhir, apakah investasi dalam sistem PLTS layak secara ekonomis untuk kebutuhan jangka panjang?

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi kelayakan penerapan PLTS di seluruh area PPSDM Migas. Studi ini mencakup aspek teknis dan ekonomis, dengan tujuan untuk memberikan rekomendasi mengenai kapasitas dan efisiensi sistem PLTS, serta potensi penghematan energi dan emisi karbon yang dapat dicapai. Penelitian ini diharapkan mendukung pengambilan keputusan dalam implementasi energi terbarukan yang berkelanjutan di lingkungan kantor pemerintah.

**METODE PENELITIAN**

**1. Lokasi PLTS**

Lokasi pemasangan panel surya di gedung TUK Scaffolding dipilih dengan mempertimbangkan posisi matahari dan potensi penghalang yang bisa mengurangi kinerja panel. Analisis awal menunjukkan bahwa atap sisi utara gedung merupakan area optimal untuk pemasangan modul, karena atap ini tidak tertutupi oleh pohon dan tidak berisiko tertutup daun jatuh. Panel surya diletakkan pada atap tingkat dua yang cukup luas dan memiliki struktur yang lebih kuat dibandingkan atap tertinggi. Pemilihan lokasi ini bertujuan untuk mengoptimalkan daya tangkap sinar matahari sambil mempertimbangkan daya dukung struktur bangunan.

**2. Pemilihan Modul Surya**

Modul surya yang digunakan adalah YGE 60 Cell Series 2 dengan efisiensi 19,6% dan toleransi energi 0–5 W. Modul polikristalin ini dipilih karena tahan terhadap kerusakan fisik dan memiliki performa baik pada kondisi cahaya rendah. Dengan efisiensi yang stabil dan daya tahan yang lama, modul ini dinilai cocok untuk penggunaan di lokasi pemerintahan seperti PPSDM Migas. Jumlah modul yang direncanakan sebanyak 39 unit dengan kapasitas total daya keluaran mencapai sekitar 20 kWp ±5%.

**3. Perhitungan Kapasitas Maksimal Sistem**

Kapasitas daya sistem PLTS dihitung dengan daya masing-masing modul 290 Wp. Sehingga kapasitas maksimal jika mengetahui jumlah modul surya, efisiensi dan dayanya (Ramadhana et al., 2022) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$W_{max} = n \times \eta \times P \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

N = Jumlah modul surya

η = Efisiensi modul surya

P = Power Output modul surya

Namun, pada jam kerja PPSDM Migas hanya berjalan pada jam 08.00 sampai dengan 16.00 WIB. Radiasi matahari maksimal atau puncaknya hanya terdapat sekitar 5-6 jam sehari (Karim et al., 2019). Sehingga kita mengambil nilai minimalnya yaitu 5 jam sehari. Dari perkiraan waktu tersebut maka kita mendapatkan rumus yaitu :

$$W_{max \text{ per hari}} = W_{max} \times \text{Radiasi Maksimal} \dots\dots\dots (2)$$

Perhitungan ini mempertimbangkan variabel seperti kondisi cuaca dan intensitas cahaya yang berfluktuasi.

**4. Pemilihan Inverter**

Inverter yang dipilih adalah Sofar Solar 3-phase dual MPPT 17000 TL, dengan efisiensi hingga 98,2% dan kapasitas input PV maksimal sebesar 22.610 Wp. Inverter ini dinilai cocok untuk sistem PLTS di gedung TUK Scaffolding karena memiliki efisiensi tinggi dan mampu menangani kapasitas total PV yang telah direncanakan. Pemilihan inverter ini juga mempertimbangkan daya keluaran AC yang stabil dan sesuai dengan kebutuhan operasional gedung.

## 5. Konfigurasi Sistem PLTS (On-Grid)

Sistem PLTS yang diimplementasikan adalah tipe On-Grid, yang memungkinkan integrasi dengan jaringan listrik dari PLN. Sistem ini mendukung stabilitas ketersediaan energi di gedung, terutama ketika energi surya tidak mencukupi pada waktu-waktu tertentu. Kelebihan daya yang dihasilkan panel surya dapat disalurkan kembali ke jaringan PLN, sehingga menghasilkan penghematan biaya operasional dan bahkan potensi keuntungan dari penjualan energi surplus.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Rencana pemasangan panel surya difokuskan pada sisi utara atap gedung TUK Scaffolding berdasarkan pengamatan langsung pada kondisi lapangan dan analisis potensi energi matahari yang dapat dihasilkan. Berdasarkan gambar 1 dan gambar 2, penempatan modul surya di sisi utara gedung terhindar dari bayangan pepohonan yang dapat mengurangi efisiensi energi yang dihasilkan.

Atap di tingkat 2 dipilih karena potensi daun jatuh dan bayangan dari pohon sekitar lebih minimal dibandingkan dengan atap tingkat 1, yang memungkinkan penerimaan cahaya matahari yang lebih optimal sepanjang hari. Namun akan berbeda jika panel surya diletakkan pada atap di tingkat 1. Alasan mengapa panel surya tidak dipasang di atap yang tertinggi dikarenakan atap terlalu kecil dan pondasinya tidak terlalu kuat seperti atap tingkat 1 dan 2.



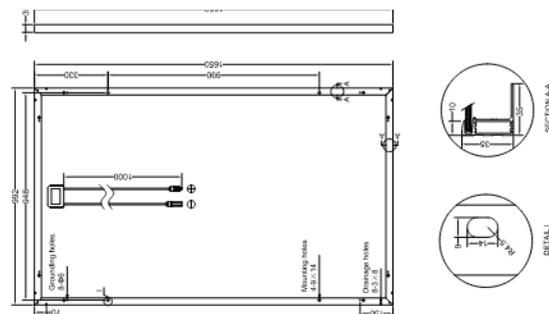
Gambar 1. Foto Gedung TUK Scaffolding dari Timur Laut



Gambar 2. Desain Gedung TUK Scaffolding Tampak Timur

### 1. Tipe modul surya

Modul surya yang dipakai adalah YGE 60 Cell Series 2 yang tampak pada gambar 3. Modul ini mempunyai efisiensi sebesar 19,6%, toleransi energi sebesar 0-5 W, dan mempunyai garansi performa selama 25 tahun. Jenis modul surya yang kami pakai adalah tipe polikristalin. Pertimbangan yang kami lakukan adalah dari segi ekonomi dan tipe polikristalin ini lebih tahan terhadap keruakan fisik serta memiliki kinerja yang baik dalam kondisi cahaya rendah. Modul polikristalin memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan modul monokristalin; namun, kinerjanya yang stabil dan daya tahan fisiknya lebih sesuai dengan anggaran dan tujuan penggunaan jangka panjang dalam penelitian ini.



Gambar 3. Desain Modul Surya YGE 60 Cell Series 2

### 2. Spesifikasi modul surya

Spesifikasi lengkap modul surya dapat dilihat pada tabel 1 sedangkan performanya bisa dilihat pada gambar 4. Dengan dimensi modul 1,65 meter panjang dan 0,992 meter lebar, total kapasitas yang dapat dipasang pada atap gedung adalah hingga 74 modul, tetapi untuk mengantisipasi pembatasan

struktur dan distribusi berat, sebanyak 39 modul akan dipasang.

Tabel 1. Ukuran dan Spesifikasi Modul Surya YGE 60 Cell Series 2

Dimensions (L/W/H)	1650/992/35 mm
Weight	18,5 kg
Number of modules per pallet	30
Number of pallets per 40' container	28
Packaging box dimensions (L/W/H)	1700/1120/1140 mm
Box weight	588 kg

**ELECTRICAL PERFORMANCE**

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)		YLGXXP-296 (XXX=Pmax)						
Module type								
Power output	$P_{PM}$	W	295	290	285	280	275	270
Power output tolerances	$P_{PM}$	W	0/+5					
Module efficiency	$\eta_m$	%	18.0	17.7	17.4	17.1	16.8	16.5
Voltage at $P_{PM}$	$V_{PM}$	V	32.0	31.7	31.5	31.3	31.0	30.8
Current at $P_{PM}$	$I_{PM}$	A	9.22	9.15	9.05	8.95	8.88	8.77
Open-circuit voltage	$V_{oc}$	V	38.5	38.4	38.2	38.0	37.8	37.7
Short-circuit current	$I_{sc}$	A	9.74	9.65	9.55	9.45	9.36	9.26

STC: 1000W/m<sup>2</sup> irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to IEC 60904-3. Average relative efficiency reduction of 3.3% at 200W/m<sup>2</sup> according to IEC 60904-1.

Gambar 4. Performa Modul Surya YGE 60 Cell Series 2 (STC)

**3. Jumlah Instalasi**

Dengan target pemasangan panel PV untuk daya keluaran sebesar 20 kWp ±5%, total panel yang bisa dipasang pada atap gedung TUK Scaffolding adalah 74 modul surya. Modul surya yang dipilih mempunyai daya 290 Wp yang merupakan jenis panel yang paling banyak dijual di pasaran saat ini. Sehingga kita bisa menghitung kapasitas maksimal jika mengetahui jumlah modul surya, efisiensi dan dayanya (Ramadhana et al., 2022) dengan menggunakan rumus :

$$W_{max} = n \times \eta \times P \dots\dots\dots (1)$$

Sehingga dari (persamaan 1) kita bisa menghitung

$$W_{max} = 74 \times 85\% \times 290 W = 18.24 kWh$$

Namun, pada jam kerja PPSDM Migas hanya berjalan pada jam 08.00 sampai dengan 16.00 WIB. Radiasi matahari maksimal atau puncaknya

hanya terdapat sekitar 4.5 jam sehari (Karim et al., 2019). Sehingga kita mengambil nilai minimalnya yaitu 5 jam sehari. Dari perkiraan waktu tersebut maka dari (persamaan 2) kita bisa menghitung  $W_{max}/hari = 18.24 \times 4.5 = 83.01 kWh$

Maka kemungkinan daya yang dihasilkan panel surya di gedung TUK Scaffolding selama sehari yaitu sekitar 83.01 kWh. Namun perhitungan ini tergantung pada kondisi dan cuaca, serta jam matahari dan sudut yang mungkin harus diperhitungkan lagi.

**4. Pemilihan Inverter**

Inverter adalah converter tegangan arus searah (DC) ke tegangan bolak balik (AC). Fungsi dari sebuah inverter adalah untuk mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran AC yang simetris dengan besar magnitude dan frekuensi yang diinginkan (Suprianto, 2021).

Setelah menemukan kapasitas maksimal panel surya, maka kita harus menentukan inverter yang cocok pada sistem PLTS yang akan kita pasang. Inverter yang kami pilih yaitu inverter Sofar Solar 3 phase dual mppt 17000 TL seperti terlihat pada gambar 5. Inverter ini mempunyai efisiensi hingga 98,2%. Kami memilih inverter ini dikarenakan mempunyai maksimal PV input power sebesar 22.610 Wp. Berikut adalah spesifikasi dari Inverter Sofar Solar 17000 TL. Spesifikasi inverter ini bisa dilihat di gambar 6.



Gambar 5. Inverter Sofar Solar

Datasheet	SOFAR 10000TL	SOFAR 15000TL	SOFAR 17000TL	SOFAR 20000TL
<b>Input (DC)</b>				
Recommended Max. PV input power	13300Wp	19550Wp	22610Wp	26600Wp
Max DC power for single MPPT	4750W	10500W	10500W	12000W
Number of MPPT trackers		3		
Number for DC inputs		2 for each MPPT		
Max. input voltage	1000V			
Start-up voltage	350V			
Rated input voltage	600V			
MPPT operating voltage range	250V-850V	370V-850V	430V-850V	430V-850V
Full power MPPT voltage range	350V-850V	370V-850V	430V-850V	430V-850V
Max. input current per MPPT	15A/11A	21A/21A	21A/21A	24A/24A
Maximum DC input short-circuit current per MPPT	30A	22A	22A	30A
<b>Output (AC)</b>				
Rated power	10000W	15000W	17000W	20000W
Max. AC power	10000VA	15000VA	17000VA	20000VA
Max. Output current	15A	22A	22A	30A
Nominal grid voltage	3/N/PE, 230/180Vac, 230/400Vac, 240/115Vac			
Grid voltage range	310Vac-480Vac (According to local standard)			
Nominal frequency	50/60Hz			
Grid frequency range	49Hz-55Hz/59Hz-65Hz (According to local standard)			
Active power adjustable range	0-100%			
THDi	<3%			
Power factor	>0.99 (adjustable L / D / B)			
<b>Performance</b>				
Max efficiency	98.2%	98.2%	98.2%	98.2%
European weighted efficiency	97.4%	97.9%	97.9%	98.0%
Self-consumption at night			<1W	
MPPT efficiency			>99.9%	

Gambar 6. Spesifikasi Inverter Sofar Solar 17000TL

Pemilihan inverter ini penting untuk mendukung sistem on-grid yang diusulkan, yang berfungsi untuk menyalurkan kelebihan daya kembali ke jaringan PLN ketika produksi melebihi konsumsi energi. Inverter ini memungkinkan konversi arus DC dari modul surya menjadi AC yang dapat langsung digunakan oleh fasilitas di PPSDM Migas atau dipasok kembali ke jaringan listrik umum.

### 5. Sistem PLTS

Terdapat beberapa jenis sistem PLTS, yaitu sistem PLTS Off-Grid dan PLTS On-Grid. Kedua jenis tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing sehingga kita bisa menggunakan sistem apa yang cocok untuk PLTS yang akan dipasangkan (Halim, 2022).

Pada pemasangan PLTS di gedung TUK Scaffolding, kami menggunakan sistem On-Grid. Dikarenakan di PPSDM Migas masih terpasok jaringan listrik dari PLN. Yang artinya, saat ada kelebihan daya maka daya tersebut akan dipasok ke PLN.

Sistem on-grid memungkinkan pemanfaatan energi listrik dari jaringan umum (PLN) saat energi yang dihasilkan oleh panel surya tidak mencukupi, misalnya saat intensitas cahaya matahari rendah atau pada malam hari. Dengan adanya dukungan dari jaringan listrik umum, sistem ini dapat memastikan pasokan energi yang stabil untuk kebutuhan gedung, sehingga operasional dapat berjalan tanpa gangguan.

Pada saat produksi energi dari panel surya melebihi kebutuhan listrik gedung, kelebihan energi ini dapat dialirkan kembali ke jaringan

listrik umum. Hal ini tidak hanya mengurangi biaya listrik dari PLN tetapi juga membuka kemungkinan untuk menghasilkan pendapatan tambahan jika diterapkan sistem tarif ekspor listrik. Dengan kata lain, kelebihan energi dapat membantu menekan biaya operasional listrik sekaligus berkontribusi pada keberlanjutan energi nasional.

Salah satu keuntungan utama dari sistem on-grid adalah tidak memerlukan baterai penyimpanan energi. Tidak adanya baterai ini membuat perawatan sistem PLTS lebih sederhana dan lebih murah, karena baterai biasanya memerlukan perawatan khusus dan penggantian secara berkala. Dengan demikian, sistem ini lebih ekonomis dan mudah dalam pemeliharaan, sehingga mendukung efisiensi biaya dalam jangka panjang.

Namun, sistem PLTS on-grid sangat bergantung pada ketersediaan jaringan listrik umum. Jika terjadi pemadaman listrik pada jaringan PLN, sistem on-grid juga akan terputus meskipun panel surya sedang menghasilkan listrik. Hal ini disebabkan oleh standar keamanan jaringan yang mencegah pengaliran listrik ke jaringan umum selama pemadaman untuk melindungi petugas yang mungkin sedang melakukan perbaikan. Akibatnya, PLTS on-grid tidak dapat digunakan sebagai sumber daya cadangan dalam kondisi darurat.

Sistem on-grid tidak memiliki kemampuan penyimpanan energi, seperti pada sistem off-grid yang menggunakan baterai. Tanpa baterai, PLTS on-grid hanya berfungsi saat ada sinar matahari dan suplai dari PLN. Ketika produksi listrik dari panel surya tidak mencukupi kebutuhan atau saat PLN mengalami gangguan, PLTS on-grid tidak dapat menyediakan daya mandiri, yang dapat menjadi kendala pada saat membutuhkan pasokan energi yang berkelanjutan.

Sistem PLTS on-grid hanya memanfaatkan energi matahari ketika ada cahaya yang cukup, sehingga pada malam hari atau saat cuaca mendung, kebutuhan energi masih harus dipenuhi oleh jaringan PLN. Hal ini membatasi efisiensi penghematan biaya, terutama jika konsumsi listrik lebih besar pada malam hari. Penghematan optimal biasanya dicapai hanya saat produksi listrik panel surya mencukupi atau melebihi kebutuhan pada siang hari.

**6. Analisis Keekonomian**

Perhitungan keekonomian dimulai dengan perkiraan total investasi yang diperlukan pada proyek ini, seperti terlihat pada tabel 2. Total investasi awal sebesar Rp335.400.000,00 mencakup semua komponen yang diperlukan untuk pemasangan PLTS di gedung TUK Scaffolding PPSDM Migas. Rincian biaya ini meliputi material utama, peralatan pendukung, tenaga kerja, hingga biaya administratif seperti perizinan. Panel surya adalah komponen utama yang bertugas menangkap energi matahari dan

mengubahnya menjadi energi listrik. Pemilihan jenis mono-crystalline memberikan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan teknologi lainnya seperti polikristalin, terutama dalam area dengan paparan matahari konsisten.

Combiner box digunakan untuk menghubungkan beberapa string panel surya sebelum mengirimkan daya ke inverter. Alat ini juga melindungi sistem dari arus balik atau gangguan lainnya. Biaya ini termasuk perlindungan tambahan seperti sekering DC dan *Surge Protection Device*.

Tabel 2. Perkiraan kebutuhan investasi untuk PLTS atap.

No	Materials/equipment	Cost (IDR)	Unit	Sub Total (IDR)
1	PV panel	Rp2.400.000,00	74 Pcs	Rp177.600.000,00
2	Combiner Box	Rp40.000.000,00	1 Pcs	Rp40.000.000,00
3	Inverter On Grid	Rp36.500.000,00	1 Pcs	Rp36.500.000,00
4	Mounting structure	Rp3.500.000,00	12 Set	Rp42.000.000,00
5	Monitoring system (solarman)	Rp1.800.000,00	1 Pcs	Rp1.800.000,00
6	Jasa Tenaga	Rp2.500.000,00	5 hari	Rp12.500.000,00
7	Perijinan	Rp25.000.000,00	1 paket	Rp25.000.000,00
Total				Rp335.400.000,00

Dengan produksi listrik per hari sebesar 83,01 kWh, maka produksi listrik per bulan diperkirakan mencapai 2.525,03 kWh. Produksi listrik harian dan bulanan dihitung berdasarkan kapasitas sistem sebesar 22,2 kWp dan asumsi 4.5 jam radiasi optimal per hari. Angka ini cukup besar untuk memenuhi sebagian besar kebutuhan energi gedung, dengan surplus energi yang dapat disalurkan kembali ke jaringan PLN jika sistem on-grid diterapkan.

Penghematan Listrik yang didapatkan adalah sebesar Rp. 3.787.549,84 per bulan. Penghematan ini dihitung berdasarkan tarif listrik PLN diasumsikan sebesar Rp. 1.500,00/kWh, seperti terlihat pada tabel 3. Sehingga, *Payback Period* (Periode Pengembalian Investasi) adalah 88,6 bulan atau 7,4 tahun. Waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya investasi awal berdasarkan penghematan listrik bulanan adalah sekitar 7,4 tahun. Periode ini tergolong masuk akal untuk proyek PLTS, terutama dengan asumsi umur sistem mencapai 20 tahun, sehingga sisa 12,6 tahun setelah payback adalah masa manfaat bersih.

*Annual Cost* atau Biaya Operasional Tahunan dihitung sebesar Rp. 2.500.000,00. Biaya ini mencakup perawatan sistem seperti pembersihan panel, inspeksi komponen, dan pemeliharaan inverter. Biaya ini relatif kecil dibandingkan dengan penghematan tahunan yang diperoleh, menandakan efisiensi biaya operasional sistem PLTS. Sehingga *Yearly Total Saving* (Penghematan Tahunan) sebesar Rp. 45.450.598,07.

Tabel 3. Biaya dan Penghematan tahunan dari sistem PLTS atap

Parameter	Value
Upfront cost (IDR)	Rp335.400.000,00
Electric generated per day (kWh)	83,01
Electric generated per month (kWh)	2.525,03
Electric Saving (IDR)	Rp3.787.549,84
Payback Period (month)	88,6
Payback Period (Year)	7,4
Annual Cost (IDR)	Rp2.500.000,00
Yearly Total Saving (IDR)	Rp45.450.598,07

Selanjutnya, *Yearly Cash Flow* atau Aliran Kas Tahunan dapat dilihat pada tabel 4. Pada tahun ke 0 adalah nilai investasi awal sebesar Rp-335.400.000,00. Tahun 1 dan seterusnya, proyeksi penghematan tahunan secara bertahap menurun dari Rp42.950.598,07 hingga Rp37.428.350,41 di tahun ke-10. Penurunan ini mencerminkan depresiasi nilai uang akibat inflasi atau peningkatan biaya operasional. Meskipun penghematan tahunan menurun, aliran kas tetap positif setelah tahun pertama, mencerminkan manfaat keuangan dari investasi PLTS.

*Net Present Value* (NPV) berdasarkan perhitungan menghasilkan nilai Rp-23.168.027,47. NPV negatif menunjukkan bahwa proyek ini, dalam kondisi asumsi yang ada, tidak menghasilkan keuntungan bersih dalam horizon waktu analisis (10 tahun) ketika didiskontokan dengan tingkat bunga tertentu. Hal ini bisa diakibatkan oleh tingginya biaya awal dibandingkan penghematan tahunan. Sedangkan nilai *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 3,52% menunjukkan bahwa proyek ini memiliki tingkat pengembalian yang rendah dibandingkan tingkat bunga pasar atau peluang investasi lainnya, sehingga kurang menarik secara finansial tanpa adanya subsidi atau insentif.

Tabel 4. Aliran Kas Tahunan proyek PLTS atap

Parameter	Value
Initial cost	Rp335.400.000,00
Annual cost	Rp2.500.000,00
Monthly saving	Rp3.787.549,84
Year 0	-Rp335.400.000,00
Year 1	Rp42.950.598,07
Year 2	Rp42.337.015,00
Year 3	Rp41.723.431,92
Year 4	Rp41.109.848,85
Year 5	Rp40.496.265,78
Year 6	Rp39.882.682,70
Year 7	Rp39.269.099,63
Year 8	Rp38.655.516,55
Year 9	Rp38.041.933,48
Year 10	Rp37.428.350,41
NPV	-23.168.027,47
IRR	3,52%
ROI	19,83%

Selanjutnya, nilai ROI (*Return on Investment*) sebesar 19,83% menunjukkan bahwa meskipun keuntungan finansial ada, nilainya tidak terlalu tinggi untuk proyek dengan skala waktu panjang seperti ini. NPV negatif dan IRR yang rendah mengindikasikan bahwa proyek ini kurang menarik secara finansial. Namun, potensi peningkatan tarif listrik PLN di masa depan dapat memperbaiki NPV dan IRR, karena penghematan akan meningkat. Subsidi pemerintah atau insentif lain seperti penghapusan pajak dapat membantu meningkatkan kelayakan finansial proyek.

Meskipun secara ekonomi proyek ini mungkin tidak terlalu menarik, manfaat non-finansial seperti pengurangan emisi karbon, peningkatan citra institusi, dan kontribusi terhadap keberlanjutan energi sangat signifikan. Optimalisasi sistem, seperti penggunaan teknologi panel dengan efisiensi lebih tinggi atau pengelolaan energi yang lebih baik, dapat meningkatkan penghematan energi dan mempercepat pengembalian investasi.

## KESIMPULAN

Dengan luas atap sekitar 198 m<sup>2</sup>, panel surya jenis polikristalin berukuran 1,65 x 0,992 meter akan dipasang sebanyak 74 modul. Panel surya ini akan ditempatkan pada atap bagian utara gedung TUK Scaffolding, menutupi sekitar 121 m<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil pengamatan dan data yang dikumpulkan, atap bagian utara tidak menghalang bayangan dari objek apa pun, sehingga layak untuk pemasangan modul surya.

Instalasi sebanyak 74 modul surya ini diperkirakan akan menghasilkan daya sekitar 83,01 kWh per hari dalam kondisi radiasi optimal sekitar 4.5 jam per hari. Untuk menunjang sistem, digunakan inverter Sofar Solar 3 phase dual dengan kapasitas input PV maksimum sebesar 22.610 Wp. Pemilihan sistem PLTS on-grid juga dilakukan mengingat ketersediaan jaringan PLN di daerah PPSDM Migas, sehingga jika terjadi kelebihan energi, daya tersebut dapat disalurkan kembali ke jaringan PLN.

Hasil ini memenuhi tujuan penelitian, yaitu untuk mengevaluasi kelayakan penerapan PLTS di gedung TUK Scaffolding guna mendukung efisiensi energi dan pengurangan emisi karbon di lingkungan PPSDM Migas. Studi ini menunjukkan bahwa pemasangan PLTS pada

gedung TUK Scaffolding memberikan manfaat penghematan energi yang jelas, namun dari segi finansial memerlukan evaluasi lebih lanjut untuk meningkatkan kelayakan ekonominya. Penerapan insentif, optimasi teknologi, atau perpanjangan periode analisis dapat membuat proyek ini lebih menarik secara ekonomi, terutama dalam mendukung transisi energi bersih yang berkelanjutan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Halim, L. (2022). Analisis Teknis dan Biaya Investasi Pemasangan PLTS On Grid dan Off Grid di Indonesia. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 5(2), 131-136.
- Kafka, J. L., & Miller, M. A. (2019). A climatology of solar irradiance and its controls across the United States: Implications for solar panel orientation. *Renewable Energy*, 135, 897-907. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.057>
- Karim, S., Cahyanto, D., & Banjarmasin, M. (2019). Analisa Penggunaan Solar Cell Pada Rumah Tinggal Untuk Keperluan Penerangan dan Beban Kecil. *Jurnal EEICT*, 2(1).
- Muttaqin, I., Irhamni, G., & Agani, W. (2016). Analisa rancangan sel surya dengan kapasitas 50 watt untuk penerangan parkir Uniska. *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(1).
- Pasaribu, S. E., Fadhilah, N. H. K., & Kusumah, I. H. (2023). Analisis Biaya dan Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Perumahan Taman Lestari Nagrak. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 9(1), 129-138.
- Ramadhana, R. R., Iqbal, M., Hafid, A., & Adriani, A. (2022). Analisis PLTS On Grid. *Vertex Elektro*, 14(1), 12-25.
- Sitorus, B., Hidayat, R. D. R., & Prasetya, O. (2014). Pengelolaan Penggunaan Bahan Bakar Minyak yang Efektif pada Transportasi Darat. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)*, 1(2). <https://doi.org/10.54324/j.mtl.v1i2.12>
- Suprianto, S. (2021). Analisa Perhitungan untuk Pemasangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Solar Home System. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 60-67.
- Umam, M. F., Saputro, F. P., Al Asy'ari, M. R., Selia, S., Sunaryo, A. F., & Yuliatin, U. (2021). Performance analysis of 120 KWp grid-connected rooftop solar photovoltaic system in Central Java. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, 3(2), 103-116.
- Usman, M. K. (2020). Analisis intensitas cahaya terhadap energi listrik yang dihasilkan panel surya. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 9(2), 52-57.

