

Analisis Biaya Perancangan *Uprating Capacity* PLTS Gedung *Multi Effect Desalination* (MED) di PT PLN Indonesia Power PLTU Suralaya Unit 8

Reza Firdaus¹ , Arifia Ekayuliana^{1*}, dan Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra¹

¹Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

E-mail address: arifia.ekayuliana@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

PLTU Suralaya Unit 8 telah mengoperasikan PLTS atap berkapasitas 31.050 Wp untuk mendukung kebutuhan energi Hydrogen Plant. Namun, kapasitas tersebut belum mencukupi kebutuhan energi harian yang mencapai sekitar 861,81 kWh/hari. Penelitian ini bertujuan menganalisis perencanaan biaya dan kelayakan finansial PLTS atap 55,6 kWp pada Gedung Multi Effect Desalination (MED) sebagai upaya *uprating capacity*. Metode penelitian meliputi identifikasi kebutuhan beban, penentuan kapasitas komponen utama, simulasi produksi energi menggunakan PVsyst, penyusunan Rencana Anggaran Biaya, serta analisis kelayakan finansial menggunakan NPV, IRR, ROI, dan *payback period*. Hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem PLTS on-grid berkapasitas 55,6 kWp mampu menghasilkan energi sebesar 82.672 kWh/tahun dengan *Performance Ratio* 84,87%. Total investasi setelah pajak sebesar Rp1.098.948.728. Hasil analisis finansial menunjukkan NPV positif sebesar Rp293.691.343, IRR 8,47%, ROI 26,72%, dan *payback period* sekitar 17,4–18 tahun. Dengan demikian, rancangan PLTS atap Gedung MED dinilai layak secara teknis dan finansial sebagai alternatif peningkatan kapasitas energi hijau di PLTU Suralaya Unit 8.

Kata-kata kunci: PLTS , *Uprating Capacity*, Kelayakan Finansial, Energi Hijau

Abstract

Suralaya Unit 8 Coal-Fired Power Plant has operated an existing rooftop solar photovoltaic system with a capacity of 31,050 Wp to support the energy demand of the Hydrogen Plant. However, this capacity is still insufficient to meet the daily energy requirement, which reaches approximately 861.81 kWh/day. This study aims to analyze the cost planning and financial feasibility of a 55.6 kWp rooftop solar photovoltaic system on the Multi Effect Desalination (MED) Building as an effort to increase capacity through *uprating*. The research method includes load demand identification, determination of main component capacity, energy production simulation using PVsyst, preparation of the Cost Budget Plan, and financial feasibility analysis using Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Return on Investment (ROI), and *payback period*. The design results show that the 55.6 kWp on-grid solar photovoltaic system is able to generate 82,672 kWh/year, with a *Performance Ratio* of 84.87%. The total investment cost after tax is IDR 1,098,948,728. The financial analysis shows a positive NPV of IDR 293,691,343, an IRR of 8.47%, an ROI of 26.72%, and a *payback period* of approximately 17.4–18 years. Therefore, the proposed rooftop solar photovoltaic system on the MED Building is considered technically and financially feasible as an alternative for increasing green energy capacity at Suralaya Unit 8 Coal-Fired Power Plant.

Keywords: PLTS , *Uprating Capacity*, Financial Feasibility, Green Energy

1. PENDAHULUAN

Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025–2034 menempatkan pengembangan pembangkit berbasis Energi Baru Terbarukan (EBT) sebagai bagian penting dalam perencanaan ketenagalistrikan nasional. Salah satu sumber EBT yang relevan untuk dikembangkan di Indonesia adalah energi surya, karena

ketersediaan radiasi matahari relatif tinggi sepanjang tahun dan dapat dimanfaatkan pada berbagai skala kebutuhan. Dalam konteks pemanfaatan energi di sektor pembangkitan, PLTS atap menjadi pilihan yang cukup aplikatif karena dapat dipasang pada area bangunan yang tersedia, tidak memerlukan lahan baru yang luas, serta dapat membantu mengurangi pemakaian listrik dari sistem eksisting. Oleh karena itu, penerapan PLTS atap pada fasilitas pembangkit dapat menjadi langkah teknis untuk meningkatkan efisiensi energi dan mendukung peningkatan kontribusi energi bersih sesuai arah RUPTL 2025–2034 [3].

Implementasi pemanfaatan energi bersih juga dilakukan di PLTU Suralaya Unit 8 yang merupakan bagian dari PT PLN Indonesia Power. Meskipun masih menggunakan batubara sebagai bahan bakar utama, PLTU Suralaya Unit 8 terus mengembangkan inovasi berbasis EBT untuk meningkatkan efisiensi operasional dan menekan emisi karbon. Salah satu fasilitas penting di unit ini adalah *Hydrogen Plant* yang berfungsi memproduksi dan menyuplai hidrogen sebagai media pendingin generator. Keberadaan *Hydrogen Plant* berperan penting dalam menjaga keandalan operasi pembangkit, sekaligus membuka peluang pengembangan sistem energi bersih berbasis hidrogen di masa depan.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas perancangan dan kelayakan ekonomi PLTS atap pada berbagai jenis bangunan. Yunesti dkk. menganalisis kelayakan tekno-ekonomi PLTS *on-grid* pada Gedung Balai Pelatihan Pertanian Lampung dan memperoleh rancangan PLTS atap 6,05 kWp dengan produksi energi tahunan 8.715,9 kWh, *Performance Ratio* 80,6%, NPV positif, IRR 12,76%, serta *discounted payback period* pada tahun ke-15 [12]. Hasil tersebut menunjukkan bahwa PLTS atap dapat dinilai layak apabila produksi energi dan manfaat ekonominya mampu menutup biaya investasi selama umur proyek.

Penelitian lain oleh Suparwoko dan Qamar membahas analisis tekno-ekonomi PLTS atap pada bangunan masjid di Purworejo, Indonesia. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kelayakan PLTS atap sangat dipengaruhi oleh tarif listrik, biaya komponen, regulasi, serta skenario kebijakan yang digunakan dalam perhitungan ekonomi [13]. Dengan demikian, analisis finansial menjadi aspek penting dalam menentukan apakah rancangan PLTS atap layak diterapkan pada suatu bangunan.

Selain itu, Al-Hanoot dkk. melakukan analisis tekno-ekonomi PLTS atap pada bangunan industri dengan menggunakan simulasi PVsyst untuk membandingkan beberapa konfigurasi teknologi PV. Studi tersebut menunjukkan bahwa pemilihan konfigurasi sistem, kondisi lokasi, biaya instalasi, biaya pemeliharaan, dan regulasi setempat berpengaruh terhadap performa energi dan kelayakan ekonomi sistem PLTS atap [14].

Pramadya dan Kim [15] menunjukkan bahwa kelayakan PLTS atap di Indonesia sangat dipengaruhi oleh biaya investasi, tarif listrik, skema net-metering, dan insentif pemasangan. Zhu dkk. [16] juga menunjukkan bahwa variasi skenario desain dan strategi pemanfaatan energi berpengaruh terhadap hasil tekno-ekonomi PLTS atap.

Berdasarkan penelitian terdahulu, kajian PLTS atap umumnya berfokus pada bangunan publik, rumah ibadah, gedung pelatihan, atau bangunan industri secara umum [12]–[14]. Namun, kajian yang secara khusus membahas perancangan *uprating capacity* PLTS atap untuk mendukung kebutuhan energi *Hydrogen Plant* pada lingkungan PLTU masih terbatas. Selain itu, belum banyak penelitian yang menggabungkan kondisi aktual fasilitas pembangkit, keterbatasan area atap Gedung MED, simulasi produksi energi menggunakan PVsyst, penyusunan RAB, serta analisis kelayakan finansial dalam satu studi terintegrasi.

Kebaruhan penelitian ini terletak pada perancangan PLTS atap 55,6 kWp pada Gedung MED PLTU Suralaya Unit 8 sebagai solusi *uprating capacity* untuk mendukung kebutuhan energi *Hydrogen Plant*. Penelitian ini tidak hanya menghitung potensi produksi energi, tetapi juga menyusun estimasi biaya investasi dan menilai kelayakan finansial melalui NPV, IRR, ROI, dan *payback period*. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis dalam perencanaan peningkatan kapasitas energi hijau di lingkungan pembangkit listrik eksisting.

Sejak tahun 2023, PLTU Suralaya Unit 8 telah mengoperasikan PLTS atap eksisting berkapasitas 31.050 Wp pada gedung *Fire Fighting Pump House* untuk mendukung kebutuhan listrik *Hydrogen Plant*. Namun, kapasitas tersebut belum mampu memenuhi kebutuhan energi *Hydrogen Plant* yang mencapai sekitar 861,8 kWh per hari. Kondisi tersebut menjadi dasar perlunya kajian perancangan PLTS atap tambahan pada Gedung MED PLTU Suralaya Unit 8. Perancangan ini diarahkan sebagai upaya *uprating capacity* untuk mendukung kebutuhan energi *Hydrogen Plant* melalui pemanfaatan area atap yang tersedia. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis rancangan teknis, estimasi biaya investasi, potensi produksi energi, serta kelayakan finansial PLTS atap Gedung MED sebagai bagian dari peningkatan pemanfaatan energi hijau di lingkungan pembangkit.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan studi kasus perancangan PLTS atap pada MED PLTU Suralaya Unit 8 dengan pendekatan deskriptif-kuantitatif. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual di lapangan, meliputi keberadaan PLTS eksisting, kebutuhan energi *Hydrogen Plant*, kondisi area atap Gedung

MED, serta potensi pemanfaatannya sebagai lokasi penambahan kapasitas PLTS. Selanjutnya, pendekatan kuantitatif digunakan untuk menghitung kapasitas sistem yang dirancang, jumlah modul PV, estimasi produksi energi tahunan, kebutuhan biaya investasi, dan kelayakan finansial proyek. Objek penelitian ini adalah rancangan PLTS atap *on-grid* berkapasitas 55,6 kWp sebagai upaya *uprating capacity* untuk mendukung kebutuhan energi *Hydrogen Plant*. Hasil akhir dari penelitian ini meliputi rancangan teknis PLTS, estimasi produksi energi, Rencana Anggaran Biaya (RAB), serta nilai kelayakan finansial berdasarkan *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Return on Investment* (ROI), dan *payback period*.

2.2 Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian dilakukan pada Gedung MED di lingkungan PT PLN Indonesia Power PLTU Suralaya Unit 8. Lokasi ini dipilih karena memiliki potensi area atap yang dapat dimanfaatkan untuk pemasangan modul PV sebagai tambahan kapasitas PLTS atap. Secara operasional, rancangan PLTS ini diarahkan untuk mendukung kebutuhan energi *Hydrogen Plant* yang sebelumnya telah memperoleh suplai dari PLTS eksisting berkapasitas 31.050 Wp.

Objek yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi kebutuhan energi *Hydrogen Plant*, kondisi area atap Gedung MED, potensi radiasi matahari, kapasitas sistem PLTS yang dirancang, konfigurasi modul PV dan *inverter*, estimasi biaya investasi, serta kelayakan finansial proyek selama umur operasi sistem. Lokasi rencana perancangan PLTS ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Rencana Perancangan PLTS

Sumber: Dokumentasi penulis, 2026

2.3 Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lokasi, pengukuran area atap Gedung MED, observasi kondisi fisik bangunan, identifikasi potensi bayangan, diskusi dengan pihak pengguna, serta pengumpulan informasi kebutuhan energi *Hydrogen Plant*. Data primer tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan kapasitas sistem, jumlah modul, tata letak modul, dan kebutuhan komponen pendukung.

Data sekunder meliputi data radiasi matahari dari *Global Solar Atlas* [8], *datasheet* modul surya [7], *datasheet inverter* [10], standar instalasi PLTS [1], [11], tarif listrik [6], data inflasi [4], serta referensi perhitungan finansial [2]. Studi literatur digunakan untuk memastikan rancangan sistem sesuai dengan aspek teknis, operasional, dan ekonomi.

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah untuk menentukan kapasitas PLTS, jumlah modul PV, kapasitas *inverter*, kebutuhan kabel, sistem proteksi, tata letak modul, simulasi produksi energi menggunakan PVsyst, penyusunan Rencana Anggaran Biaya, dan analisis kelayakan finansial.

2.4 Variabel Penelitian dan Asumsi Dasar

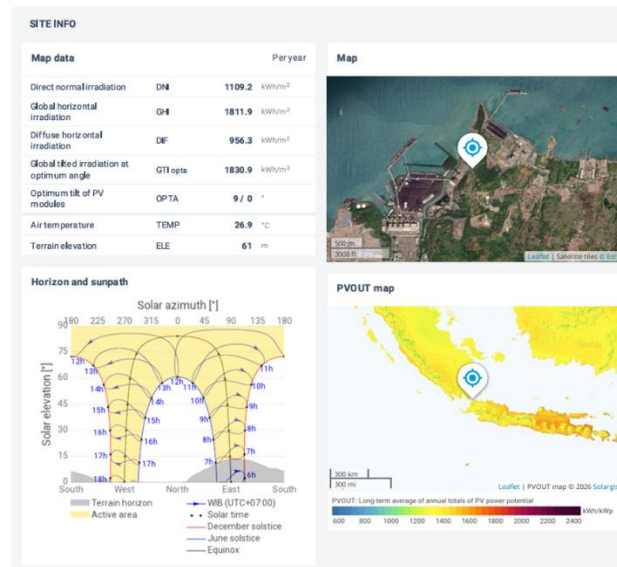
Variabel penelitian dibagi menjadi variabel independen, variabel dependen, dan variabel asumsi. Variabel independen dalam penelitian ini meliputi kapasitas PLTS, jumlah modul PV, kapasitas inverter, sudut kemiringan panel, luas area atap, potensi radiasi matahari, spesifikasi komponen, dan biaya investasi. Variabel-variabel tersebut menjadi faktor masukan dalam proses perancangan dan simulasi.

Variabel dependen meliputi produksi energi tahunan, *specific production*, *Performance Ratio*, *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, *Return on Investment*, dan *payback period*. Variabel ini digunakan sebagai indikator untuk menilai performa teknis dan kelayakan finansial rancangan PLTS.

Asumsi dasar yang digunakan dalam analisis adalah sebagai berikut: sistem PLTS dirancang menggunakan konfigurasi *on-grid* tanpa baterai, umur proyek ditetapkan selama 30 tahun berdasarkan umur teknis modul PV [7], tarif energi yang digunakan sebesar Rp1.444/kWh [6], *discount rate* sebesar 6% [5], inflasi biaya operasi dan pemeliharaan sebesar 3,08% per tahun [4], serta pajak pertambahan nilai sebesar 11% (Asumsi RAB). Asumsi tersebut digunakan secara konsisten dalam perhitungan biaya dan kelayakan finansial.

2.5 Survei Lokasi dan Pengukuran Area

Survei lokasi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian Gedung MED sebagai lokasi pemasangan PLTS atap. Kegiatan ini meliputi peninjauan kondisi fisik bangunan, identifikasi luas area atap yang tersedia, orientasi bangunan, potensi bayangan dari objek sekitar, akses instalasi, akses pemeliharaan, serta jarak terhadap sistem kelistrikan eksisting. Pengukuran area dilakukan untuk menentukan kapasitas maksimum modul PV yang dapat dipasang pada atap Gedung MED. Selain itu, kondisi lingkungan PLTU Suralaya Unit 8 juga diperhatikan karena berpotensi menimbulkan debu dan kotoran pada permukaan panel. Faktor ini menjadi pertimbangan dalam pemilihan sudut kemiringan panel agar produksi energi, performa sistem, dan kemudahan pembersihan dapat tetap terjaga. Potensi radiasi matahari dianalisis menggunakan data *Global Solar Atlas* untuk wilayah Banten pada koordinat sekitar -05.884972° dan 106.040147° [8]. Berdasarkan data tersebut, nilai Global Horizontal Irradiation sebesar $1.811,9 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$, *Global Tilted Irradiation* sebesar $1.830,9 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun}$, dan sudut optimum modul PV sekitar 9° terlihat pada gambar 2. Data ini digunakan sebagai acuan awal dalam simulasi produksi energi PLTS.



Gambar 2. Potensi Radiasi Matahari di Area PLTU Suralaya 8

Sumber : *Global Solar Atlas*, 2026

2.6 Perancangan Teknis Sistem PLTS

Perancangan teknis sistem PLTS dilakukan untuk menentukan konfigurasi utama sistem yang akan disimulasikan dan dianalisis secara finansial. Tahapan perancangan meliputi penentuan kapasitas sistem PLTS, pemilihan spesifikasi modul PV, penentuan kapasitas inverter, konfigurasi sistem *on-grid*, kebutuhan kabel, perangkat proteksi, *grounding*, *mounting system*, serta tata letak modul pada atap Gedung MED. Kapasitas PLTS yang direncanakan adalah 55,6 kWp atau 55.600 Wp. Jumlah modul PV ditentukan berdasarkan perbandingan antara kapasitas sistem yang direncanakan dan kapasitas daya tiap modul. Perhitungan jumlah modul dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{\text{Kapasitas Sistem}}{\text{Kapasitas Modul}}$$

Modul PV yang digunakan dalam perancangan adalah modul *monocrystalline* berkapasitas 695 Wp, sedangkan *inverter* yang digunakan disesuaikan dengan kapasitas sistem pada sisi DC dan kebutuhan keluaran AC. Sistem dirancang menggunakan konfigurasi *on-grid*, yaitu energi listrik DC dari modul PV dikonversi menjadi listrik AC oleh *inverter*, kemudian disalurkan ke sistem kelistrikan eksisting melalui panel distribusi dan perangkat proteksi. Hasil perhitungan jumlah modul, konfigurasi sistem, serta kebutuhan komponen selanjutnya disajikan pada bagian hasil dan pembahasan.

2.7 Parameter Simulasi Menggunakan PVsyst

Simulasi produksi energi dilakukan menggunakan perangkat lunak PVsyst V8.1.2 [9]. Simulasi ini bertujuan untuk memperkirakan energi tahunan yang dapat dihasilkan oleh sistem PLTS, nilai *specific production*, serta *Performance Ratio*. Parameter utama yang digunakan dalam simulasi meliputi lokasi sistem di wilayah PLTU Suralaya Unit 8 dengan koordinat sekitar $-5,88^\circ \text{ LS}$ dan $106,03^\circ \text{ BT}$ [8], sistem PLTS *on-grid*, kapasitas *array* 55,6 kWp, jumlah modul 80 unit, kapasitas tiap modul 695 Wp [7], kapasitas *inverter* 50

kWac [10], serta variasi sudut kemiringan panel. Sudut kemiringan panel disimulasikan pada rentang 4° sampai 14° untuk mengetahui pengaruh *tilt* terhadap produksi energi dan performa sistem. *Output* utama dari simulasi PVsyst meliputi *produced energy* dalam kWh/tahun, *specific production* dalam kWh/kWp/tahun, dan *Performance Ratio* dalam persen. Hasil simulasi digunakan sebagai dasar untuk menentukan sudut kemiringan panel yang paling sesuai dengan kondisi lokasi. Pemilihan sudut akhir tidak hanya berdasarkan nilai produksi energi tertinggi, tetapi juga mempertimbangkan potensi soiling akibat debu dan kemudahan pembersihan panel.

2.8 Penyusunan Rencana Anggaran Biaya

Penyusunan Rencana Anggaran Biaya dilakukan berdasarkan kebutuhan komponen utama dan komponen pendukung sistem PLTS. Komponen biaya yang dihitung meliputi modul surya, *inverter* dan sistem *monitoring*, *mounting system*, *AC combiner* dan *switchgear*, kabel dan *cable management*, *grounding*, *support facilities*, biaya tenaga kerja, serta pajak pertambahan nilai. Total investasi dihitung dari penjumlahan seluruh komponen biaya sebelum pajak ditambah PPN 11%. Nilai total investasi ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam analisis kelayakan finansial. Selain investasi awal, biaya operasi dan pemeliharaan juga diperhitungkan selama umur proyek 30 tahun dengan mempertimbangkan asumsi inflasi biaya pemeliharaan.

2.9 Analisis Kelayakan Finansial

Analisis kelayakan finansial dilakukan untuk mengetahui apakah rancangan PLTS layak diterapkan dari aspek ekonomi. Indikator yang digunakan adalah *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, *Return on Investment*, dan *payback period* [2].

Net Present Value digunakan untuk mengetahui selisih antara nilai sekarang dari manfaat ekonomi yang dihasilkan PLTS dan biaya yang dikeluarkan selama umur proyek. Proyek dinyatakan layak apabila NPV bernilai positif.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Keterangan:

CF_t = arus kas bersih pada tahun ke-t

r = *discount rate*

n = umur proyek

I₀ = investasi awal

Internal Rate of Return digunakan untuk mengetahui tingkat pengembalian investasi. Proyek dinyatakan layak apabila nilai IRR lebih besar daripada *discount rate* yang digunakan. *Return on Investment* digunakan untuk mengetahui persentase keuntungan terhadap nilai investasi awal. ROI dihitung dengan membandingkan total manfaat bersih terhadap total investasi.

$$ROI = \frac{\text{Total manfaat Bersih}}{\text{Total Invesatasi}} \times 100 \%$$

Payback period digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan agar investasi awal dapat kembali melalui manfaat ekonomi dari produksi energi PLTS. Proyek dinyatakan layak apabila *payback period* lebih pendek daripada umur proyek. Manfaat ekonomi tahunan dihitung berdasarkan energi listrik yang dihasilkan PLTS dan tarif energi yang digunakan. Energi tahunan dari hasil simulasi PVsyst dikalikan dengan tarif listrik Rp1.444/kWh untuk memperoleh estimasi penghematan atau manfaat ekonomi tahunan.

2.10 Validasi Hasil Simulasi dan Perhitungan

Validasi dilakukan dengan mencocokkan kembali data *input* simulasi dan perhitungan finansial terhadap sumber data yang digunakan. Pada tahap simulasi, data lokasi dan radiasi matahari dibandingkan dengan data *Global Solar Atlas*, sedangkan spesifikasi modul PV dan *inverter* disesuaikan dengan *datasheet* komponen. Selain itu, kondisi aktual lokasi seperti orientasi bangunan, potensi bayangan, dan kemungkinan *soiling* juga diperhatikan agar parameter simulasi sesuai dengan kondisi lapangan.

Hasil simulasi PVsyst kemudian ditinjau melalui nilai *produced energy*, *specific production*, dan *Performance Ratio*. Nilai tersebut digunakan untuk memastikan bahwa keluaran simulasi masih berada dalam rentang performa yang wajar untuk sistem PLTS atap *on-grid*. Pada sisi finansial, validasi dilakukan dengan memeriksa konsistensi nilai investasi awal, biaya operasi dan pemeliharaan, tarif energi, *discount rate*, inflasi, serta umur proyek yang digunakan dalam perhitungan NPV, IRR, ROI, dan *payback period*. Dengan tahapan tersebut, hasil simulasi dan analisis finansial dapat ditelusuri berdasarkan sumber data yang jelas.

3. HASIL PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Biaya dan Kebutuhan Modul PV

Berdasarkan kapasitas PLTS yang direncanakan sebesar 55.600 Wp dan kapasitas tiap modul sebesar 695 Wp, jumlah modul PV yang dibutuhkan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{55.600 \text{ Wp}}{695 \text{ Wp}} = 80 \text{ modul}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah modul yang dibutuhkan adalah 80 unit modul PV untuk memenuhi kapasitas sistem yang direncanakan. Selanjutnya, total biaya implementasi PLTS di Gedung MED PLTU Suralaya 8 diperoleh sebesar Rp1.098.948.728, termasuk PPN 11%, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. RAB PLTS di atap gedung MED PLTU Suralaya 8

Komponen biaya	Nilai (Rp)
A. Modul surya	209.211.680
B. Solar inverter dan monitoring	100.950.300
C. Mounting system	168.309.493
D. AC combiner dan switch gear	32.100.700
E. Cabling dan cable management	159.741.400
F. Grounding	49.440.100
G. Support facilities	63.559.400
H. biaya tenaga kerja dan pendukung	206.730.826
Subtotal sebelum pajak	990.043.899
PPN 11%	108.904.829
Total investasi setelah pajak	1.098.948.728

3.2 Produksi Energi

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan menggunakan perangkat lunak PVsyst V8.1.2 [9], perancangan peningkatan kapasitas (*uprating*) PLTS atap pada gedung MED berlokasi di wilayah Salirawaringin, Indonesia (koordinat -5.88° LS dan 106.03° BT), dengan menggunakan 80 unit modul PV jenis *Monocrystalline* TSM-NEG-21C-20-695 Vertex berkapasitas unit 695 Wp [7] yang menghasilkan total kapasitas terpasang sebesar 55.600 Wp pada sisi DC (PV Array) serta satu unit *inverter* SUN2000-50K-MC0 dengan kapasitas *output* AC sebesar 50.000 Wac [10]. Proses simulasi awal adalah dengan penentuan sudut kemiringan (*Tilt*) panel surya dan didapatkan data seperti ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Simulasi Produksi Energi PLTS Atap Gedung MED Menggunakan PvSyst

Kemiringan Panel Surya (<i>Tilt</i>)	Produced Energy (kWh/Year)	Specific Production (kWh/kWp/Year)	Perf. Ratio PR (%)
14°	81.962	1.474	84.48
13°	82.162	1.478	84.58
12°	82.357	1.481	84.68
11°	82.525	1.484	84.78
10°	82.672	1.487	84.87
9°	82.792	1.489	84.96
8°	82.869	1.490	85.02
7°	82.916	1.491	85.07
6°	82.944	1.492	85.11
5°	82.949	1.492	85.15
4°	82.919	1.491	85.18

Berdasarkan hasil simulasi, sudut kemiringan panel yang digunakan dalam perancangan ini adalah 10°. Pemilihan *tilt* tersebut mempertimbangkan kondisi lingkungan PLTU Suralaya 8 yang berpotensi menghasilkan debu dan kotoran yang dapat menempel pada permukaan panel PV. Meskipun pada sudut kemiringan kurang dari 10° nilai *Performance Ratio* (PR) cenderung lebih tinggi, potensi gangguan akibat *soiling* juga menjadi lebih besar. Oleh karena itu, penggunaan *tilt* 10° dipilih untuk menjaga keseimbangan antara produksi energi, performa sistem, dan kemudahan pembersihan permukaan panel.

Jika dibandingkan dengan penelitian Yunesti dkk. pada PLTS *on-grid* Gedung Balai Pelatihan Pertanian Lampung, nilai *Performance Ratio* pada penelitian ini sebesar 84,87% lebih tinggi dibandingkan PR 80,6% pada sistem 6,05 kWp. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan PLTS Gedung MED memiliki performa teknis yang baik. Namun, nilai tersebut masih lebih rendah dibandingkan penelitian Al-Hanoot dkk. pada bangunan industri di Arab Saudi yang memperoleh PR 94,2%, karena perbedaan teknologi modul, skala sistem, kondisi iklim, dan konfigurasi sistem. Dengan demikian, hasil simulasi pada penelitian ini masih berada dalam rentang performa yang layak untuk PLTS atap *on-grid*.

3.3 Analisis Kelayakan Ekonomi

Pada perancangan PLTS ini, analisis ekonomi dilakukan dengan menggunakan asumsi umur proyek selama 30 tahun berdasarkan *datasheet* modul PV Trina [7]. Tarif energi yang digunakan sebesar Rp1.444/kWh berdasarkan tarif listrik PLN, sedangkan inflasi biaya operasi dan pemeliharaan diasumsikan sebesar 3,08% per tahun berdasarkan data inflasi Bank Indonesia bulan Mei 2026 [4].

Discount rate yang digunakan dalam analisis ini sebesar 6%. Nilai tersebut ditetapkan sebagai pendekatan konservatif terhadap biaya modal proyek dengan mempertimbangkan acuan pembiayaan pembangunan dari *Asian Development Bank* (ADB) [5] yang menggunakan skema *reference rate* ditambah *spread*. Perhitungan kelayakan dilakukan dengan membandingkan investasi awal, biaya operasi dan pemeliharaan, serta manfaat ekonomi dari produksi energi PLTS. Hasil perhitungan kelayakan proyek ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kelayakan Proyek

Indikator ekonomi	Hasil
Total investasi awal	Rp1.098.948.728
Biaya pemeliharaan 30 tahun	Rp622.978.524
Produksi energi tahunan	82.672 kWh/tahun
NPV	Rp293.691.343
IRR	8,47%
ROI	26,72%
<i>Payback period</i>	17,4-18 tahun

Nilai NPV yang positif menunjukkan bahwa proyek memberikan nilai ekonomi lebih besar daripada biaya investasi yang dikeluarkan selama umur proyek. IRR sebesar 8,47% lebih tinggi daripada *discount rate* 6%, sehingga proyek dapat dikategorikan layak secara finansial. ROI sebesar 26,72% menunjukkan adanya pengembalian positif terhadap investasi, sedangkan *payback period* sekitar 17,4-18 tahun masih berada di bawah umur proyek 30 tahun.

Tabel 4. Analisis Sensitivitas

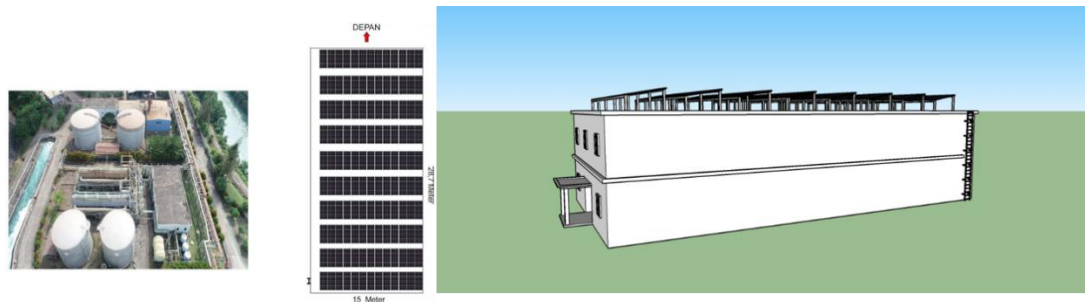
Skenario	Perubahan Parameter	NPV	Payback Period
Dasar	Tarif Rp1.444/kWh; inflasi O&M 3,08%	Rp293.691.343	17,4-18 tahun
Tarif turun 10%	Tarif ±Rp1.300/kWh	±Rp128.772.482	±22,4 tahun
Tarif naik 10%	Tarif ±Rp1.588/kWh	±Rp457.417.097	±14,5 tahun
Investasi naik 10%	Kenaikan biaya awal	±Rp183.199.917	±21,0 tahun
Investasi turun 10%	Efisiensi biaya awal	±Rp402.989.662	±14,5 tahun

Hasil sensitivitas menunjukkan bahwa perubahan tarif listrik dan investasi awal memberikan pengaruh cukup besar terhadap kelayakan proyek. Penurunan tarif listrik 10% memperpanjang *payback period* menjadi sekitar 22,4 tahun, sedangkan kenaikan tarif listrik 10% mempercepat *payback period* menjadi sekitar 14,5 tahun. Kenaikan investasi awal juga menurunkan NPV dan memperpanjang periode pengembalian modal. Namun, seluruh skenario masih menghasilkan NPV positif dan *payback period* lebih pendek daripada umur proyek 30 tahun, sehingga rancangan PLTS tetap layak secara finansial.

Analisis sensitivitas diperlukan karena kelayakan proyek PLTS dapat berubah akibat perubahan tarif listrik, inflasi biaya operasi dan pemeliharaan, investasi awal, serta degradasi modul PV, sebagaimana juga dibahas dalam kajian Najafi dkk. [17].

3.4 Desain PLTS

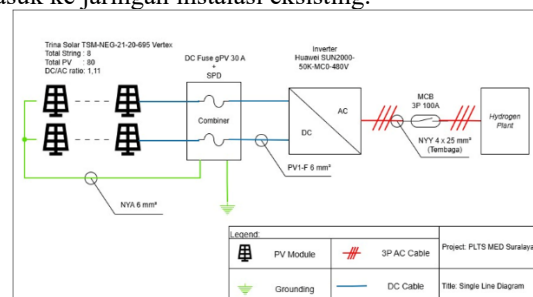
Perancangan tata letak modul PV dilakukan berdasarkan luasan area atap Gedung MED. Pada desain ini digunakan aplikasi *SketchUp* untuk memvisualisasikan tata letak modul secara lebih detail, sehingga posisi, jumlah, dan susunan modul dapat disesuaikan dengan kondisi area yang tersedia. Perancangan *layout* ini bertujuan untuk memaksimalkan pemanfaatan ruang atap, mengurangi potensi bayangan antar modul, serta memastikan kemudahan akses dalam proses instalasi dan pemeliharaan. Berikut pada Gambar 4 ditampilkan hasil desain rancangan PLTS.



Gambar 4. Desain PLTS Gedung MED PLTU Suralaya 8
Sumber: Dokumentasi penulis, 2026

3.5 Single Line Diagram PLTS

Gambar 5 menampilkan *single line diagram* PLTS Gedung MED PLTU Suralaya 8 dengan *sistem on-grid*. Pada sistem ini, energi listrik yang dihasilkan oleh modul PV dalam bentuk arus searah (DC) dialirkan menuju *inverter* untuk dikonversi menjadi arus bolak-balik (AC), kemudian disalurkan melalui panel distribusi dan perangkat proteksi sebelum masuk ke jaringan instalasi eksisting.



Gambar 5. Single Line PLTS Gedung MED PLTU Suralaya 8
Sumber: Dokumentasi penulis, 2026

Secara praktis, rancangan ini menunjukkan bahwa bangunan pendukung di lingkungan PLTU dapat dimanfaatkan sebagai lokasi PLTS atap tanpa membutuhkan lahan tambahan. Penerapan PLTS Gedung MED juga dapat menjadi model awal pengembangan energi hijau pada fasilitas pembangkit lain yang memiliki keterbatasan lahan tetapi memiliki area atap potensial.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis biaya dan perancangan, penambahan PLTS atap pada Gedung *Multi Effect Desalination* (MED) PLTU Suralaya Unit 8 dapat menjadi alternatif *uprating capacity* untuk mendukung kebutuhan listrik *Hydrogen Plant*. Rancangan PLTS berkapasitas 55,6 kWp dinilai mampu memberikan tambahan pasokan energi hijau, sehingga dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap suplai listrik dari sistem eksisting pembangkit.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa rancangan PLTS mampu menghasilkan energi listrik sebesar 82.672 kWh per tahun dengan *Performance Ratio* sebesar 84,87%. Nilai ini menunjukkan bahwa desain sistem memiliki performa yang cukup baik untuk diterapkan pada kondisi lokasi PLTU Suralaya 8. Pemilihan sudut kemiringan

10° juga tidak hanya mempertimbangkan produksi energi, tetapi juga aspek operasional, terutama potensi *soiling* akibat debu dan kemudahan pembersihan panel.

Dari aspek ekonomi, proyek ini menunjukkan hasil yang layak karena menghasilkan NPV positif sebesar Rp293.691.343 dan IRR sebesar 8,47%, lebih tinggi dibandingkan *discount rate* 6%. Selain itu, *payback period* sekitar 17,4–18 tahun masih berada di bawah umur proyek 30 tahun, sehingga investasi PLTS ini berpotensi memberikan manfaat ekonomi selama masa operasinya.

Dengan demikian, perancangan PLTS atap Gedung MED layak dipertimbangkan sebagai upaya peningkatan pemanfaatan energi terbarukan di lingkungan PLTU Suralaya Unit 8. Selain memberikan manfaat finansial, penerapan sistem ini juga mendukung efisiensi pemakaian sendiri pembangkit dan peningkatan kontribusi energi bersih di area operasional PT PLN Indonesia Power. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena analisis didasarkan pada hasil simulasi dan asumsi ekonomi tertentu, serta belum mempertimbangkan degradasi modul PV dan evaluasi operasi jangka panjang. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan analisis degradasi modul, optimasi kapasitas PLTS, evaluasi produksi energi aktual, serta analisis sensitivitas yang lebih luas terhadap perubahan tarif listrik, biaya investasi, dan biaya operasi pemeliharaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih sebesar-besarnya kepada bapak Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T. dan Ibu Arifia Ekayuliana, M.T. yang telah membimbing serta memberi ilmu dan pengalamannya. Dan juga terima kasih kepada pihak manajemen PT PLN Indonesia Power PLTU Suralaya 8 yang telah berkenan mengizinkan penulis dalam proses analisis penelitian di lingkungan PLTU Suralaya 8.

REFERENSI

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia and Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Panduan Instalasi PLTS: Dos & Don'ts. Jakarta, Indonesia: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (EBTKE), 2018.
- [2] The World Bank, "When and how to use NPV, IRR and modified IRR: Notes on the economic evaluation of transport projects," Transport Note TRN-6, Transport Economics, Policy and Poverty Thematic Group, The World Bank, Washington, DC, USA, 2005.
- [3] PT PLN (Persero), Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) Tahun 2025–2034. Jakarta, Indonesia: PT PLN (Persero), 2025.
- [4] Bank Indonesia, "Inflasi IHK Mei 2026 tetap terjaga," Siaran Pers No. 28/112/DKom, Jun. 2, 2026. [Online]. Available: https://www.bi.go.id/id/publikasi/ruang-media/news-release/Pages/sp_2811226.aspx
- [5] Asian Development Bank, "Public sector financing: Lending policies and rates," Asian Development Bank, 2026. [Online]. Available: <https://www.adb.org/what-we-do/public-sector-financing/lending-policies-rates>
- [6] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 7 Tahun 2024 tentang Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan oleh PT PLN (Persero). Jakarta, Indonesia: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2024.
- [7] Trina Solar, Datasheet Vertex N TSM-NEG21C.20: Bifacial Dual Glass Monocrystalline Module 695–720 W. Changzhou, China: Trina Solar Co., Ltd., 2024.
- [8] The World Bank Group, Global Solar Atlas: Solar Resource Report for Banten, Indonesia (-05.884972°, 106.040147°). Washington, DC, USA: The World Bank Group, 2026. [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/>
- [9] PVsyst SA, "PVsyst 8.1 documentation," PVsyst SA, 2026. [Online]. Available: <https://www.pvsyst.com/help/>
- [10] Huawei Technologies Co., Ltd., "SUN2000-50K-MC0 Smart PV Controller datasheet," Huawei FusionSolar, 2026. [Online]. Available: <https://solar.huawei.com/>
- [11] International Electrotechnical Commission, IEC 62548-1:2023 Photovoltaic (PV) Arrays—Part 1: Design Requirements. Geneva, Switzerland: IEC, 2023.

- [12] P. Yunesti, F. A. J. Gamas, F. X. N. Soelami, and W. K. Wardani, "Analisis kelayakan tekno-ekonomi PLTS on-grid pada Gedung Balai Pelatihan Pertanian Lampung," *JITET: Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3S1, pp. 1650–1661, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3S1.7977.
- [13] Suparwoko and F. A. Qamar, "Techno-economic analysis of rooftop solar power plant implementation and policy on mosques: an Indonesian case study," *Scientific Reports*, vol. 12, Art. no. 4823, 2022, doi: 10.1038/s41598-022-08968-6.
- [14] A. K. Al-Hanoot, H. Mokhlis, S. Mekhilef, M. Alghoul, H. Shareef, and Z. Alotaibi, "Techno-economic analysis of cutting-edge PV systems deployment and reconfigurations on rooftop industrial building in Saudi Arabia's eastern region," *Energy Conversion and Management: X*, vol. 25, Art. no. 100873, 2025, doi: 10.1016/j.ecmx.2025.100873.
- [15] F. A. Pramadya and K. N. Kim, "Promoting residential rooftop solar photovoltaics in Indonesia: Net-metering or installation incentives?," *Renewable Energy*, vol. 222, Art. no. 119901, 2024, doi: 10.1016/j.renene.2023.119901.
- [16] X. Zhu, Y. Lv, J. Bi, M. Jiang, Y. Su, and T. Du, "Techno-economic analysis of rooftop photovoltaic system under different scenarios in China university campuses," *Energies*, vol. 16, no. 7, Art. no. 3123, 2023, doi: 10.3390/en16073123.
- [17] M. Najafi, M. D. Mobarez, B. Vahidi, S. H. Hosseinian, and G. B. Gharehpetian, "Stochastic techno-economic assessment of a grid-connected rooftop photovoltaic in Iran," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2025, doi: 10.1016/j.rser.2025.115808.