

# **Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-Grid* Di Gedung Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) UKI- Jakarta Menggunakan Aplikasi *PVSyst***

Blasius Rum Tukan<sup>1</sup>, Bambang Widodo<sup>2</sup>, Robinson Purba<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia

\*Alamat Korespondensi: [blasiusrumtukan@gmail.com](mailto:blasiusrumtukan@gmail.com)

## **Abstrak**

PLTS yang dirancang pada gedung LPPM UKI-Jakarta, merupakan PLTS *on-grid* dengan tujuan untuk menurunkan tagihan biaya listrik. Dalam menganalisis perancangan ini, baik dari sisi teknik maupun sisi ekonomi, digunakan alat bantu aplikasi *PVSyst*. Intensitas radiasi sinar matahari pada lokasi penelitian sebesar 1654,1 kWh/m<sup>2</sup> pertahun dan energi listrik yang dapat dihasilkan sebesar 17.726 kWh/tahun dengan menggunakan modul surya, kapasitas 10.675 Wp. Penghematan biaya pembayaran listrik dengan menggunakan PLTS sebesar Rp15.953.400 dan *break even point* dari PLTS yaitu 9,64 tahun, dihitung setelah dilakukan pembangunan. Pembangunan PLTS ini juga mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di Jakarta, akibat penggunaan energi listrik dari bahan bakar fosil sebesar 158,1 ton selama 25 tahun. Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan ekonomi teknik dari PLTS yang dibangun, ditemukan pengurangan biaya penggunaan energi listrik sebesar 50% dari biaya pembayaran listrik total tiap tahunnya.

Kata kunci: PLTS, *On-grid*, Ekonomi teknik, *PVSyst*

---

**Abstract**

*The PLTS designed in the LPPM UKI-Jakarta building is an on-grid PLTS with the aim of lowering electricity bills. In analyzing this design, both from a technical and economic perspective, the PVsyst application tool was used. The intensity of solar radiation at the study site is 1654.1 kWh/m<sup>2</sup> per year and the electrical energy that can be generated is 17,726 kWh/year using solar modules, a capacity of 10,675 Wp. Savings in the cost of paying for electricity using PLTS amounted to IDR 15,953,400 and the break even point of PLTS is 9.64 years, calculated after construction has been carried out. The construction of this PLTS also reduces CO<sub>2</sub> emissions in Jakarta, due to the use of electricity from fossil fuels by 158.1 tons for 25 years. Based on the simulation results and engineering economic calculations from the PLTS being built, a reduction in the cost of using electricity was found to be 50% of the total cost of paying for electricity each year.*

*Keywords: PLTS, On-grid, Engineering economics, PVsyst*

## **I. PENDAHULUAN**

Penggunaan energi listrik di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahun, namun sebaliknya dengan cadangan bahan bakar energi fosil yang semakin berkurang, yaitu bahan bakar batubara sekitar 38,84 miliar ton dengan rata-rata produksi sebesar 600 juta ton per tahun diperkirakan bertahan hingga 65 tahun kedepan<sup>[1]</sup>. Dampak dari pembakaran bahan bakar fosil adalah meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca seperti gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Berlebihnya gas rumah kaca akan menangkap cahaya matahari sehingga akan menyebabkan terjadinya perubahan iklim<sup>[2]</sup>. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan membangun pembangkit listrik energi terbarukan yang dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan dapat menciptakan bangunan tanpa emisi CO<sub>2</sub><sup>[3]</sup>,

sesuai Peraturan Pemerintah No.79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, dimana pada bab 2 pasal 9 berisi pembatasan penggunaan sumber energi fosil dan menargetkan penggunaan energi baru dan terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan paling sedikit sebesar 31% pada tahun 2050<sup>[4]</sup>, seperti tenaga surya, hidro, bioenergi, bayu, panas bumi, laut, dan nuklir<sup>[5]</sup>.

Cadangan energi fosil yang semakin sedikit, mengurangi gas karbon dioksida, melaksanakan Peraturan Pemerintah no.79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional serta potensi tenaga surya 4,80 kWh/m<sup>2</sup>/hari di Indonesia<sup>[6]</sup> merupakan landasan untuk membangun PLTS, antara lain pada perumahan, gedung perkantoran, dan termasuk gedung perkuliahan di kampus.

Terdapat beberapa jenis PLTS yaitu, *hybrid*, *off-grid*, dan *on-grid*. PLTS *hybrid*

adalah sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik PLN dan menggunakan baterai sebagai tempat penyimpanan energi listrik. Sistem ini sangat cocok digunakan didaerah dengan energi listrik yang tidak stabil<sup>[7]</sup>. PLTS *off-grid* adalah sistem PLTS yang sangat tergantung kepada besarnya intensitas radiasi matahari, karena tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN. Sistem ini sangat cocok digunakan didaerah yang belum terhubung dengan jaringan listrik PLN<sup>[8]</sup>. PLTS *on-grid* adalah sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik PLN tanpa menggunakan baterai sebagai tempat penyimpanan energi. Sistem ini sangat cocok digunakan didaerah yang sudah terhubung dengan jaringan listrik PLN<sup>[9]</sup>.

Universitas Kristen Indonesia, dapat berperan dalam merealisasikan program pemerintah untuk membangun PLTS. Dalam menciptakan bangunan tanpa emisi CO<sub>2</sub> dapat dimulai dari bangunan dalam kampus, salah satunya membangun PLTS *on-grid* di gedung LPPM. Beberapa alasan dalam pemilihan PLTS *on-grid* yaitu, bahwa sistem ini dapat menghemat biaya dari segi operasional, karena tidak memerlukan baterai dan lokasi PLTS yang memungkinkan dapat dihubungkan dengan jaringan PLN. Lembaga ini merupakan suatu lembaga kampus yang mendukung dan memfasilitasi mahasiswa dan dosen dalam melakukan penelitian.

Dalam membangun PLTS perlu dilakukan perancangan, baik dari aspek

teknis maupun aspek ekonomis. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk merancang sistem PLTS *on-grid* di gedung LPPM UKI-Jakarta.
2. Untuk menganalisis penghematan biaya ketika menggunakan PLTS di gedung LPPM UKI-Jakarta.
3. Untuk menentukan *Break Even Point* (BEP) dari PLTS *on-grid* di gedung LPPM UKI-Jakarta.
4. Untuk menentukan peran PLTS terhadap pemanasan global melalui pengurangan karbon dioksida.

## II. LANDASAN TEORI

Energi matahari merupakan pancaran panas dan radiasi dari matahari yang digunakan sebagai sumber energi yang mendukung kehidupan manusia dengan menggunakan PLTS. Energi matahari ini dipancarkan ke segala arah dengan rumus *Planck's blackbody* yang dinyatakan oleh persamaan (1)<sup>[10]</sup>.

$$W_{\lambda} = \frac{2\pi hc^2 \lambda^{-5}}{e^{(hc/\lambda kT)} - 1} \quad (1)$$

Keterangan:

$W_{\lambda}$  : kerapatan radiasi spektrum elektromagnetik (W/m<sup>2</sup>/satuan panjang gelombang dalam meter)

$c$  : kecepatan cahaya (m/s)

$\lambda$  : panjang gelombang (m)

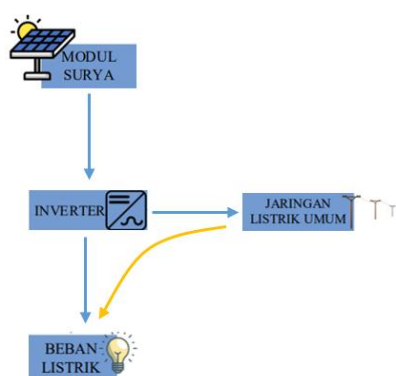
$h$  :  $6,63 \times 10^{-34}$  watt second<sup>2</sup> (Planck's Constant)

$k$  :  $1,38 \times 10^{-23}$  Joules/°K (Boltzmann's Constant)

$T$  : Temperatur (°K)

Persamaan (1) yang menunjukkan komposisi spektrum kerapatan radiasi matahari dari rumus *planck's blackbody* dipengaruhi oleh temperatur dan temperatur mempengaruhi warna pada spektrum matahari.

Prinsip kerja PLTS sebagaimana gambar 1, adalah mengubah radiasi sinar matahari oleh modul surya menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan modul surya merupakan tegangan listrik searah (*Direct Current* atau DC). Untuk mengubah tegangan listrik searah menjadi tegangan listrik bolak-balik (*Alternating Current* atau AC), diperlukan inverter. Energi listrik dengan tegangan bolak-balik yang keluar dari inverter, dapat digunakan oleh beban listrik dan dapat pula dijual ke jaringan listrik PLN. Ketika energi listrik yang dihasilkan jaringan PLTS tidak mencukupi kebutuhan beban, maka kekurangan energi tersebut, dapat dipasok dari jaringan listrik PLN.

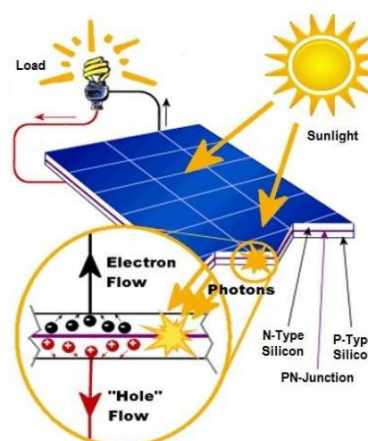


Gambar 1. Prinsip Kerja PLTS

## 2.1 Modul Surya

Modul surya adalah alat untuk menyerap radiasi sinar matahari dan mengkonversinya menjadi energi listrik. Gambar 2 memperlihatkan modul surya yang terdiri dari 2 jenis semikonduktor, yaitu semikonduktor tipe-n yang memiliki kelebihan elektron dan semikonduktor tipe-p yang memiliki kelebihan lubang (*hole*).

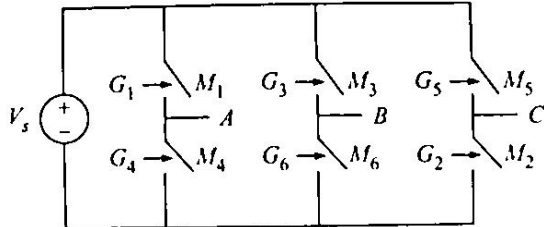
Ketika kedua jenis semikonduktor ini bersatu, maka akan membentuk daerah *depleksi*. Pada daerah *depleksi* akan timbul medan listrik yang berfungsi untuk mencegah seluruh elektron dan *hole* berpindah dari satu semikonduktor ke semikonduktor lain. Ketika radiasi matahari mencapai daerah *depleksi* maka akan terbentuk kombinasi-kombinasi elektron dan *hole* yang nantinya didorong kesisi masing-masing tipe. Elektron yang bergerak bebas dikumpulkan pada jari-jari metal tipis dipuncak sel, yang mengalir melalui siklus eksternal dan melakukan kerja elektrik sebelum kembali melalui aluminium konduktif menuju lubang pada semikonduktor tipe-p [11].



Gambar 2. Prinsip kerja modul surya [11]

## 2.2 Inverter

Inverter merupakan alat elektronik yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah menjadi arus listrik bolak-balik.



Gambar 3. Rangkaian prinsip kerja inverter 3-fasa [12]

Gambar 3 menunjukkan rangkaian prinsip kerja inverter tiga fasa dengan asumsi beban pada keluaran inverter adalah motor listrik, dimana sakelar G1, G3, dan G5 bernilai positif, sedangkan untuk G4, G6, dan G2 bernilai negatif, sehingga ketika terjadi pengaturan penyalan sakelar maka dapat diperoleh nilainya, dengan urutan penyalannya sebagai berikut

1. Saklar G1, G5 dan G6 ON  
sedangkan G2, G3 dan G4 OFF
2. Saklar G6, G2 dan G1 ON  
sedangkan G3, G4 dan G5 OFF
3. Saklar G1, G2 dan G3 ON  
sedangkan G4, G5 dan G6 OFF
4. Saklar G4, G2 dan G3 ON  
sedangkan G1, G5 dan G6 OFF
5. Saklar G5, G4 dan G3 ON  
sedangkan G1, G2 dan G6 OFF
6. Saklar G4, G5 dan G6 ON  
sedangkan G1, G2 dan G3 OFF

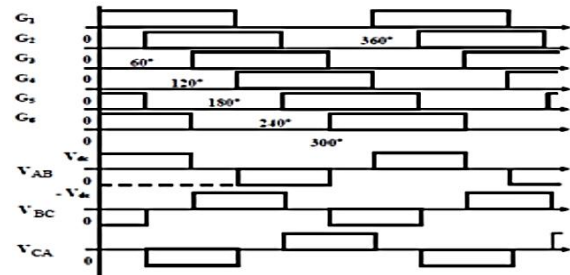
Pada urutan penyalan sakelar 1, ketika G<sub>1</sub>, G<sub>5</sub>, dan G<sub>6</sub> terpicu, maka  $V_{AB} =$

$+V_s$ ,  $V_{BC} = -V_s$ , dan  $V_{CA} = 0$ , sehingga untuk mendapatkan keluaran tegangan AC harus dilakukan dengan rangkaian urutan penyalan sakelar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1 yang menampilkan urutan penyalan sakelar dengan keluaran  $V_{AB}$ ,  $V_{BC}$ , dan  $V_{CA}$  beserta dengan waktunya.

Tabel 1. Urutan penyalan sakelar dengan keluarannya

Urutan Penyalan Sakelar	Tegangan saluran ke saluran			Waktu (t)
	$V_{AB}$	$V_{BC}$	$V_{CA}$	
1	$+V_s$	$-V_s$	0	$60^\circ$
2	$+V_s$	0	$-V_s$	$120^\circ$
3	0	$+V_s$	$-V_s$	$180^\circ$
4	$-V_s$	$+V_s$	0	$240^\circ$
5	$-V_s$	0	$+V_s$	$300^\circ$
6	0	$-V_s$	$+V_s$	$360^\circ$

Tegangan keluaran saluran ke saluran seperti pada tabel diatas akan membentuk gelombang keluaran inverter seperti gambar 4[12].



Gambar 4. Gelombang keluaran inverter 3 fasa [12]

## 2.3 Ekonomi Teknik

Perhitungan biaya investasi dalam pembangunan PLTS dengan masa operasi PLTS selama 25 tahun [13], didasarkan pada pinjaman dari bank dengan bunga bank Indonesia sebesar 5,75% pada bulan April 2023 [14].

### 2.3.1 Biaya siklus hidup (*Life cycle cost*)

*Life cycle cost* (LCC) merupakan penjumlahan dari investasi awal dengan biaya operasional dan pemeliharaan seperti diperlihatkan pada persamaan (2).

$$LCC = C + M_{PW} \quad (2)$$

Keterangan:

LCC : biaya siklus hidup

C : biaya investasi awal

$M_{PW}$  : biaya pemeliharaan dan operasional dalam jangka waktu lama.

Persamaan (3) menunjukkan perhitungan biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) selama masa kerja dari PLTS selama 25 tahun dengan asumsi bahwa biaya operasional dan pemeliharaan konstan.

$$M_{PW} = O\&M \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (3)$$

Keterangan:

O&M : biaya untuk pemeliharaan dan operasional tahunan

i : tingkat suku bunga bank

n : umur proyek

### 2.3.2 Faktor diskon (*Discount Factor*)

*Discount Factor* (DF) merupakan suatu angka yang digunakan untuk membandingkan biaya pengeluaran dengan penerimaan sebagaimana ditunjukkan oleh persamaan (4)

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (4)$$

### 2.3.3 Faktor pemulihan modal (*Capital recovery factor*)

*Capital recovery factor* (CRF) merupakan suatu angka yang digunakan untuk menentukan jumlah pembayaran yang diperlukan secara berkala untuk mengembalikan modal awal yang diinvestasikan dalam jangka waktu tertentu, dihitung berdasarkan persamaan (5).

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5)$$

### 2.3.4 Break even point

*Break even point* (BEP) merupakan waktu yang diperlukan agar biaya investasi dapat dikembalikan melalui pendapatan dari PLTS atau titik impas dan dihitung berdasarkan persamaan (6).

$$BEP = \frac{LCC}{W \times \text{harga jual listrik}} \quad (6)$$

Keterangan:

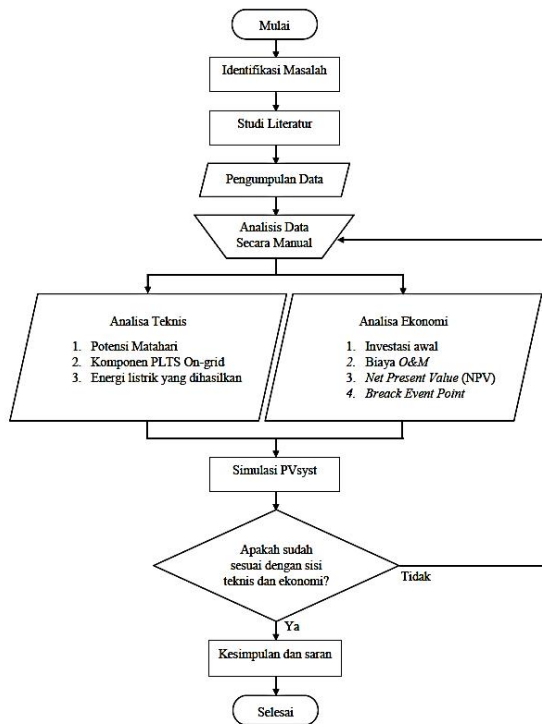
W : Energi listrik yang dihasilkan dalam setahun<sup>[15,16]</sup>.

## III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah metode penelitian yang menggunakan angka sebagai data dan kemudian menganalisisnya<sup>[17]</sup>. Metode kuantitatif dalam penelitian ini, menggunakan beberapa variabel penelitian yang menjadi komponen utama, yaitu

gedung LPPM UKI-Jakarta (variabel terikat), aplikasi PVSyst (variabel bebas), dan data beban listrik (variabel kontrol).

Penelitian dilakukan melalui berbagai proses sebagaimana ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

## IV. HASIL DAN ANALISIS PERHITUNGAN

### 4.1 Data Beban Listrik dan Data Konstruksi Atap Gedung

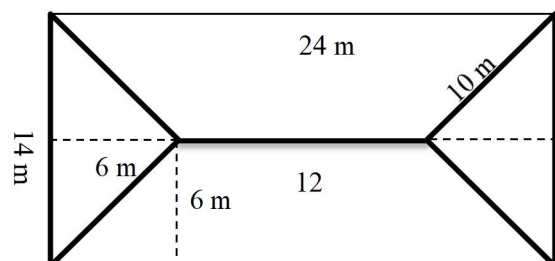
Dalam menentukan kapasitas PLTS yang akan dibangun, terlebih dilakukan survei terhadap beban total listrik yang digunakan pada gedung. Hasil survei beban listrik pada gedung LPPM, diperlihatkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data beban listrik

Nama Peralatan	Jumlah		Total Daya (Watt)
	A	B	
<b>Lantai 1 (Golden Kids)</b>			
Lampu LED	17	12	204
Lampu TL	11	19	209
Komputer	4	250	1000
AC 1/2 PK	7	380	2660
Printer	1	12	12
TV	1	61	61
Kulkas	1	75	75
Dispenser	1	85	85
Kipas Angin	1	35	35
Sub total daya Lantai 1			4341
<b>Lantai 2 (LPPM)</b>			
Lampu LED	39	12	468
Lampu TL	4	19	76
Komputer	8	250	2000
AC 1/2 PK	9	380	3420
Printer	3	12	36
TV	1	61	61
Kulkas	1	75	75
Dispenser	1	85	85
Speaker	1	40	40
Sub total daya Lantai 2			6261
Total daya lantai 1 dan lantai 2			10602

Tabel 2 memperlihatkan data beban listrik yang dibutuhkan oleh gedung LPPM adalah sebesar 10.602 watt.

Dalam penentuan jumlah modul surya yang dipasang pada atap gedung, perlu dihitung luas atap dan kebutuhan beban listrik. Tujuannya adalah untuk menghitung jumlah modul surya yang dapat dipasang di atap dan jumlah modul surya yang dapat dipasang sesuai dengan kebutuhan beban listrik pada gedung. Ukuran atap gedung LPPM diperlihatkan pada gambar 6.



Gambar 6. Ukuran atap gedung LPPM

## 4.2 Pengolahan Data

Gambar 6 memperlihatkan bentuk atap gedung yang terdiri dari dua segitiga sama kaki dan dua trapesium, sehingga dalam menentukan luas atap dapat ditentukan dengan menggunakan luas segitiga dan trapesium sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas atap} &= 2 \times \text{Segitiga} + 2 \times \text{Trapesium} \\ \text{Luas atap} &= \left\{ 2 \times \left( \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi} \right) \right\} \\ &\quad + \left\{ 2 \times \left( \frac{1}{2} (a + b) \times \text{tinggi} \right) \right\} \\ \text{Luas atap} &= \left\{ 2 \times \left( \frac{1}{2} \times 14 \times 6 \right) \right\} \\ &\quad + \left\{ 2 \times \left( \frac{1}{2} (12 + 24) \times 6 \right) \right\} \\ \text{Luas atap} &= \{ 2 \times (42) \} + \left\{ 2 \times \left( \frac{1}{2} (36) \times 6 \right) \right\} \\ \text{Luas atap} &= 84 + (2 \times 108) = 84 + 216 \\ \text{Luas atap} &= 300 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dalam pembangunan PLTS pada penelitian ini digunakan modul surya dengan kapasitas 305 Wp dengan ukuran luas 1,63515 m<sup>2</sup> per modul surya.

(1) Perhitungan jumlah modul surya berdasarkan luas atap

Setelah mendapatkan luas atap dan luas modul surya, maka dapat ditentukan jumlah modul surya yang dapat dipasang pada atap gedung.

$$\begin{aligned} \text{Modul surya yang dapat dipasang} &= \frac{\text{Luas atap}}{\text{Luas modul surya}} \\ \text{Modul surya yang dapat dipasang} &= \frac{300 \text{ m}^2}{1,63515 \frac{\text{m}^2}{\text{modul}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modul surya yang dapat dipasang} &= 183,469 \text{ modul} \end{aligned}$$

(2) Perhitungan jumlah modul surya berdasarkan daya listrik yang dibutuhkan

Daya listrik yang dibutuhkan berdasarkan tabel 2 adalah 10.602 watt, sehingga jumlah modul surya yang dibutuhkan dengan kapasitas 305 Wp sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah modul yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Total daya beban}}{\text{Daya modul surya}} \\ \text{Jumlah modul yang dibutuhkan} &= \frac{10.602 \text{ watt}}{305 \frac{\text{watt}}{\text{modul}}} \\ \text{Jumlah modul yang dibutuhkan} &= 34,76 \text{ modul} \\ \text{Jumlah modul yang dibutuhkan} &= 35 \text{ modul} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan (1), jumlah modul surya yang dibutuhkan adalah 183 modul. Berdasarkan hasil perhitungan (2) jumlah modul surya yang dibutuhkan adalah 35 modul surya. Jumlah modul surya yang digunakan pada gedung ini adalah hasil perhitungan (2) dengan alasan lebih hemat biaya karena jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan hasil perhitungan (1). Dari segi konstruksi, beban mekanis atap relatif lebih ringan dibandingkan dengan hasil perhitungan (1).

Jumlah inverter yang dibutuhkan, ditentukan berdasarkan beban puncak<sup>[18]</sup>. Beban puncak dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan pemakaian beban setiap jamnya. Tabel 3 merupakan hasil perhitungan pemakaian beban setiap jam,



dan dari tabel ini diperoleh beban puncak yaitu sebesar 10,602 kW antara pukul 10.00 sampai pukul 11.00.

Tabel 3. Data beban puncak listrik pada gedung

Nama	Jumlah	Daya	Waktu Pemakaian																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lantai 1 (Gedung Kofu)																										
Lampu LED	17	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Komputer	4	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC 1/2PK	7	380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Printer	1	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV	1	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kulkas	1	75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dispenser	1	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Waktu sengap	1	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total beban perjam</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	
<b>Total beban perjam (watt)</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>4245</b>	<b>4306</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	<b>4341</b>	
<b>Total beban perjam (kW)</b>	<b>0,075</b>	<b>0,075</b>	<b>0,075</b>	<b>0,075</b>	<b>0,075</b>	<b>0,075</b>	<b>0,075</b>	<b>4,245</b>	<b>4,306</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	<b>4,341</b>	
Lantai 2 (UPAM)																										
Lampu LED	39	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Komputer	4	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AC 1/2PK	9	380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Printer	3	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TV	1	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kulkas	1	75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dispenser	1	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Speaker	1	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total beban perjam</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	
<b>Total beban perjam (watt)</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>6240</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	<b>6281</b>	
<b>Total beban perjam (kW)</b>	<b>0,075</b>	<b>0,075</b>	<b>0,075</b>	<b>0,075</b>	<b>0,075</b>	<b>0,075</b>	<b>6,240</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	<b>6,281</b>	
<b>Total beban perjam lantai 1 dan 2 (watt)</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>10485</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	<b>10567</b>	
<b>Total beban perjam lantai 1 dan 2 (kW)</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>10,485</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	<b>10,567</b>	

sebanyak 10.675 Wp.

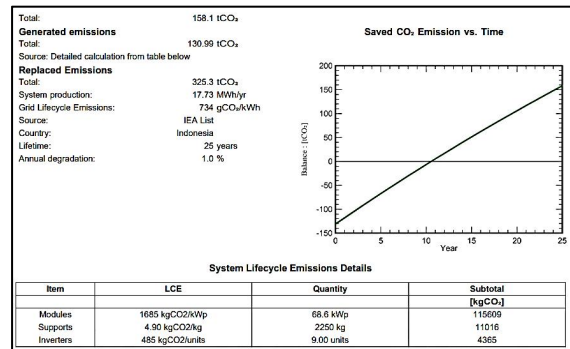
	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR	EArray kWh	ERSysR
January	133.8	74.54	25.74	128.7	123.3	1279	1241	0.829	1279	15.15
February	139.0	80.38	25.59	135.1	132.1	1367	1332	0.829	1367	15.26
March	154.7	84.28	26.06	154.8	151.8	1555	1516	0.823	1555	15.15
April	148.8	76.02	26.11	152.0	149.2	1529	1492	0.825	1529	15.18
May	148.5	77.68	26.57	155.4	152.5	1570	1532	0.829	1570	15.25
June	142.3	66.32	25.66	153.8	151.3	1560	1524	0.833	1560	15.33
July	149.3	72.46	25.81	160.1	157.5	1621	1583	0.831	1621	15.30
August	155.1	82.45	26.14	162.1	159.4	1638	1599	0.829	1638	15.26
September	158.8	78.07	26.03	158.9	156.0	1592	1554	0.822	1592	15.13
October	173.0	93.35	26.79	170.1	166.9	1704	1665	0.823	1704	15.15
November	145.4	91.22	26.02	159.2	155.8	1415	1379	0.833	1415	15.33
December	140.6	82.87	25.95	132.8	129.4	1347	1309	0.828	1347	15.25
Year	1783.4	959.64	26.06	1801.0	1765.3	18178	17726	0.827	18178	15.23

Legends  
 GlobHor Global horizontal irradiation  
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation  
 T\_Amb Ambient Temperature  
 GlobInc Global incident in coll. plane  
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings  
 EArray Effective energy at the output of the array  
 E\_Grid Energy injected into grid  
 PR Performance Ratio  
 EArray Effective energy at the output of the array  
 ERSysR Effic. Ecost system / rough area

Gambar 7. Hasil simulasi PLTS menggunakan PVSyst

### 4.3.2 Analisis pengurangan emisi CO<sub>2</sub>

Gambar 8 memperlihatkan pengurangan emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan aplikasi PVSyst selama 25 tahun sebesar 158,1 ton CO<sub>2</sub> dari 1 gedung



Gambar 8. Hasil simulasi pengurangan emisi CO<sub>2</sub>

Jumlah inverter yang dibutuhkan, dengan kapasitas inverter 6 kW adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah inverter} = \frac{\text{Daya beban total}}{\text{Daya Inverter}}$$

$$\text{Jumlah inverter} = \frac{10,602 \text{ kW}}{6 \frac{\text{kW}}{\text{Inverter}}}$$

Jumlah inverter = 1,767 buah,  
dibuatkan menjadi 2 buah inverter

Penentuan kapasitas inverter 6 kW didasarkan pada pertimbangan kinerja dan biaya, yaitu apabila menggunakan kapasitas yang lebih besar, maka biaya akan lebih mahal.

## 4.3 Analisis Hasil Pengolahan Data

### 4.3.1 Hasil simulasi PLTS on-grid menggunakan PVSyst

Berdasarkan simulasi PVSyst pada gambar 7, maka diperoleh total daya listrik yang dihasilkan sebesar 17.726 kWh/tahun dengan total kapasitas modul surya

### 4.3.3 Perhitungan biaya Investasi

Biaya investasi dihitung berdasarkan biaya tiap komponen PLTS seperti ditunjukkan pada tabel 4 dengan total biaya sebesar Rp136.088.620,-

Tabel 4. Biaya komponen PLTS

Komponen	Jumlah	Harga satuan (Rp)	Biaya (Rp)
	A	B	C = A x B
Modul Surya	35	2.712.500	94.937.500
Inverter	2	20.575.560	41.151.120
Total biaya (Rp)			136.088.620

Biaya *Operations & Maintenance* (O&M) dari PLTS dihitung dengan mengalikan 1% sampai 2% dari setiap biaya komponen<sup>[16]</sup> pada tabel 4. Hasil perhitungan biaya O&M diperlihatkan pada tabel 5 yaitu sebesar Rp1.360.886,20.

Tabel 5. Biaya O&M

Komponen	Jumlah	Harga (Rp)	O&M satuan (Rp)	Biaya O&M (Rp)
	A	B	C = B x 1%	D = A x C
Modul Surya	35	2.712.500	27.125	949.375
Inverter	2	20.575.560	205.755,60	411.511,20
Total biaya O&M				1.360.886,20

Biaya  $M_{pw}$  dihitung berdasarkan persamaan (3) dengan biaya O&M pada tabel 5, tingkat suku bunga bank sebesar 5,75%, dan umur proyek selama 25 tahun.

$$M_{PW} = O\&M \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$M_{PW} = 1.360.886,2 \left[ \frac{(1+0,0575)^{25} - 1}{0,0575(1+0,0575)^{25}} \right]$$

$$M_{PW} = 1.360.886,2 \left[ \frac{(1,0575)^{25} - 1}{0,0575(1,0575)^{25}} \right]$$

$$M_{PW} = 1.360.886,2 \left[ \frac{4,0458 - 1}{0,0575(4,0458)} \right]$$

$$M_{PW} = 1.360.886,2 \left[ \frac{3,0458}{0,2326} \right]$$

$$M_{PW} = 1.360.886,2 [13,0945]$$

$$M_{PW} = 17.820.124,3459$$

Berdasarkan perhitungan biaya

investasi dan hasil perhitungan biaya O&M ( $M_{pw}$ ), maka besar LCC sesuai persamaan (1) adalah:

$$LCC = \text{Biaya investasi awal} + M_{PW}$$

$$LCC = 136.088.620 + 17.820.124,3459$$

$$LCC = 153.908.744,3459$$

#### 4.3.4 Perhitungan penghematan biaya

Pembayaran listrik dalam setahun tanpa menggunakan PLTS dihitung dengan mengalikan beban listrik setahun dengan harga jual listrik PLN, dengan asumsi bahwa, harga jual listrik untuk golongan Sosial-2 sebesar Rp900/kWh

$$\begin{aligned} &\text{Pembayaran listrik setahun tanpa PLTS} \\ &= \text{beban listrik tahunan} \\ &\quad \times \text{harga listrik PLN} \\ &\text{Pembayaran listrik setahun tanpa PLTS} \\ &= 35.230,165 \text{ kWh} \\ &\quad \times \text{Rp900/kWh} \\ &\text{Pembayaran listrik setahun tanpa PLTS} \\ &= \text{Rp31.707.148,5} \end{aligned}$$

Penghematan biaya dalam setahun dengan menggunakan PLTS adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &\text{Penghematan biaya listrik setahun dengan PLTS} \\ &= \text{energi listrik yang dihasilkan PLTS} \\ &\quad \times \text{harga jual listrik ke PLN} \\ &\text{Penghematan biaya listrik setahun dengan PLTS} \\ &= 17.726 \text{ kWh} \times \text{Rp900/kWh} \\ &\text{Penghematan biaya listrik setahun dengan PLTS} \\ &= \text{Rp15.953.400, -} \end{aligned}$$

Biaya pembayaran listrik tiap tahunnya dengan menggunakan PLTS adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &\text{Biaya listrik menggunakan PLTS pertahun} \\ &= \text{Pembayaran biaya listrik setahun tanpa PLTS} \\ &\quad - \text{Penghematan biaya listrik setahun dengan PLTS} \end{aligned}$$

Biaya listrik tiap tahun  
= Rp31.707.148,5  
- Rp15.953.400  
Biaya listrik tiap tahun = Rp15.753.748,5, -

Dari perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa besar biaya penghematan pembayaran ketika menggunakan PLTS *on-grid* dalam setahun sebesar Rp15.953.400,- atau Rp1.329.450,- perbulan.

#### 4.3.5 Perhitungan *Break Even Point*

Berdasarkan harga jual listrik yaitu Rp900 untuk golongan S-2 maka dapat ditentukan *Break Even Point* berdasarkan persamaan (6).

$$\text{BEP} = \frac{\text{LCC}}{W \times \text{Harga jual listrik}}$$
$$\text{BEP} = \frac{153.908.744,3459}{17.726 \times 900}$$
$$\text{BEP} = \frac{153.908.744,3459}{15.953.400} = 9,64 \text{ tahun}$$

Biaya investasi dapat dikembalikan, setelah PLTS beroperasi selama 9,64 tahun.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa dan simulasi terhadap data perancangan PLTS *on-grid* di gedung LPPM maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Modul surya yang dibutuhkan dengan kapasitas 305 Wp dan kebutuhan beban gedung LPPM adalah 35 buah. Berdasarkan aplikasi PVSyst maka energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS sebesar 17.726 kWh/tahun.

2. Penghematan biaya listrik Ketika menggunakan PLTS sebesar Rp15.953.400 tiap tahun.
3. Biaya investasi dapat dikembalikan setelah PLTS beroperasi selama 9,64 tahun.
4. Pengurangan emisi gas rumah kaca berupa gas CO<sub>2</sub> dengan membangun PLTS, sebesar 158,1 ton selama 25 tahun.

### 5.2 Saran

Perlu dirancang untuk direalisasikan penggunaan PLTS pada setiap gedung di kampus UKI dalam rangka melaksanakan peraturan pemerintah No.79 tahun 2014 dan pengurangan emisi gas rumah kaca.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ESDM. (2020). *Cadangan Batubara Masih 38,84 Miliar Ton, Teknologi Bersih Pengelolaannya Terus Didorong*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/cadangan-batubara-masih-3884-miliar-ton-teknologi-bersih-pengelolaannya-terus-didorong>
- [2] Afriyanti, Y., Sasana, H., Jalunggono, G., Ekonomi, F., & Tidar, U. (2020). ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KONSUMSI ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA. *DINAMIC: Directory*

- Journal of Economic Volume 2 Nomor 3, 2(3).*  
<https://jom.untidar.ac.id/index.php/dinamic/article/view/1428>
- [3] Agustian, K. Y., Stepanus, Marpaung, C. O., & Purba, R. (2018). *PERENCANAAN SUPLAI ENERGI LISTRIK UNTUK MENCAPAI ZERO ENERGY BUILDING PADA RENCANA PUSAT KEGIATAN KEMAHASISWAAN DAN OLAHRAGA DI KAMPUS UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA.*
- [4] Indonesia, P. R. (2014). *Peraturan Pemerintah tentang Kebijakan Energi Nasional* (hal. 1–36).
- [5] ESDM. (2023). *Potensi Energi Baru Terbarukan Indonesia.*  
<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/miliki-potensi-ebt-3686-gw-sekjen-rida-modal-utama-jalankan-transisi-energi-indonesia>
- [6] ESDM. (2012). *Matahari Untuk PLTS di Indonesia.*  
<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia>
- [7] Brilliant, Purba, R., & Soebagio, A. (2019). Surya Terhubung Dengan Jaringan Listrik Pln Pada Kantor Di Bintaro - Jakarta Selatan. *Lektrokom*, 2.
- [8] Harefa, B., Widodo, B., & Purba, R. (2019). PERHITUNGAN ENERGI SOLAR PHOTOVOLTAIC DI WILAYAH KABUPATEN NIAS DAN KABUPATEN MENTAWAI DENGAN MENGGUNAKAN METODE PROBABILISTIK. *Lektrokom*, 2.
- [9] Jalaludin, Rahmat, Y. M. S. (2020). *Perbandingan Biaya Perancangan PLTS On Grid dan Off Grid pada Laboratorium Listrik PPSDM Migas. 1, 162–169.*  
<https://conf.nciet.id/index.php/nciet/article/download/76/167>
- [10] Messenger, R. A., & Abtahi, A. (1999). Photovoltaic Systems Engineering. In *Photovoltaic Systems Engineering* (Fourth Ed). CRC Press Taylor & Francis Group.  
<https://doi.org/10.1201/b12389>
- [11] Sreega, R., K. Nithyananthan, & B. Nandhini, . (2017). Design and Development of Automated Solar Panel Cleaner And Cooler. *IJIRST-International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 3(11), 127–138. [www.ijirst.org](http://www.ijirst.org)
- [12] Solanki, C. S. (2019). *Solar Photovoltaic: Fundamentals, Technologies and Applications.* Tenth Printing.
- [13] ESDM. (2021). *Panduan Evaluasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya ( PLTS ) Fotovoltaik Tahun 2021.*
- [14] Indonesia, B. (2023). *Suku Bunga Bank Indonesia.*  
[https://www.bi.go.id/id/publikasi/ruang-media/news-release/Pages/sp\\_2510223.aspx](https://www.bi.go.id/id/publikasi/ruang-media/news-release/Pages/sp_2510223.aspx)
- [15] Zainuri. (2021). *Ekonomi Teknik* (E. Martinelly (ed.)). CV. Jasa Surya.
- [16] Suhendar. (2022). *Dasar-Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya* (D. Tesniyadi (ed.)). Media Edukasi Indonesia.
- [17] Creswell, J. W. (2014). *Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Edition 4). Singapore: Sage Publication.

- [18] ESDM. (2018). *Studi Kelayakan Terpusat. Pembangkit Listrik Tenaga (PLTS)*