

Analisis Performa PLTS Off-Grid 1 kWp Di Selasar Gedung Laboratorium Politeknik Negeri Jakarta

Noor Hidayati^{1*}, Andre Halomoan Sitorus¹, Widiyatmoko¹, Arifia Ekayuliana¹

¹ Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energy, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

*Email: noor.Hidayati@mesin.pnj.ac.id

ABSTRACT

The performance analysis of a 1 kWp off-grid Solar Power Plant (SPP) located on the terrace of the Energy Laboratory Building at Jakarta Polytechnic was conducted to determine the SPP's performance. The analysis involved comparing the design data with the actual installed system conditions. The methodology employed manual calculation of the SPP's power generation and simulation of its performance using PVSyst software. The analysis results indicated that the current performance ratio of the SPP is only 11%, primarily due to the low direct utilization of solar energy. A recommendation provided is to increase the load on the SPP system. Simulations conducted on the recommended load increase demonstrated a significant improvement in the performance ratio, with a value of 58%.

Keywords: Solar Power Plant (SPP), performance ratio, PVSyst

PENDAHULUAN

Setelah terpasang lebih dari satu tahun Produksi listrik pada (pembangkit listrik tenaga surya) PLTS di Gedung laboratorium Energi Politeknik Negeri Jakarta, masih dirasa kurang optimal, rendahnya nilai keluaran produksi listrik perhari yang hanya berkisar 300 Wh dirasa perlu dilakukan analisis terkait penyebab utama yang paling berperan terhadap penurunan daya produksi PLTS.

Batasan dalam penelitian ini yaitu penentuan faktor penurunan daya difokuskan pada perbandingan system SLD instalasi kelistrikan antara design dengan as build drawing. Dan perhitungan performa ratio serta analisis energi system PLTS menggunakan software PVSyst. Hasil penelitian ini adalah rekomendasi system PLTS dalam meningkatkan performa ratio system PLTS.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Santhakumari dan Sagar [1] merangkum bahwa faktor alam yang dapat menurunkan performa PLTS yaitu debu, temperature lingkungan, Kecepatan angin, kelembapan udara, salju, badai petir dan badai pasir. Karena itu maka perlu perawatan berkala untuk meminimalisir penurunan performa PLTS. Penerapan perawatan untuk meningkatkan performa telah dilakukan oleh koerniawan dkk [2] menunjukkan adanya kenaikan yield produksi dari 1,7 kWh/Wp hari menjadi 3.1 kWh/Wp.hari. Selain faktor alam dan perawatan, penurunan daya PLTS bisa disebabkan oleh instalasi pemasangan yang tidak tepat. Pada penelitian sebelumnya [3] terjadi penurunan energi output pada inverter sebesar 0,65%-0,67% yang dipengaruhi oleh jalur distribusi kabel DC.

Nilai losses energi dibutuhkan dalam menghitung potensi energi keluaran dari system PLTS. Dan nilai persen losses yang disebabkan oleh berbagai faktor tersebut dapat dimasukkan bersaan dengan spesifikasi alat utama system PLTS kedalam software PVSyst.

Adapun spesifikasi alat utama yang digunakan adalah Panel surya 340 Wp, maksimum power voltage 38,2 V, dan Impv sebesar 8,91 A dengan efisiensi 17,5%/ dan inverter ber-MPPT merek Riio SUN 2KVA-M.

METODE

Lingkup penelitian yang dilakukan yaitu system kelistrikan PLT, sedangkan object yang diteliti adalah PLTS off-grid 1 kWp yang berada di area Gedung Laboratorium Energi, Politeknik Negeri

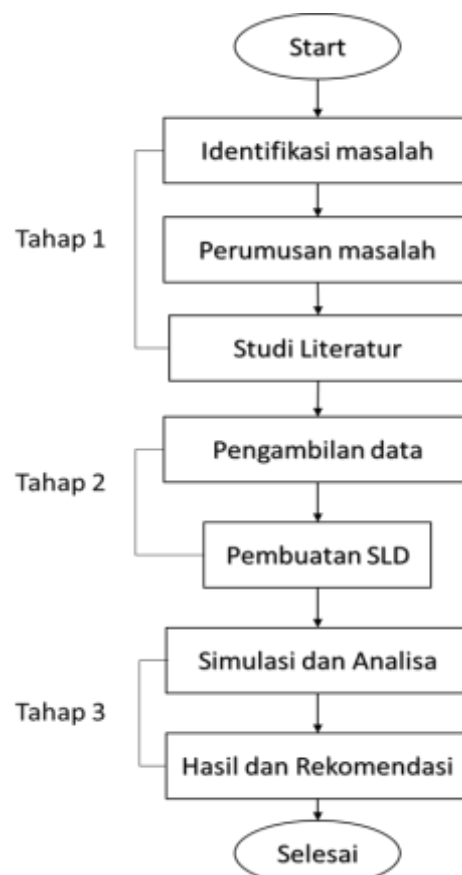
Jakarta. Adapun peralatan yang digunakan untuk penelitian berupa Alat APD, kamera, software etab dan PVSyst.

Pada penelitian ini, pelaksanaan dilakukan dengan 3 tahap. Tahap pertama adalah identifikasi masalah dan studi literatur, tahap kedua berupa pengambilan data baik skunder maupun primer, dilanjutkan dengan pembuatan SLD dengan memperhatikan ukuran kabel sesuai standar [4], berdasarkan data yang sudah di kumpulkan. Tahap ke-3, dilakukan olah data dan simulasi. Langkah pekerjaan seperti terlihat pada Gambar 1.

Pada tahap pertama, dilakukan identifikasi masalah pada objek yang di teliti, dalam hal ini permasalahan terkait daya yang diproduksi PLTS terpasang tidak sesuai dengan daya desain PLTS. Selanjutnya dilakukan perumusan masalah seperti mencari faktor yang mempengaruhi produksi daya dari PLTS. Studi literatur dilakukan di tahap 1 ini, untuk menjadi dasar pengumpulan data dan perhitungan dalam pelaksanaan penelitian.

Tahap 2 merupakan pengumpulan data, baik data skunder maupun data primer. Adapun data skunder yang dikumpulkan yaitu gambar desain dan spesifikasi alat utama system PLTS; Analisis data dilakukan dengan membandingkan SLD design, dengan SLD terpasang.

Pada tahap simulasi menggunakan program PVSyst Adapun data yang dimasukan berupa, data spesifikasi alat utama, data perkiraan loses yang disesuaikan dengan kondisi dilokasi, serta data pembebanan. Data hasil simulasi kemudian dianalisis untuk mengetahui permasalahan yang ada dan solusi yang diberikan. Adapun rekomendasi yang diberikan nantinya akan di simulasikan Kembali untuk mendapatkan peningkatan yang diharapkan



Gambar 1. Tahap Penelitian

HASIL

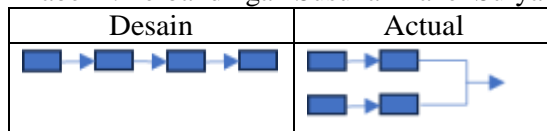
Berdasarkan hasil pengamatan instalasi terpasang (lampiran 2) serta pembacaan data design (lampiran 1) didapatkan hasil perbandingan yang dirangkum dalam table berikut:

Tabel 1. Perbandingan Instalasi PLTS Terpasang dengan Design

	DESIGN	TERPASANG (AS BUILT)
Panel surya ke DC kombiner	PV-1F 4mm ²	PV-1F 4mm ²
DC kombiner ke Inverter	PV-1F 4mm ²	PV-1F 4mm ²
Inverter ke baterai	NYA 10mm ²	NYA 10mm ²
inverter ke beban	NYM 3x2,5 mm ²	NYM 3x2,5 mm ²
Susunan Panel surya	4 seri	2 seri 2 paralel

Untuk pemilihan kabel baik terpasang maupun desain sama dan sesuai, namun untuk susunan panel surya pada desain PLTS memiliki 4 rangkaian panel surya masing masing berkapasitas 340 Wp dan disusun 4 seri. Namun pada pemasangan panel disusun 2 seri 2 paralel.

Tabel 2. Perbandingan Susunan Panel Surya Antara Desain Dengan Aktual Terpasanng



Diketahui pada kondisi ideal tiap panel surya memiliki, daya 340 Wp, maksimum power voltage 38,2 V, dan I_{mp} sebesar 8,91 A

Dan tegangan serta arus pada seri [5]

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (1)$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \quad (2)$$

Sedangkan untuk rumus tegangan dan arus pada rangkaian parallel panel surya adalah [5]:

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \quad (3)$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (4)$$

Dengan menggunakan persamaan 1,2,dan 3 ,maka daya keluaran pada panel surya 4 seri adalah 1,3 kW, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$V_{4 \text{ seri}} = 4 \times 38,2 = 152,8 \text{ V}$$

$$I_{4 \text{ seri}} = 8,91 \text{ A}$$

$$P = V.I = 152,8 \text{ V} \times 8,91 \text{ A} = 1361,45 \text{ W} \text{ atau } 1,3 \text{ kW}$$

Untuk terpasang, dengan 2 seri 2 paralel maka :

$$V_{\text{seri}} = 2 \times 38,2 = 76,4 \text{ V}$$

Masing-masing seri memiliki daya yang sama yaitu 76,4 V

Sedangkan untuk arus dimana susunan seri 1 dan susunan seri 2 digabungkan secara parallel maka dengan persamaan 4 dimana

$$I = I_{\text{seri 1}} + I_{\text{seri 2}} = 2 \times 8,91 \text{ A} = 17,82 \text{ A}$$

Maka daya untuk 2 seri dan 1 paralel adalah

$$P = 76,4V \times 17,82 A = 1,36 W$$

Sesuai perhitungan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa susunan 2 paralel dan 2 seri memiliki daya yang sama dengan panel disusun secara 4 seri yaitu sebesar 1,3 kWp

Hasil Analisa Simulasi PVSyst

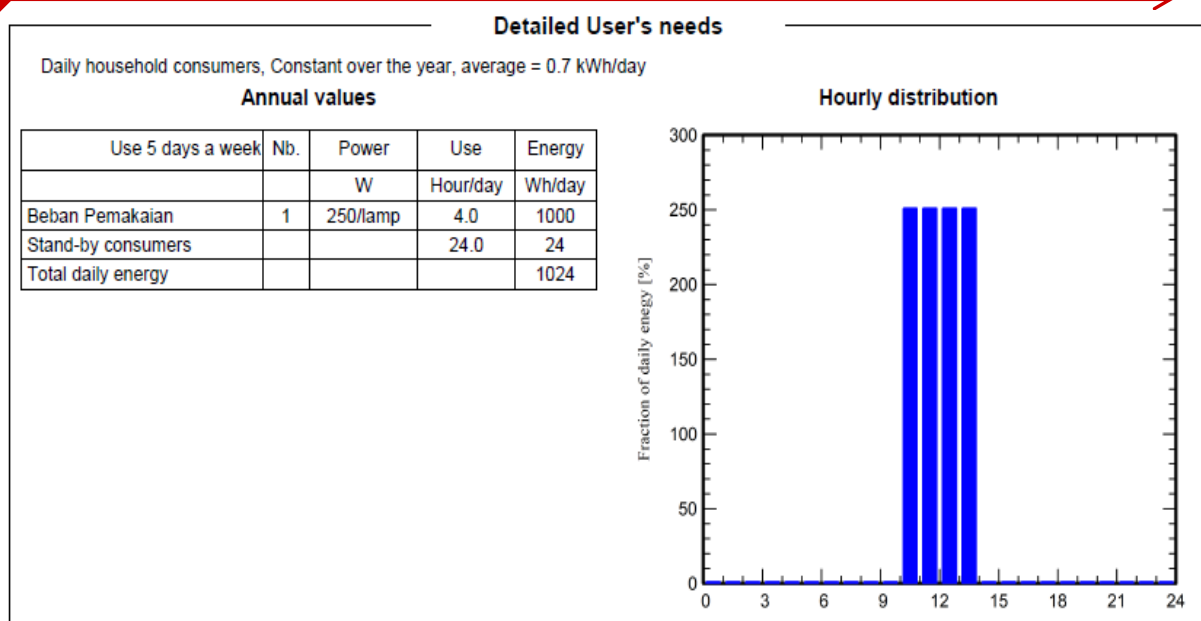
Tujuan dilakukan simulasi PVSyst adalah untuk melihat energi keluaran serta menganalisis performa ratio yang dihasilkan oleh system yang ada saat ini. Adapun pada detail instalasi yang terpasang (lampiran 2) dengan Komponen utama yang digunakan adalah

1. Modul surya bermerk Risen Solar dengan tipe RSM-72-6-340-P dengan susunan 2 string x 2 paralel dengan jumlah 2 modul tiap stringnya. Keluaran pada suhu 50 derajat selsius adalah $P_{mpp} : 1228 Wp$; $V_{mpp} : 68 Volt$; $I_{mpp} : 18 A$.
2. Baterai 12v x 200 ah dengan susunan 2 seri dan 2 paralel.
3. Inverter/controller yang dipakai adalah MPPT inverter merek Riio SUN 2KVA-M

Serta asumsi losses yang di masukan pada program PVSyst sebagai berikut:

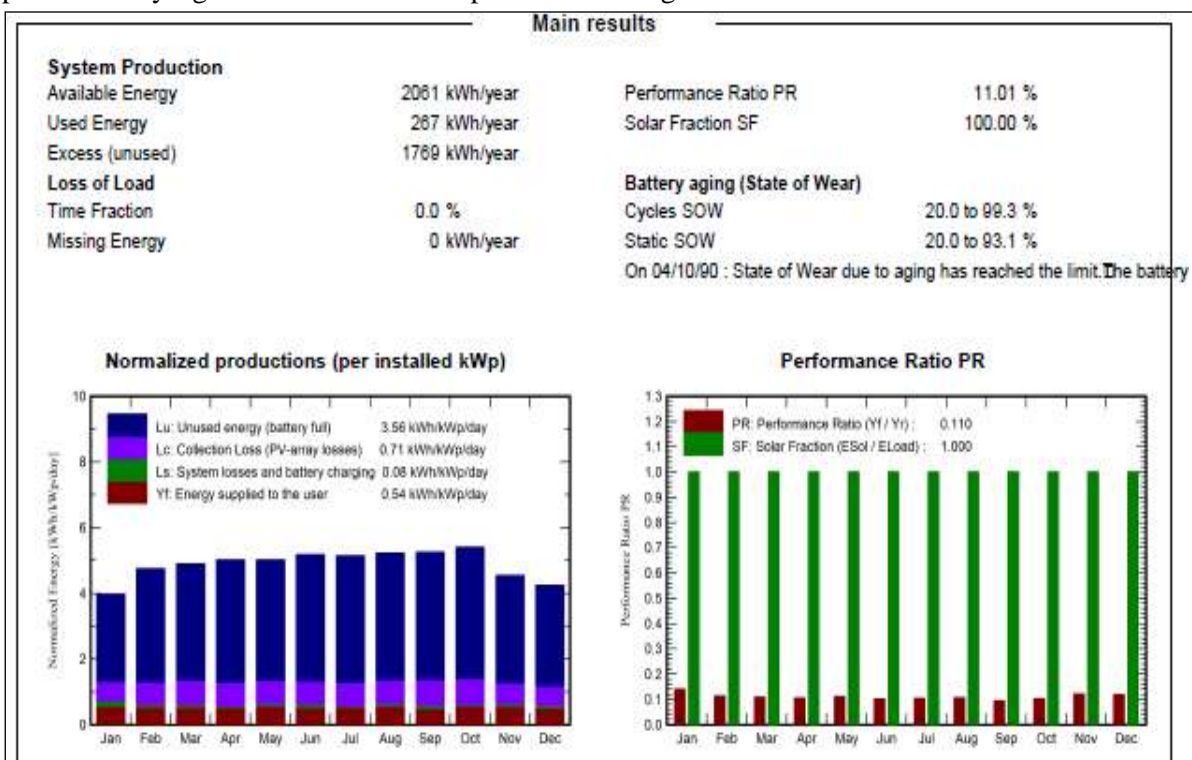
1. Soiling losses akibat adanya kotoran pada modul surya pertahun diasumsikan sebesar 3%.
2. Series Diode Loss, Voltage drop antar diode di modul surya 0,7 V (default) atau 0.9% losses
3. Module mismatch losses, adalah kehilangan energi yang terjadi karena saat modul surya yang dihubungkan bersama tidak memiliki karakteristik yang serupa. Hal ini dapat terjadi karena beberapa alasan, seperti produksi yang berbeda, degradasi yang berbeda, suhu yang berbeda, atau pengaturan modul yang berbeda. Diestimasi sebesar, 0.6%.
4. Thermal loss. Kehilangan energi akibat temperature pada keluaran modul surya dengan nilai $U_c : 29.0 W/m^2.k$
5. LID – Light Induced Degradation adalah losses yang terjadi di 1 jam pertama modul surya terpapar sinar matahari. % losses dimasukan menggunakan settingan default pada PVSystt sebesar 2.0%
6. String Mismatch Loss disetting default 0.1%.
7. DC Wiring Losses sesuai dengan panjang kabel dari sistem PLTS off-grid. Resistansi total kabel adalah 108 ohm dengan losses pada STC sebesar 2.6%. [6] [7]
8. Module Quality Loss adalah power tolerance dari modul surya yang sebesar 3% pada datasheet modul surya.

Kemudian untuk input system terkait penggunaan disesuaikan dengan penggunaan sebesar 1 kWh perhari dengan pembebanan 250 Watt selama 4 jam



Gambar 2. grafik simulasi penggunaan energi surya

Hasil simulasi dengan inputan yang diberikan yaitu spesifikasi alat, asumsi loses yang ada, serta pembebanan yang ada saat ini. Maka didapatkan hasil sebagai berikut

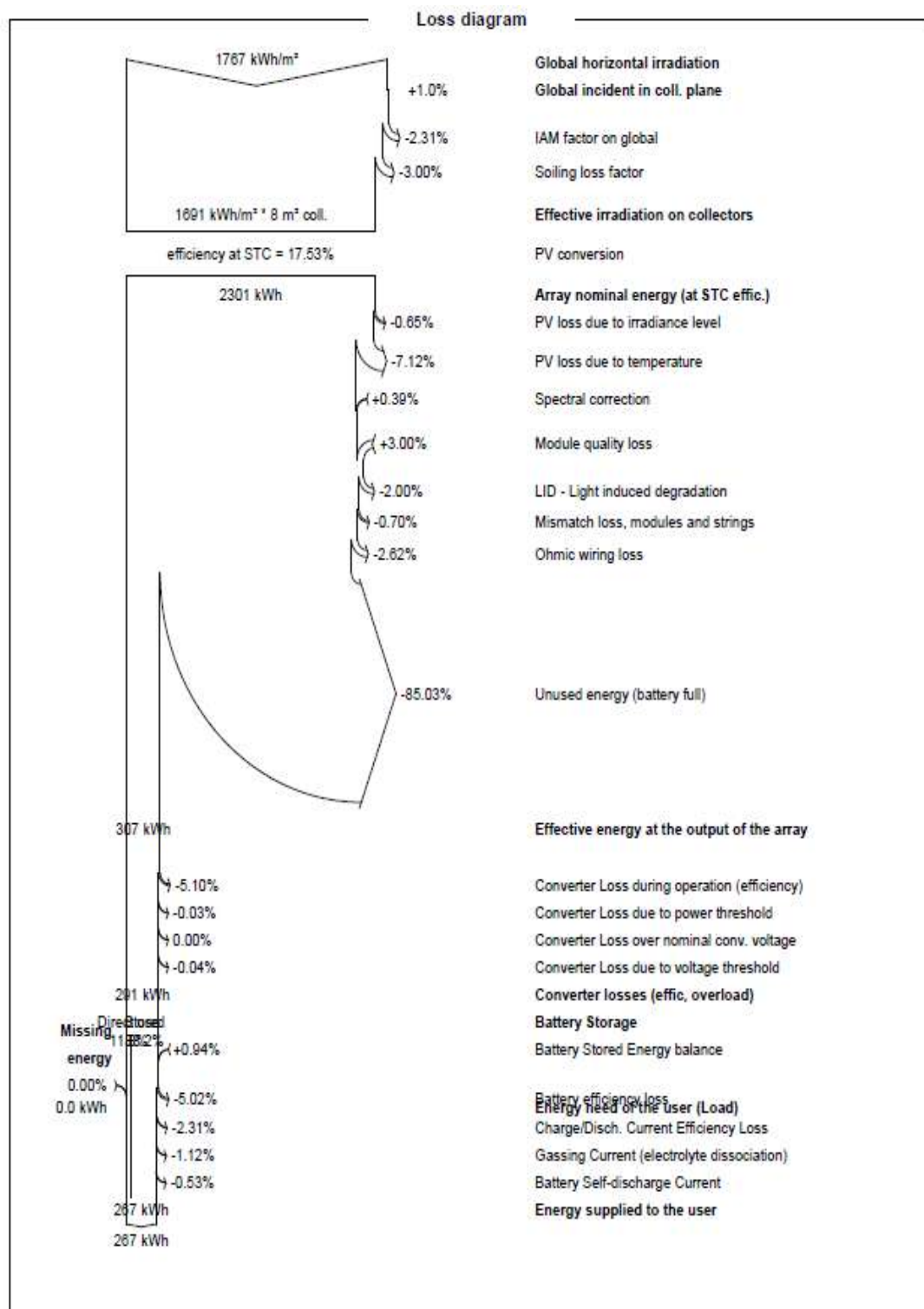


Gambar 3. Hasil Simulasi Produksi energi dan Performa Ratio Pada sistem PLTS

Berdasarkan simulasi energi yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 2061 kWh/tahun. Dari total energi tersebut, sesuai dengan karakteristik beban, terdapat 267 kWh/ tahun energi yang terpakai dan sisanya 1769 kWh/ tahun tidak terpakai.

Time fraction adalah dimana seberapa banyak frekuensi beban listrik mati karena sistem PLTS atau baterai sedang dalam kondisi kosong. Time fraction pada sistem ini adalah sebesar 0% karena baterai selalu terisi

Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa 85% energi tidak terpakai dan hanya 13% dari produksi energi yang digunakan. Hal ini lah yang menyebabkan rendahnya performa ratio system PLTS saat ini, dimana Performa ratio hanya sebesar 11% saja.



Gambar 2. Loss Energy Diagram

Rekomendasi Peningkatan Performa Ratio PLTS

Untuk meningkatkan nilai Performa Ratio PLTS maka 85% unused energi perlu untuk

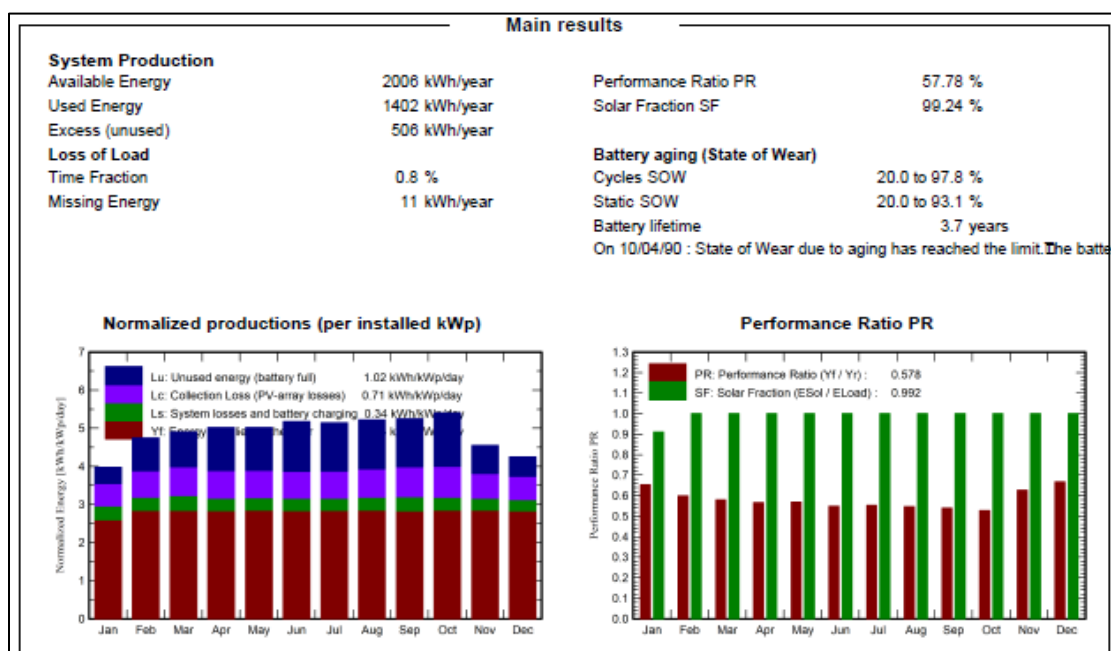
digunakan. Berikut adalah pembebanan yang dapat dipasang pada PLTS
 Tabel 3. Tabel Rekomendasi Pembebanan PLTS

Weekday			
No.	Beban Listrik	Daya Listrik	Waktu
1.	Praktikum Motor Listrik	1000 Watt	08.30-10.00 & 15.00-16.00
2.	Proyektor	150 Watt	09.00-11.00 & 15.00-16.00
3.	Praktikum Instalasi Listrik	200 Watt	09.00-11.00 & 15.00-17.00
4.	Praktikum Instalasi PLTS	40 Watt	10.00-11.00 & 13.00-14.00
Weekend			
5.	Lampu Penerangan Luar	150 Watt	24 Jam

Detailed User's needs													
Daily profile, weekly modulation, average = 3.9 kWh/day													
Working Days	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.20	0.35	0.19	kW
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	
	0.00	0.00	0.04	1.35	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kW
Week-End	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	kW
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	
	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	kW

Direkomendasikan pemakaian listrik PLTS pada hari kerja dapat digunakan untuk peralatan praktikum lain seperti motor listrik, proyektor, praktikum instalasi listrik, dan praktikum instalasi PLTS yang seluruhnya dinyalakan pada waktu tertentu, Adapun pada hari libur penggunaan listrik produksi PLTS di arahkan untuk penerangan luar Gedung sebesar 150 Watt.

Hasil simulasi dengan asumsi pembebanan rekomendasi diatas, dengan inputan nilai losses dan spesifikasi yang sama dengan kondisi sebelumnya maka didapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar 3. Hasil Simulasi dengan Rekomendasi Pembebanan

Energi yang tersedia dari sistem PLTS adalah sebesar 2006 kWh/tahun. Dari total

KESIMPULAN

Rendahnya energi yang terbaca pada system inverter dikarenakan pembebanan yang rendah pada system PLTS, hal ini menyebabkan Performa ratio instalasi hanya sebesar 11%. Untuk meningkatkan performa ratio tersebut, disarankan untuk ditambah pembebanan sehingga 70% produksi energi dapat digunakan secara langsung. Berdasarkan hasil simulasi PVSystt menunjukkan dengan pembebanan yang meningkat maka nilai performa ratio meningkat, dari yang sebelumnya hanya 11% menjadi 58%.

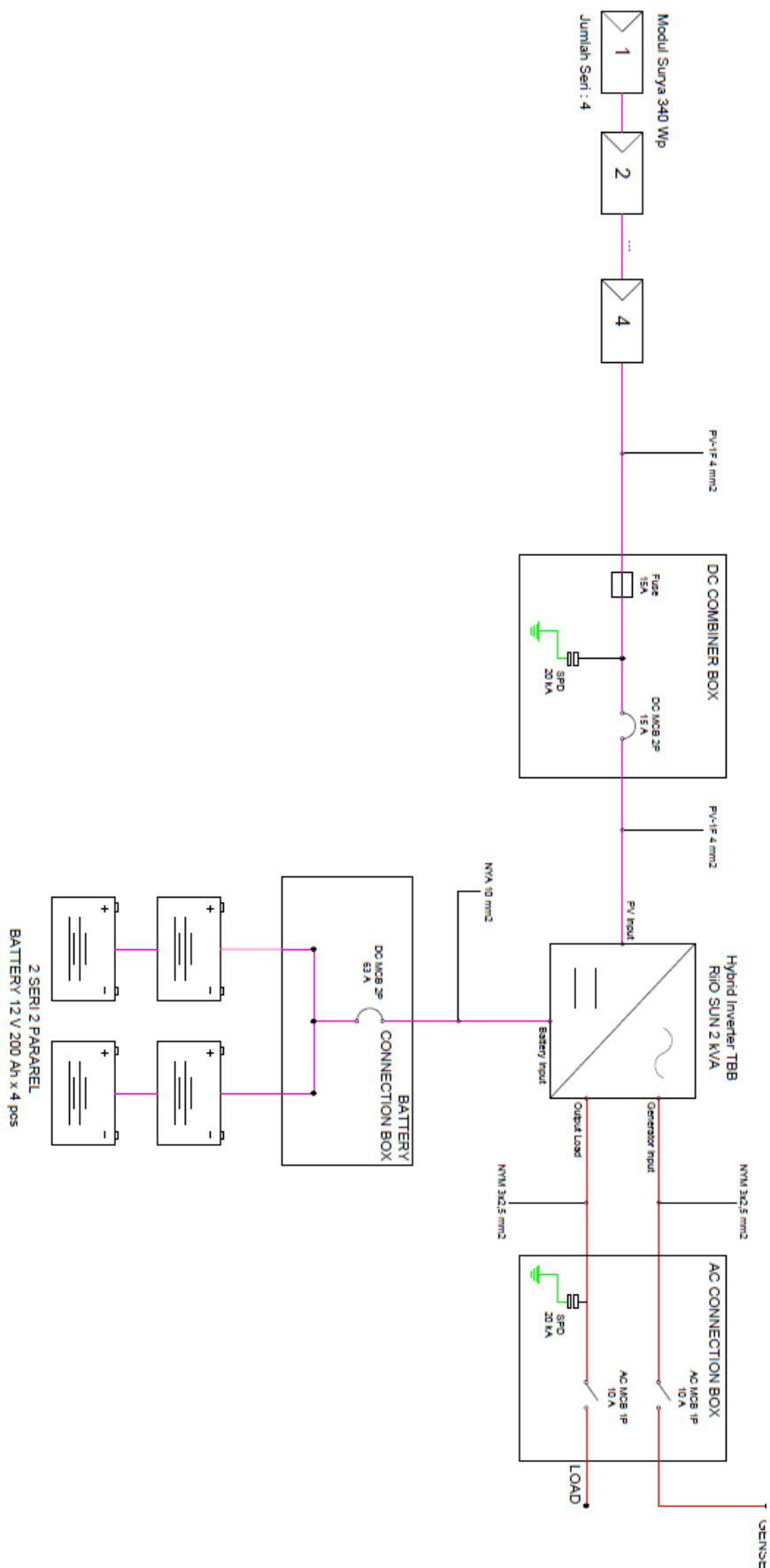
UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan berkat pendanaan oleh Politeknik Negeri Jakarta 422|PL3.18/PT.00.06|2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Santhakumari and N. Sagar, "A review of the environmental factors degrading the performance of silicon wafer-based photovoltaic modules: Failure detection methods and essential mitigation techniques," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. doi: 10.1016/j.rser.2019.04.024.
- [2] T. Koerniawan and A. W. Hasanah, "KAJIAN SISTEM KINERJA PLTS OFF-GRID 1 kWp DI STT-PLN," *J. ENERGI KELISTRIKAN*, vol. 10, no. 1, pp. 38–44, 2018.
- [3] P. P. A. Santoso, F. Nopriyandy, I. F. B. Ningsih, L. D. Anjiu, and I. Kurniawan, "Pengaruh Bentuk Rangkaian Panel Surya Terhadap Kuat Arus, Tegangan dan Daya," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, 2022, doi: 10.30588/jeemm.v6i1.996.
- [4] B. Sayogo, F. Widjaja, S. T. Sinaga, Soemarjanto, D. S. Soetarman, and S. Simangunsong, *Penjelasan PUIL 2011 (PERSYARATAN UMUM INSTALASI LISTRIK 2011)*. Gatrik-kementerian energi dan sumber daya mineral, 2014. [Online]. Available: https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/d8197-buku-puil-2011.pdf
- [5] top cabel, *Methods of installation and current-carrying capacities based on IEC 60364-5-52 Ed.3*, 3rd ed. [Online]. Available: <https://www.topcable.com/topmatic/data/en.pdf>
- [6] N. Septiani, S. Thaha, and N. Muchtar, "Analisis Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Rendah PT . PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panakkukang," in *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2021.
- [7] G. K. Atmajaya *et al.*, "Analisis Rugi-rugi Daya Kabel DC pada PLTS 1 MWP On-Grid Institut Teknologi Sumatera Berdasarkan Data Fusion Solar," *J. Sci. Technol. Virtual Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 196–200, 2022.

LAMPIRAN 1. GAMBAR DESAIN PLTS



LAMPIRAN 2.SLD-AS BUILD DRAWING PLTS

