Analisa Teknis Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Untuk Kawasan Industri

Ridwan Nurdin[#], Ahmad Agus Setiawan, Lesnanto Multa Putranto

Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Jl. Grafika No. 2, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281, Indonesia *ridwan.nurdin@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan energi surya khususnya PLTS atap untuk kawasan industri masih terbilang sedikit, di mana pada umumnya kawasan tersebut mengkonsumsi daya listrik yang tinggi dan memiliki luasan atap bangunan yang besar. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan rancangan sistem PLTS atap yang tepat dan dapat dikembangkan di kawasan industri PT. Dirgantara Indonesia, serta untuk mengetahui estimasi nilai produksi energi dari penerapan PLTS atap di kawasan industri. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan pengumpulan data primer dan sekunder yang digunakan untuk menghitung potensi daya keluaran dari sistem PLTS atap berdasarkan luasan atap hanggar kawasan dan berdasarkan skenario yang dibuat. Pemilihan teknologi PLTS atap yang digunakan adalah PLTS on-grid tanpa baterai dimana listrik hasil produksi PLTS akan digunakan oleh kawasan dan terdapat kelebihan produksi energi akan diekspor ke jaringan PLN. Penelitian ini mengusulkan dua skenario dimana skenario 1 menggunakan daya listrik terpasang kawasan sebagai acuan daya PLTS atap yang akan dipasang dan untuk skenario 2 menggunakan jumlah konsumsi energi listrik tahunan kawasan sebagai acuan seberapa besar daya PLTS atap yang harus dipasang untuk memenuhi 100% kebutuhan energi listrik di kawasan. Hasil analisis menunjukan bahwa dengan penerapan skenario 1, PLTS atap dapat memenuhi kebutuhan energi listrik kawasan sebesar 42,8% dan pada skenario 2 untuk memenuhi 100% kebutuhan energi listrik diperlukan PLTS atap dengan daya sebesar 14,7 MWp.

Kata kunci: energi terbarukan, on-grid, PLTS atap, kawasan industri

Abstract

The use of solar energy, especially rooftop PLTS for industrial areas is still relatively small, where in general these areas consume high electricity and have large roof areas. Therefore, this research was conducted to obtain the right design for a rooftop solar system that could be developed in the industrial area of PT. Indonesian Aerospace, as well as to find out the estimated value of energy production from the application of rooftop solar in industrial areas. The research method used is to collect primary and secondary data which is used to calculate the potential output power of the rooftop PLTS system based on the area of the area's hangar roof and based on the scenarios created. The choice of rooftop PLTS technology used is on-grid PLTS without batteries where the electricity produced by PLTS will be used by the region and excess energy production will be exported to the PLN grid. This study proposes two scenarios where scenario 1 uses the area's installed electric power as a reference for the rooftop PLTS power to be installed and for scenario 2 it uses the area's annual electricity consumption as a reference for how much rooftop PLTS power must be installed to meet 100% of the electricity demand in area. The results of the analysis show that with the implementation of scenario 1, rooftop PLTS can meet the area's electrical energy needs of 42.8% and in scenario 2, to meet 100% of the electricity demand, rooftop PLTS is required with a power of 14.7 MWp.

Keywords: renewable energy, on-grid, rooftop solar system, industrial area

I. PENDAHULUAN

Potensi sumber daya energi baru dan terbarukan yang melimpah di Indonesia perlu dimaksimalkan pemanfaatanya. Oleh karena itu, setiap tahun pemerintah Indonesia terus mendorong pemanfaaan sumber energi baru dan terbarukan melalui PP No. 79 tahun 2014. Target pemerintah terkait dengan tingkat bauran energi yang bersumber dari Energi Baru Terbarukan (EBT) telah jelas tertuang pada Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) sebesar 23% pada tahun 2025. Oleh karena itu, untuk

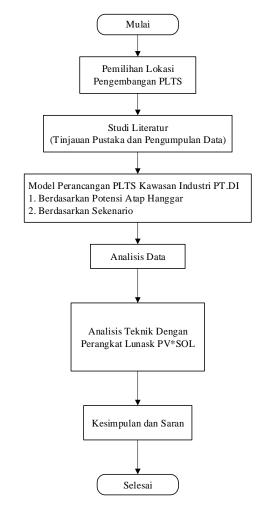
mendukung upaya tersebut, pemerintah telah mengeluarkan kebijakan teknis sebagai landasan pelaksanaanya, salah satunya melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral (ESDM) No. 49 tahun 2018, Permen ESDM No. 13 tahun 2019, jo. Permen ESDM No.16 tahun 2019, tentang pengunaan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS atap) oleh pelanggan PT. Perusahaan Listrik Negara. Sektor industri merupakan sektor dengan konsumsi listrik terbesar ke-2 setelah sektor rumah tangga [1]. Hal ini menjadi dasar betapa besarnya potensi kawasan industri untuk mengembangkan PLTS atap.

Penelitian terkait sistem PLTS atap sudah banyak dilakukan pada berbagai sektor, di antaranya adalah aplikasi PLTS atap untuk gedung perkantoran [2] dan [3], pemanfaatan PLTS pada lahan kosong [4], [5] dan pemanfaatan PLTS atap untuk kawasan industri [6], [7]. Dalam penelitian ini, kawasan industri yang akan dijadikan objek penelitian adalah kawasan industri pesawat terbang Indonesia PT. Dirgantara Indonesia (PT. DI) yang merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang manufaktur pesawat terbang yang terletak di kota Bandung. Perusahaan ini memiliki luas sebesar 80 hektar degan mayoritas bentuk bangunan berupa bangunan beratap datar. Bangunan beratap datar ini merupakan salah satu jenis atap yang baik jika dimanfaatkan dengan memasang PLTS.

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan melakukan perancangan sistem PLTS atap yang dapat memenuhi kebutuhan energi listrik di kawasan tersebut dengan sistem PLTS atap ongrid. Energi listrik yang dihasilkan akan digunakan oleh kawasan PT. DI dan jika terdapat kelebihan energi lisrik yang dihasilkan maka akan di ekspor ke jaringan PT. PLN. Terdapat dua skenario yang digunakan di mana pada skenario 1 akan dimodelkan sistem PLTS atap dengan daya listrik yang sama dengan daya listrik di kawasan, sedangkan untuk skenario 2 akan dimodelkan sistem PLTS atap yang dapat memenuhi 100% kebutuhan energi listrik di kawasan tersebut. Adapun perbedaan pada penelitian ini terhadap penelitian sebelumnya adalah lokasi penelitian, software yang digunakan, jenis modul photovoltaic (PV), metode jual beli listrik, batasan perhitungan potensi, dan skenario perancangan sistem PLTS atap.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *software* PV*SOL *trial version* [6] untuk menganalisis potensi daya PLTS



Gambar 1. Blok diagram tahapan penelitian

dan analisis produksi energi dari sistem PLTS yang di rancang. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah seperti pada Gambar 1.

A. Lokasi Penelitian

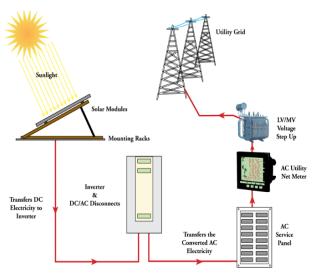
Lokasi penelitian merupakan kawasan PT. DI yang berada di Jl. Pajajaran No.154, Kota Bandung, Jawa Barat. PT. DI terletak pada koordinat - 6,896742406881129, 107,57775026730863. Luas wilayah kawasan PT. DI adalah sekitar ± 82 ha. Adapun peta kawasan PT. DI seperti yang terlihat pada Gambar 2.

B. Sistem PLTS On-Grid

Sistem PLTS on-grid merupakan salah satu sistem PLTS yang banyak digunakan pada sistem PLTS berskala besar. Komponen utama dari sistem PLTS on-grid adalah modul PV, tie-grid inverter, Kwh meter ekspor-impor, dan jaringan listrik yang terhubung dengan utility grid. Dengan tidak menggunakan baterai, sistem PLTS atap on grid tidak dapat menyimpan energi listrik yang dihasilkan sehingga energi listrik yang dihasilkan langsung digunakan oleh kawasan, dan jika



Gambar 2. Peta kawasan PT. Dirgantara Indonesia



Gambar 3. Sistem PLTS on-grid [8]

jumlah energi listrik yang diproduksi lebih dari penggunaan, maka akan di ekspor ke *grid* [8]. Gambaran sistem PLTS *on-grid* seperti yang terlihat pada Gambar 3.

C. Pengambilan Data

Data yang digunakan untuk melakukan simulasi dan perhitungan validasi atau perhitungan manual adalah seperti yang terlihat pada Tabel 1. Data pertama pada penelitian ini adalah data konsumsi listrik kawasan pada tahun 2020 yang didapatkan dari bagian fasilistas kawasan PT. DI. Adapun data konsumsi energi di kawasan PT. DI terlihat pada Tabel 2 dan Gambar 4.

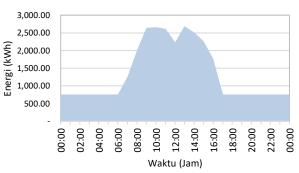
Terdapat dua buah kWh meter utama yang terdapat pada kawasan PT. DI dimana total kebutuhan energi pada kWh meter 1 dan kWh meter 2 adalah sebesar 22.008.800 kW. Kemudian berdasarkan Gambar 4, konsumsi energi pada Kawasan PT. DI di luar jam kerja (17.00 – 07.00) rata-rata adalah sebesar 600 kWh.

Tabel 1. Tabel sumber data

No	Data	Sumber Data
1	Data konsumsi	Data historikal PT.
2	energi listrik Data penyinaran matahari	DI Satelit NASSA, PV*SOL & Meteonorm
3	Data luas bangunan, tinggi, dan geometri bangunan	Data PT. DI dan Google Earth
4	Spesifikasi komponen PLTS	Datasheet komponen PLTS

Tabel 2. Tabel konsumsi energi listrik tahun 2020

kWh meter	Energi
kWh Meter 1 (kWh)	9.940.000
kWh Meter 2 (kWh)	12.068.800
Total (kWh)	22.008.800



Gambar 4. Estimasi konsumsi energi perjam kawasan PT. DI

Mayoritas beban listrik pada rentang waktu ini adalah untuk sistem penerangan. Kemdian pada jam kerja (07.00 – 17.00) adalah sebesar 2.000 kWh. Mayoritas beban listrik pada rentang waktu ini adalah untuk alat kerja dan perangkat penunjang dalam bekerja.

Data sekunder pada penelitian ini adalah data radiasi matahari untuk daerah kawasan PT. DI yang di dapatkan dari data Meteonorm 8.0 seperti yang terlihat pada Tabel 3. Berdasarkan data pada Tabel 3, nilai rata-rata GlobH, DiffH, dan temperatur masing-masing sebesar 5,07 kWh/m²/hari, 2,34 kWh/m²/hari, dan 20,5 °C.

Data ketiga yang digunakan pada penelitian ini adalah data luasan atap bangunan yang berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi PLTS atap. Luasan atap diperoleh dengan dengan memodelkan bangunan dalam bentuk tiga dimensi dan melakukan validasi ukuran dengan data internal PT. DI. Adapun data model dan luasan atap tiap bangunan adalah seperti yang terlihat pada Gambar 5, dan Tabel 6.

Tabel 3. Tabel iradiasi matahari kawasan PT. DI

D1	GlobH	DiffH	Temp
Bulan	kWh/m²/hari	kWh/m²/hari	°C
Januari	4,48	2,41	19,9
Februari	5,34	2,53	19,7
Maret	4,36	2,62	20,4
April	5,11	2,18	20,7
Mei	4,85	2,08	21,2
Juni	4,86	2,10	20,6
Juli	5,13	1,93	20,4
Agustus	5,42	2,13	20,6
September	5,75	2,21	20,6
Oktober	5,75	2,75	21,2
November	4,86	2,84	20,5
Desember	4,71	2,35	20,3
Tahun	5,07	2,34	20,5



Gambar 5. Model peta 3 dimensi kawasan PT. DI

Data keempat merupakan data spesifikasi dari PV yang digunakan [9]. Berikut adalah spesifikasi modul PV yang digunakan, seperti yang terlihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Seperti yang dituangkan pada Tabel 4 dan Tabel 5, *output* daya PV per panel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 540 W, dengan efisiensi sebesar 21,2%. Kemudian inverter yang digunakan kapasitas maksimumnya sebesar 575 kW.

Tabel 4. Spesifikasi modul PV [9]

Tipe modul	JAM72S30 540/MR
Cell	Monocrystalline
Weight	28,5 Kg
Dimension	2267mm x 1123mm x 4 mm
Cable Cross	4mm ^{2 (IEC)} , 12 AWG (UL)
Section Size	
No. Off Cell	144 (6x24)
Connector	QC 4.10-35 (1500VDC)
Parameter Kel	istrikan:
Rated	540 Watt
Maximum	
Power (Pmax)	
Open Circuit	49,90 Volt
Voltage (V)	
Short Circuit	13,55 Ampere
Current (A)	
Module	21.2 %
Efficiency [%]	
Temperature	-0.350 % / °C
Coeffcient	
(Pmax)	
STC	Irradiance 1000 W/m² Cell
	Temperature 25°C, AM

Tabel 5. Spesifikasi inverter [10]

-	= -
Tipe Modul	SE-GTE500E Grid Tie Inverter
Max PV array power	575 kW
Max Input Voltage	930 VDC
Rated Input Voltage	495 VDC
Max Input Current per MPPT	1140
No of MPPT	1
Rated Power Output	500 kW
Nominal AC Output Voltage	400 V
Frequency	50 Hz
Power Factor	1 / 0,8 overexcited to 0,8 underexcited
Efficiency	98,3 % / 98,1 %

Tabel 6. Luas atap gedung di PT. DI

No	Model 3D gedung	Nama gedung	Luas atap (ha)
1		Gedung 1 Segment 1	8,37
2		Gedung 1 Segment 2	13,19
3		Gedung 1 Segment 3	7,59
4		Gedung 2	3,14
5		Gedung 3	1,80
6		Gedung 4	15,02
7		Gedung 5	0,64
8		Gedung 6	7,38
9		Gedung 7	1,3
10		Gedung 8	1,87
11		Gedung 9	10,57
12		Gedung 10	4,83
13		Gedung 11	3,86

14	Gedung 12	1,95
15	Gedung 13	0,57
16	Gedung 14	1,25
17	Gedung 15	0,29
18	Gedung 16	0,57
19	Gedung 17	1,34
20	Gedung 18	0,84
21	Gedung 19	4,49
22	Gedung 20	0,57

Berdasarkan Tabel 6, terdapat 20 gedung yang memiliki atap dan dapat dimanfaatkan sebagai lokasi pemasangan PLTS atap. Adapun potensi luasan atap yang dapat dimanfaatkan pada 20 Gedung tersebut adalah 91,43 Ha.

D. Analisa Data

Setelah data didapatkan, maka dilanjutkan dengan proses simulasi dengan mengunakan bantuan *software* PV*SOL Trial Version dimana diagram alir proses simulasi pada software PV*SOL adalah seperti yang terlihat pada Gambar 6.

Untuk proses validasi hasil simulasi *software* dapat dilakukan dengan perhitungan manual dengan memanfaatkan persamaan berikut [6]:

$$El = PV_{Area} \times n_{pv} \times G_{av} \times T_{CF} \times n_{out}$$
 (1)

dimana:

El = Energi beban (kWh/hari)

 G_{av} = Radiasi harian matahari rata-rata

(kWh/m2/hari)

 n_{PV} = Efisiensi panel surya (%) T_{CF} = Temperature correction factor

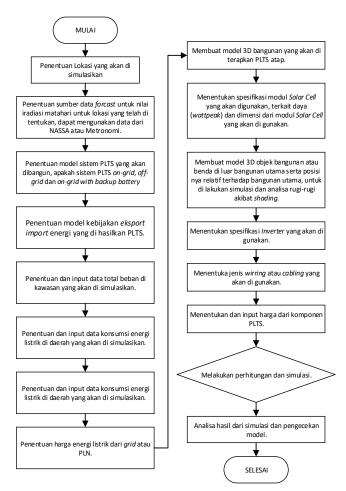
n_{out} = Efisiensi sistem keseluruhan sistem PV

 PV_{area} = Luas area modul surya (m2)

Berdasarkan area *array* maka dapat diperhitungkan daya yang dibangkitkan PLTS (*Watt Peak*) yang diperhitungkan dengan persamaan berikut [6]:

$$P_{in} = PV_{AREA} x PSI (2)$$

$$P_{MAX} = PV_{IN} \times n_{PV} \tag{3}$$



Gambar 6. Flow diagram pemodelan dengan software PV*SOL Trial Version

dimana:

Pin = Daya yang diterima modul surya (wp)

 P_{MAX} = Daya yang dibangkitkan (wp)

PSI = Peak Solar Insolation, dengan nilai 1000

 W/m_2

 n_{pv} = Efisiensi panel surya (%)

Setelah diketahui besarnya daya yang dibangkitkan, maka dapat dihitung jumlah panel surya dengan persamaan berikut:

$$Jumlah \, Panel \, Surya = \frac{P_{watt \, peak}}{P_{MPP}} \tag{4}$$

dimana:

 $P_{watt\ peak} = Daya\ yang\ dibangkitkan\ (Wp)$

 P_{MPP} = Daya maksimum keluaran panel surya

(W)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, didapatkan potensi PLTS atap jika diterapkan pada atap gedung di kawasan PT. DI dengan nilai seperti yang terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil simulasi potensi atap gedung kawasan PT. DI dengan PV*SOL

No	Gedung	Jumlah panel surya (unit)	Daya (MWp)
1	Gedung 1 Segment 1	27.356	14,77
2	Gedung 1 Segment 2	42.822	23,12
3	Gedung 1 Segment 3	24.873	13,80
4	Gedung 2	10.317	5,57
5	Gedung 3	6.156	3,32
6	Gedung 4	39.962	21,57
7	Gedung 5	2.132	1,15
8	Gedung 6	25.456	13,74
9	Gedung 7	4.480	2,41
10	Gedung 8	5.762	3,11
11	Gedung 9	32.732	17,67
12	Gedung 10	14.904	8,04
13	Gedung 11	10.468	5,65
14	Gedung 12	7.128	3,84
15	Gedung 13	1.800	0,97
16	Gedung 14	3.422	1,84
17	Gedung 15	1.050	0,56
18	Gedung 16	1.964	1,06
19	Gedung 17	2.862	1,54
20	Gedung 18	2.792	1,50
21	Gedung 19	16.034	8,65
22	Gedung 20	852	0,46

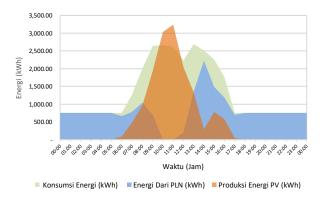
Berdasarkan Tabel 7, jumlah potensi daya yang dapat dihasilkan oleh PV dengan menggunakan *software* PV*SOL adalah sebesar 154,34 MWp. Setelah diketahui potensi seluruh atap gedung di kawasan PT. DI, analisis dilanjutkan dengan memodelkan dan menghitung pada skenario yang telah dibuat. Berikut adalah hasil simulasi pada skenario 1 seperti yang terlihat pada Tabel 8.

Berdasarkan data pada Tabel 8, dapat diketahui bahwa daya dari sistem PLTS yang dibuat adalah sebesar 6,02 MWp, dengan kebutuhan jumlah modul PV adalah sebanyak 11.149 modul, dan inverter GT500E sebanyak 11 modul. Dari hasil simulasi didapatkan grafik hubungan antara konsumsi energi, energi yang bersumber dari PLN dan energi yang dihasilkan dari PLTS atap dalam satu hari adalah seperti yang terlihat pada Gambar 7.

Berdasarkan hasil *plotting* grafik pada Gambar 7, dapat diketahui bahwa pada pukul 17.00 – 06.00, suplai energi listrik bersumber seluruhnya oleh PLN, adapun mulai pada pukul 06.00 – 17.00, PLTS menghasilkan energi di mana dapat mengurangi dan bahkan meng-ekspor kelebihan energi listrik ke PLN. Pengurangan penggunaan energi listrik PLN terjadi pada pukul 06.00 – 10.00, dan 12.00 – 17.00, adapun ekspor energi terjadi

Tabel 8. Hasil simulasi skenario 1

Parameter	Nilai	Satuan
Daya total output PLTS	6,02	MWp
Total energi yang dihasilkan pertahun	9.436.884	kWh/Year
Luas area atap yang digunakan	28.813,20	m^2
Fraksi PLTS terhadap kebutuhan energi	42,88	%
Jumlah modul panel surya	11.149	Modul
Jumlah inverter (SE GT500E grid tie inverter)	11	Unit

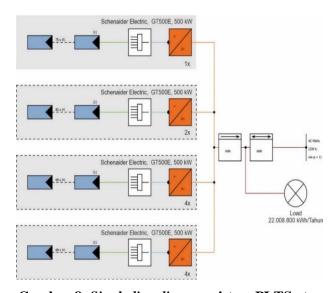


Gambar 7. Grafik hubungan antara konsumsi energi, energi suplai dari PLN dan produksi energi PLTS perhari pada skenario 1

pada rentang waktu 10.00 - 12.00. Daya listrik maksimum yang dapat dihasilkan oleh PLTS ini terjadi pada pukul 11.00 dengan keluaran daya sebesar 3.200 kWh, yang menunjukkan pada waktu tersebut nilai iradiasi mataharinya paling tinggi.

Selanjutnya dilakukan desain single line diagram untuk sistem PLTS atap pada skenario 1, dengan gambar seperti yang terlihat pada Gambar 8. Berdasarkan Gambar 8, skema pemasangan PLTS dibagi menjadi empat sistem besar, sistem pertama menggunakan satu buah inverter, sistem kedua menggunakan dua buah inverter, sistem ketiga dan keempat menggunakan empat buah inverter.

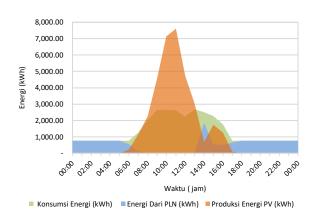
Untuk skenario 2, didapatkan hasil pemodelan dan simulasi sistem PLTS atap adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 9.



Gambar 8. Single line diagram sistem PLTS atap skenario 1

Tabel 9. Hasil simulasi skenario 2

Parameter	Nilai	Satuan
Daya total <i>output</i> PLTS	14,69	MWp
Total energi yang dihasilkan pertahun	22.156.331	kWh/Tahun
Luas area atap yang digunakan	70.313,50	m2
Fraksi PLTS terhadap kebutuhan energi	100,62	%
Jumlah modul panel surya	26.223	Modul
Jumlah inverter:		
-Tipe SE GT500E	19	Unit
-Tipe SE GT630 E	1	Unit
-Sunny Tripower CORE2 (v1)	16	Unit



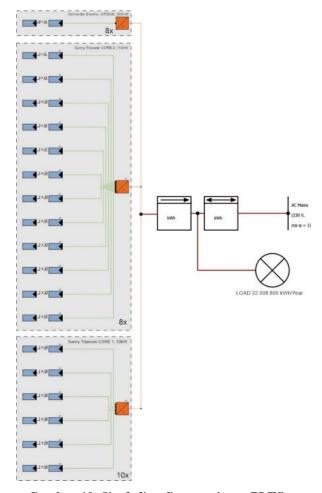
Gambar9. Grafik hubungan antara konsumsi energi, energi suplai dari PLN dan produksi energi PLTS perhari pada skenario 2

Berdasarkan data pada Tabel 9, dapat diketahui bahwa daya dari sistem PLTS yang dibuat adalah sebesar 14,69 MWp, dengan kebutuhan jumlah modul PV adalah sebanyak 26.223 modul, dan inverter sebanyak 36 modul. Dari hasil simulasi, didapatkan grafik hubungan antara konsumsi energi, energi yang bersumber dari PLN dan energi yang dihasilkan dari PLTS atap dalam satu hari seperti yang terlihat pada Gambar 9.

Berdasarkan hasil *plotting* grafik pada Gambar 9, sama halnya dengan skenario 1, pada pukul 17.00 – 06.00, suplai energi listrik bersumber seluruhnya oleh PLN, kemudian mulai pada pukul 06.00 – 17.00, sistem PLTS menghasilkan energi hingga mengurangi bahkan meng-ekspor kelebihan energi listrik ke PLN. Pengurangan penggunaan energi listrik PLN terjadi pada pukul 06.00 –07.00, dan 13.00 – 17.00, adapun ekspor energi terjadi pada rentang waktu 07.00 – 13.00. Daya listrik maksimum yang dapat dihasilkan oleh PLTS ini terjadi pada pukul 11.00 dengan keluaran daya sebesar 7.400 kWh, yang menunjukkan pada waktu tersebut nilai iradiasi mataharinya paling tinggi.

Selanjutnya dilakukan desain single line diagram untuk sistem PLTS atap pada skenario 2, dengan gambar seperti yang terlihat pada Gambar 10. Berdasarkan Gambar 10, skema pemasangan PLTS dibagi menjadi tiga sistem besar, sistem pertama menggunakan delapan buah inverter GT500E, sistem kedua menggunakan delapan buah inverter Sunny Tripower Core 2, sistem ketiga menggunakan 10 buah inverter Sunny Tripower Core 1.

Pada hasil simulasi skenario 2, sistem PLTS atap yang dirancang dapat memenuhi kebutuhan energi kawasan bahkan mampu melakukan ekspor energi ke jaringan listrik PLN dengan nilai ekspor sebesar 136.709,30 kWh/tahun pada empat tahun awal.



Gambar 10. Single line diagram sistem PLTS atap skenario 2

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis di dapatkan kesimpulan bahwa kawasan PT.DI memiliki potensi PLTS atap sebanyak 21 atap gedung, total daya PLTS yang dapat di bangkitkan sebesar 145,78 MWp. Untuk skenario 1 dimana skenario mensimulasikan bahwa daya PLTS atap maksimal sama dengan daya terpasang di kawasan PT.DI yaitu sekitar 6 Mw maka di dapatkan rancangan PLTS atap membutuhkan 11.149 module surya agar bisa menghasilkan daya output sebesar 6.020,46 kWp, dengan daya tersebut skenario 1 dapat memenuhi sekitar 42,8 % kebutuhan energi dari kawasan.

Sedangkan untuk skenario 2 dimana nilai acuan simulasi yang harus dipenuhi adalah nilai konsumsi energi listrik kawasan pertahun yaitu sebesar 22.008.800 kWh/tahun, didapatkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut di butuhkan daya PLTS atap sebesar 14691,74 kWp, dengan memanfaatkan jumlah module surya sebanyak 26.223 modul sehingga model sistem PLTS atap pada skenario 2 dapat memenuhi 100% kebutuhan energi listrik di kawasan PT. Dirgantara Indonesia serta dapat melakukan ekspor energi ke jaringan

listrik PLN sebesar 136,8 MWh/tahun selama 4 tahun pertama dan setelah tahun ke 5 PLTS atap tidak lagi dapat melakukan eksport energi dikarenakan degradasi daya pada modul surya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada PT. DI yang telah bersedia memberikan kemudahan terhadap akses data yang dibutuhkan.

REFERENSI

- [1] D. J. Ketenagalistrikan, "Statistik Ketenagalistrikan 2019," Https://Gatrik.Esdm.Go.Id/Frontend/Download_In dex?Kode_Catagory=Statistik., vol. 33, no. 9, pp. 1689–1699, 2022.
- [2] R. T. Kristiyani, "Analisis teknis dan ekonomis pembangunan sistem plts berkelanjutan pada fasilitas publik kabupaten Brebes," *Tesis Magister Universitas Gadjah Mada*, 2021.
- [3] E. Nur, "Analisis keberlanjutan rancang bangun integrasi plts dalam bangunan hijau kompleks kantor bupati wonogiri," *Tesis Magister Universitas Gadjah Mada*, 2020.
- [4] S. M. Hafidz, "Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw on Grid Di Yogyakarta," *Jur. Tek. Elektro, Sekol. Tinggi Tek. PLN*, vol. 7, no. 1, p. 49, 2015.
- [5] A. A. N. B. B. Nathawibawa, I. N. S. Kumara, and

- W. G. Ariastina, "Analisis Produksi Energi dari Inverter pada Grid-connected PLTS 1 MWp di Desa Kayubihi Kabupaten Bangli," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 1, p. 131, 2016.
- [6] H. R. Iskandar, E. Taryana, and S. Syaidina, "Perancangan Kebutuhan Energi Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Hanggar Delivery Center PT. Dirgantara Indonesia," Prosiding Semin. Nas. Sains dan Teknol. Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Jakarta, vol. 018, pp. 1–11, 2018.
- [7] Y. A. Nugroho, "Analisis Tekno-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di Pt Pertamina (Persero) Unit," *Tesis Magister Institut Teknologi Sepuluh November*, 2016.
- [8] A. Miller and B. Lumby, "Utility Scale Solar Power Plants. A Guide for developers and investors," *Int. Financ. Corp. [IFC]*, p. 204, 2012, [Online]. Available: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/04b38b804a 178f13b377ffdd29332b51/SOLAR%2BGUIDE%2 BBOOK.pdf?MOD=AJPERES.
- [9] "JAM72S30 MR 515-540 .pdf." JA Solar Corp., 2020, [Online]. Available: https://www.jasolar.com/.
- [10] T. Gt et al., "GT500 and GT500 MVX grid-tie solar inverters," vol. 1, no. 1, 2018, [Online]. Available: http://solar.schneider-electric.com/wpcontent/uploads/2014/10/gt-500-and-gt-500-mvxdatasheet-20141002_eng.pdf.