

# PENERAPAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA FOTOVOLTAIK UNTUK MENGURANGI *OVER LOAD* GARDU DISTRIBUSI KOMPLEK KAWASAN BALAI KOTA YOGYAKARTA

## *APPLICATION OF PHOTOVOLTAIC SOLAR POWER PLANT TO REDUCE OVER LOAD OF DISTRIBUTION SUBTTS COMPLEX YOGYAKARTA CITY HALL AREA*

Dulhadi<sup>1</sup>, and Budi Utama<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Department of Electrical Engineering, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta  
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

\*<sup>1</sup>Email corresponding: [dulhadi@itny.ac.id](mailto:dulhadi@itny.ac.id)

<sup>2</sup>Email: [budiutama@itny.ac.id](mailto:budiutama@itny.ac.id)

**Cara Sitasi:** Dulhadi, B. Utama, "Penerapan pembangkit listrik tenaga surya fotovoltaik untuk mengurangi *over load* gardu distribusi kompleks kawasan Balai Kota Yogyakarta" *Kurvatek*, vol. 7, no. 2, pp. 11-22, 2022. doi: [10.33579/krvtk.v7i2.3139](https://doi.org/10.33579/krvtk.v7i2.3139) [Online].

**Abstrak** — Kawasan kompleks Balai Kota Yogyakarta dipasok listrik PLN 875 KVA dengan arus 3,977 kA, kebutuhan beban maksimal 3,389 kA, sehingga prosentase pembebanan mencapai 85,09 %. Dengan asumsi pertumbuhan beban 1% per tahun dikhawatirkan terjadi kolaps daya listrik, maka perlu penambahan daya listrik agar tidak terjadi *kolaps*. Potensi sumber daya listrik selain dari PLN yakni pemanfaatan energi baru terbarukan tenaga surya Fotovoltaik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut terlebih dahulu dilakukan perencanaan PLTS On Grid. Hasil perencanaan dengan area 1400 m<sup>2</sup> didapat daya 204 kWp terdiri 648 panel surya dengan susunan 18 pasangan seri dan 12 paralel. *Output* tegangan AC pada fase R, S dan T masing – masing 228,63 Volt, 108,2 Ampere. Hasil kontribusi PLTS On Grid dalam bentuk daya AC sebesar 24,74 KVA memberikan tambahan daya 2,8272 %. Penambahan tersebut dapat menghemat biaya operasional sebesar Rp 9.826.300,- per bulan

**Kata kunci:** Kolaps, Perencanaan PLTS *on Grid*, Penghematan

**Abstract** — *The Yogyakarta City Hall complex area has a PLN electricity supply with a capacity of 875 KVA, a current of 3.977 kA, while the maximum load current absorption is 3.389 kA, so that the percentage of load current to the capacity of distribution substations reaches a maximum limit of 85.09%, assuming a load growth of 1% per year. It is feared that there will be a power outage. So additional power is needed to help overcome the collapse. Potential sources of electricity apart from PLN is new renewable energy photovoltaic solar power. To overcome these problems, PLTS On Grid planning is first carried out. The results of the planning with an area of 1400 m<sup>2</sup> produces a power of 204 kWp consisting of 648 solar panels with an arrangement of 18 series and 12 parallel pairs. The AC output voltage and current in the R, S and T phases are 228.63 Volts, 108.2 Ampere, respectively. The contribution of PLTS On Grid in the form of AC power of 24.74 KVA provides additional power of 2.8272% of the capacity of the distribution substation. This addition can save operational costs of IDR 9,826,300 per month..*

**Keywords:** Collapse, On Grid PLTS Planning, Savings

### I. PENDAHULUAN

Kawasan kompleks Balai Kota Yogyakarta memiliki sistem pasokan kelistrikan dari sumber PT. PLN (Persero) melalui 1 unit Gardu Distribusi berkapasitas 875 KVA dengan arus 3,389 kA disalurkan ke beban melalui 1 unit panel LVMDP, 3 panel MDP, 14 Panel Power, dan 13 panel SDP. Sedangkan sistem distribusi listrik kawasan Komplek Balai Kota adalah sistem distribusi terpusat dalam tipe jaringan distribusi radial. Kondisi saat ini penggunaan beban listrik di kawasan kompleks Balai Kota Yogyakarta arus maksimal 3,389 kA dengan tagihan rekening rata – rata per bulan kurang lebih Rp 172.000.000,-. Berdasarkan penyerapan arus listrik tersebut dihitung prosentase penggunaan arus listrik terhadap kapasitasnya 85,09 %. Besaran prosentase penggunaan listrik tersebut cukup tinggi, sehingga dengan

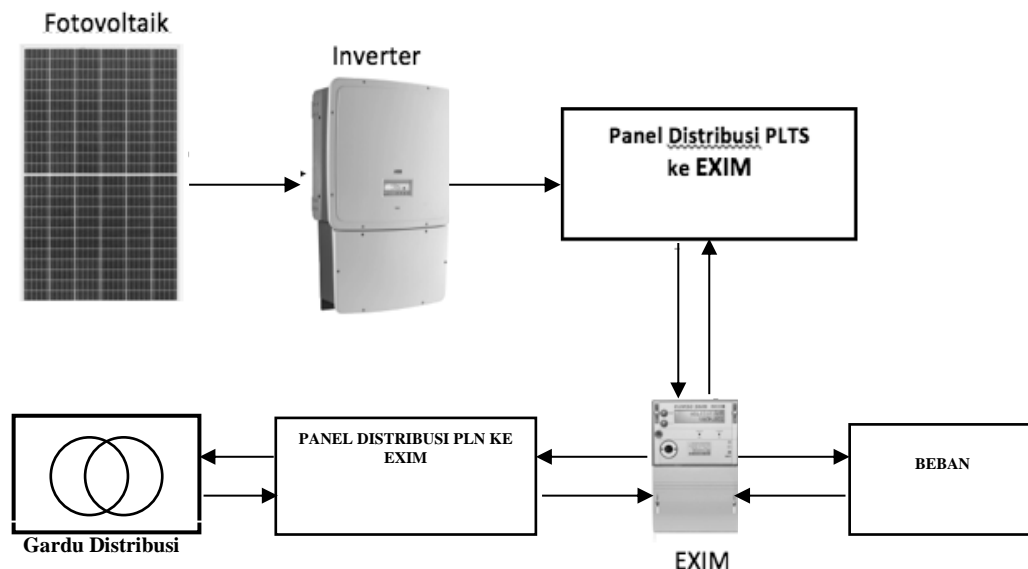
pertumbuhan beban 1 % per tahun dapat menyebabkan *kolaps* daya listrik. Sistem kelistrikan kawasan Balai Kota dilengkapi pasokan daya *emergency* dari genset dengan kapasitas 1250 KVA, genset ini hanya dipergunakan saat terjadi gangguan pemadaman/gangguan pasokan listrik PT. PLN (Persero).

Solusi permasalahan agar tidak terjadi kolaps diperlukan penambahan kapasitas daya listrik. Potensi pengembangan sumber daya listrik selain dari sumber daya listrik PT. PLN (Persero) pada kawasan Balai Kota Yogyakarta adalah dengan pemanfaatan energi baru terbarukan diantaranya adalah pembangkit listrik tenaga surya fotovoltaik sebagai implementasi Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2017 tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik berpotensi menjadi disensitif bagi investasi pengembangan listrik dari energi baru terbarukan [12]. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan pembangkit listrik tenaga surya fotovoltaik agar dapat diketahui besaran daya listrik yang dapat dikembangkan di kawasan Balai Kota Yogyakarta. Dengan penambahan sumber daya baru tersebut juga perlu dilakukan analisis aliran daya pada jaringan distribusi kawasan Balai Kota Yogyakarta, dengan tujuan untuk mendapatkan data tingkat kemampuan jaringan distribusi eksistingnya.

Penyediaan sumber energi baru dan terbarukan yang ramah lingkungan sebagai alternatif untuk penambahan suplai listrik yaitu sistem kelistrikan PLTS *On Grid/Grid tie*. PLTS *On Grid* merupakan sistem kelistrikan yang terintegrasi dengan jaringan PLN sehingga energi listrik dari jaringan PLN tetap menjadi pemasok utama kemudian PLTS sebagai pendukung. Adapun penyediaan sumber energi baru dan terbarukan tetap dihargai oleh PT. PLN dengan ketentuan pada Peraturan Menteri ESDM No.49 tahun 2018 pada pasal 6 ayat 1 menjelaskan bahwa Energi listrik Pelanggan PLTS Atap yang diekspor dihitung berdasarkan nilai kWh Ekspor yang tercatat pada meter kWh ekspor-impur dikali 65% [13].

## II. METODE PENELITIAN

Konsep Perancangan PLTS Fotovoltaik dengan sistem *On grid* dengan kawasan Balai Kota Yogyakarta membutuhkan beberapa tahapan penyelesaian. Tahapan penelitian yang dilakukan diantaranya adalah studi Literatur, yaitu mengumpulkan data-data dari buku referensi dan jurnal-jurnal yang relevan dengan topik penelitian, identifikasi masalah, yaitu dengan merumuskan latar belakang masalah pada penelitian yang dilakukan hingga tujuan dalam melakukan penelitian ini, dan untuk observasi, yaitu pengumpulan data dengan mengadakan pengukuran area dan pengamatan secara langsung pada jaringan distribusi kawasan Balai Kota Yogyakarta untuk mendapatkan kepastian letak panel surya maupun panel sistem kelistrikan PLTS Fotovoltaik. Susunan konfigurasi sistem konsep *On Grid* antara PLN dan PLTS Fotovoltaik diberikan pada gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi Sistem Konsep On-grid

Secara singkat dijelaskan bahwa dari skema konsepnya, hasil energi PLTS akan diubah oleh inverter dari DC ke AC, kemudian disesuaikan jalurnya oleh panel distribusi, dan dari antara panel distribusi outputnya akan masuk ke alat ukur EXIM yang akan mensinkronisasikan ke beban (konsumen) dan ke jaringan jala-jala PLN [10].



Tabel 2. Data penghantar eksisting jaringan distribusi

No	Panel	Jenis dan Ukuran Kabel	Panjang Kabel( Meter)
1	Trafo - LVMDP	NYN 3 x(4 x 300 mm <sup>2</sup> )	100
2	LVMDP – MDP 1	NYFYGbY 2x(4x240mm <sup>2</sup> )	100
3	MDP1-SDP1.1	NYFYGbY 2x(4x150mm <sup>2</sup> )	75
4	MDP1-SDP1.2	NYFYGbY 2x(4x150mm <sup>2</sup> )	75
5	MDP1-SDP1.3	NYFYGbY 2x(4x150mm <sup>2</sup> )	75
6	MDP1-SDP1.4	NYFYGbY 2x(4x150mm <sup>2</sup> )	75
7	MDP1-SDP1.5	NYN 4 x 16 mm <sup>2</sup>	25
8	LVMDP – MDP 2	NYFYGbY 2x(4x240mm <sup>2</sup> )	125
9	MDP2-SDP2.1	NYFYGbY 4x95mm <sup>2</sup>	100
10	MDP2-SDP2.2	NYFYGbY 4x50mm <sup>2</sup>	50
11	MDP2-SDP2.3	NYFYGbY 4x95mm <sup>2</sup>	100
12	MDP2-Pentanahan Lt 1	NYN 4 x 16 mm <sup>2</sup>	50
13	MDP2-Pentanahan Lt 2	NYN 4 x 16 mm <sup>2</sup>	60
14	MDP2-Pentanahan Lt 3	NYN 4 x 16 mm <sup>2</sup>	70
15	LVMDP – MDP 3	NYFYGbY 2x(4x240mm <sup>2</sup> )	100
16	MDP3 – SDP3.1	NYFYGbY 4x35mm <sup>2</sup>	45
17	MDP3 – SDP3.2	NYFYGbY 4x35mm <sup>2</sup>	45
18	MDP3 – SDP3.3	NYFYGbY 4x95mm <sup>2</sup>	100
19	MDP3 – SDP3.4	NYFYGbY 4x95mm <sup>2</sup>	100

#### Dasar perhitungan perencanaan PLTS On Grid

Jumlah Panel Surya yang akan digunakan tergantung pada daya (Wattpeak) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi diperhitungkan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

Area *array* (PV Area) diperhitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut [1,6,8]:

$$Luas\ Array = \frac{EL}{G_{av} \times \eta_{pv} \times FKT \times \eta_{out}} \quad (1)$$

Keterangan :

- EL : Pemakaian energi (kWh/hari).
- G<sub>av</sub> : Insolasi harian matahari rata-rata (kWh/m<sup>2</sup>/hari).
- η<sub>pv</sub> : Efisiensi panel surya.
- TCF : Temperature correction factor.
- η<sub>out</sub> : efisiensi *Inverter*.

Berdasarkan perhitungan area *array*, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (*Wattpeak*) dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{(Watt\ peak)} = Luas\ array \times PSI \times \eta_{PV} \quad (2)$$

Keterangan :

- PSI (Peak Solar Insolation) = 1000 w/m<sup>2</sup>
- η<sub>pv</sub> = efisiensi panel surya

Selanjutnya berdasarkan daya yang akan dibangkitkan (*Wpeak*), maka jumlah panel surya yang diperlukan, diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\sum Panel\ Surya = \frac{P_{(Watt\ Peak)}}{P_{MPP(Watt\ Peak)}} \quad (3)$$

Keterangan :

- P<sub>watt Peak</sub> : Daya yang dibangkitkan (W<sub>P</sub>)
- P<sub>MPP</sub> : Daya maksimum keluaran panel surya (W<sub>P</sub>)

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### A. Menentukan Jumlah Panel Surya dan Daya Total Panel Surya

Berdasarkan data penggunaan energi pada kawasan Balai Kota Yogyakarta terhitung sebesar :

$$E_L = \text{Kapasitas Daya} \times \text{Faktor kebersamaan} \times \text{waktu penggunaan}$$

$$E_L = 149,91 \times 0,9 \times 0,5 \times 10 \text{ jam} = 674,595 \text{ kWh}$$

Besaran nilai  $G_{av}$  dapat dihitung berdasarkan adanya data intensitas radiasi matahari seperti diberikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Data Intensitas Radiasi Matahari Bulanan ( $\text{Watt/m}^2$ )  
(Sumber: BMKG DIY tahun 2020)

Bulan	Tahun				
	2015	2016	2017	2018	2019
Januari	X	186,1	173,7	195,5	212
Februari	X	189,9	194,8	222,6	215,1
Maret	X	206,6	208,3	229,5	191,8
April	186,1	205,5	199,5	220,5	203,6
Mei	200,6	162,9	x	219,2	210,6
Juni	189,7	165,3	x	201,9	203
Juli	204,1	189,3	x	222,7	205,5
Agustus	221,6	175,7	x	216,1	219,3
September	244,2	199,1	x	229,7	256,5
Oktober	262,5	201,7	x	243	259,8
November	203,7	169,4	122,2	207	231,7
Desember	251	197,8	219,1	192,7	217,5
Rata-rata	218,1667	187,4417	186,2667	216,7	218,86667

$$G_{av} = \frac{218,867 \times 10 \text{ jam} \times 24 \text{ jam / hari}}{1000} = 5,2528 \text{ kWh / m}^2 \text{ / hari}$$

Karakteristik panel surya adalah setiap kenaikan temperature  $1^\circ\text{C}$  dari temperature standar panel surya, maka akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang sekitar 0.5%. Data temperature maksimum untuk Yogyakarta pada dalam rentang waktu 2021 adalah sebesar  $27^\circ\text{C}$ . Data temperature ini memperlihatkan bahwa ada peningkatan suhu  $2^\circ\text{C}$  dari suhu standar ( $25^\circ\text{C}$ ) yang diperlukan oleh panel surya. Besarnya daya yang berkurang pada saat temperature di sekitar panel surya mengalami kenaikan  $2^\circ\text{C}$  dari temperature standarnya, diperhitungkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P \text{ saat } \Delta t = 0,5 \% \times \Delta t \times P \text{ maks} = 0,5 \% \times 2 \times 325 \text{ W} = 3,25 \text{ W}$$

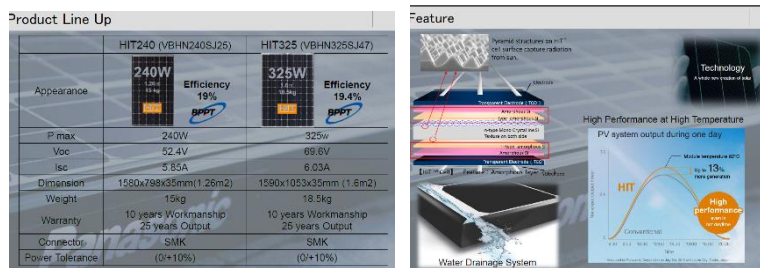
Maka, daya yang dikeluarkan oleh panel surya pada suhu lingkungan sekitar sebesar  $27^\circ\text{C}$  dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P_{maks} t' = P_{maks} - P \text{ saat } \Delta t = 325 \text{ W} - 3,25 \text{ W} = 227,7 \text{ W}$$

Faktor Koreksi Temperatur (FKT) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3 berikut:

$$TCF = \frac{P_{Maks, t1}}{P_{Maks}} = \frac{227,7}{325} = 0,7$$

Efisiensi panel surya didapatkan berdasarkan data dari pabrikan pembuatnya, adapun data pabrikan panel surya terlihat pada Gambar 3 [11]. Data panel surya yang diambil dengan seri HIT325 (VBHN325SJ47) yang memiliki efisiensi 19,4 %.



Gambar 3. Spesifikasi modul panel surya

Spesifikasi inverter yang digunakan adalah inverter 100 kW AC, 3 fase dengan tegangan 400 volt (Tegangan line to line) dan 220 Volt (Tegangan Line to *Neutral*) dengan merk tertentu memiliki efisiensi output 0,9. Dengan data tersebut, maka luas area yang dibutuhkan adalah :

$$PVArea_{(Maks)} = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{Out(Inverter)}}$$

$$= \frac{149,91 \times 0,9 \times 0,5 \times 10 \text{ Jam}}{5,2528 \times 0,194 \times 0,7 \times 0,9} = \frac{674,595}{0,642} = 1051 \text{ m}^2$$

Artinya membutuhkan luasan dengan panjang 52,55 meter dan lebar 20 meter, berdasarkan hasil pengukuran area tercukupi.

Setelah diketahui PV Area sebesar 1051 m<sup>2</sup>, PSI (*Peak Solar Insolation*) dengan ketentuan 1000 w/m<sup>2</sup>, efisiensi panel surya sebesar 0,194, maka daya yang dibangkitkan oleh PLTS dapat diketahui yaitu dengan menggunakan persamaan 2.

$$P (\text{Watt peak Maks}) = 1051 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,194 = 203894 \text{ Watt peak} \approx 204 \text{ kWp}$$

Dengan daya terpasang sebesar 875 KVA x 0,9 (PF) = 787,5 kW, maka PLTS dapat memberikan kontribusi sebesar :

$$\% \text{ Kontribusi PLTS} = \frac{204 \text{ kWp}}{787,5 \text{ KW}} \times 100\% = 25,9\%$$

Panel Surya yang digunakan untuk perancangan PLTS adalah direncanakan panel surya dengan kapasitas 325 WP. Sehingga berdasarkan kapasitas tersebut, maka jumlah panel surya yang diperlukan dengan menggunakan persamaan 2.5. adalah :

$$\text{Untuk daya 204 kWp sejumlah : } \frac{204000}{325} = 628 \text{ Panel Surya}$$

## B. Perencanaan Konstruksi PLTS

### 1. Susunan panel surya

Berdasarkan data yang diinginkan tegangan per fase 220 Volt dan antar fase 380 Volt AC, maka tegangan DC panel surya harus lebih tinggi dari tegangan AC. Hal ini karena akan terjadi penyusutan tegangan dari DC ke AC saat dilakukan pemasangan inverter.

[1] Untuk tegangan sumber 3 fase AC yang dibutuhkan :

$$V_{L-L} = \sqrt{3} \times 380 \text{ volt} = 658,179 \text{ Volt}$$

Berdasarkan data spesifikasi panel surya terlihat pada Gambar 4 dan tertera data sesuai dari pabrikan [11].

PV Module Size 1590 x 1053 x 35 ( 19.00 kg ea )	
PV Module ( per 1 string)	
Manufacturer	—
Module Number	HIT VBHN325SJ47
Type	Monocrystalline Hetero Junction
Max Output	3,900 W (25 W x 12 series)
Open Circuit Voltage	699,2 V (69,6 V x 12 series)
Short Circuit Current	6,03 A (5,03 A x 1 paralel)
Max Power Voltage	691,2 V (57,6 V x 12 series)
Max Power Current	5,65 A (4,65 A x 1 paralel)

Gambar 4. Dimensi panel surya

Dalam data spesifikasi panel surya dijelaskan bahwa tegangan per panel  $57,6 \text{ V} \times 12 = 691,2 \text{ volt}$ , artinya pasangan seri 12 panel surya menghasilkan tegangan  $691,2 \text{ volt}$  lebih besar dari tegangan sumber AC yang dibutuhkan ( $691,2 \text{ Volt} > 658,179 \text{ Volt}$ ), maka dapat dikatakan panel surya hubungan seri telah memenuhi persyaratan.

[2] Untuk sumber arus per fase AC yang dibutuhkan :

Jumlah panel yang direncanakan adalah  $204 \text{ kWp}$ , dengan pasangan seri 12 panel, maka pasangan paralel panel surya didapatkan :

Daya panel surya pasangan seri :  $325 \text{ Wp} \times 12 = 3,9 \text{ kWp}$

Pasangan paralel panel surya :  $\frac{204}{3,9} = 52,3 \approx 54 \text{ pasangan serie}$

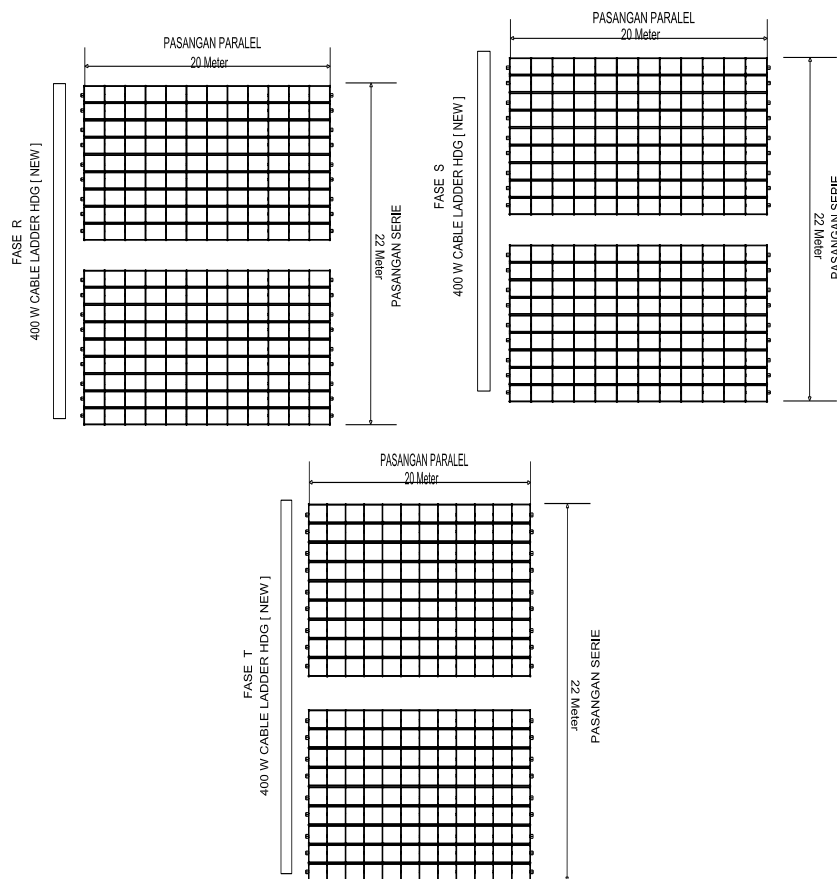
Oleh karena untuk membentuk fase R, fase S dan fase T, maka pasangan paralel tersebut dibagi menjadi tiga bagian yaitu  $\frac{54}{3} = 18 \text{ panel Surya}$ , Sehingga susunan panel surya terbentuk :

Pasangan paralel : Untuk fase R: 12 panel; Untuk fase S: 12 panel; Untuk fase T: 12 panel

Pasangan Serie : Untuk fase R: 18 panel; Untuk fase S: 18 panel; Untuk fase T: 18 panel

Total panel :  $3 \times 12 \times 18 = 648 \text{ panel surya}$

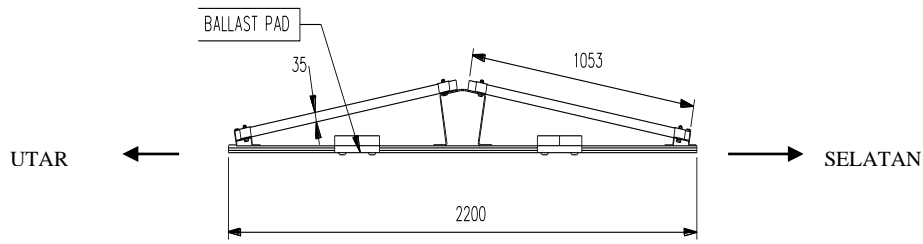
Susunan konstruksi panel surya paralel seri dihasilkan seperti dalam Gambar 5.



**Gambar 5.** Susunan serie paralel panel surya untuk Fase R, S dan Fase T

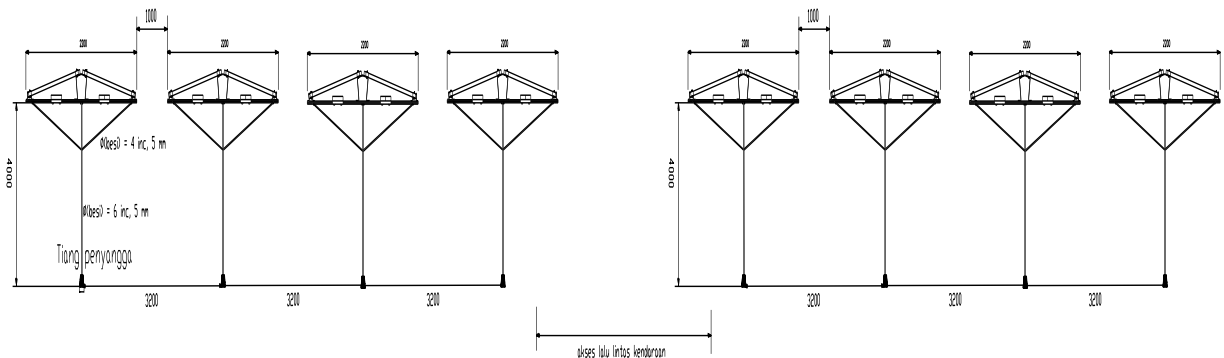
## 2. Konstruksi rangka panel surya

Untuk menempatkan panel surya dibutuhkan rangka panel surya yang terbuat dari aluminium. Penggunaan aluminium karena aluminium tidak berkarat dan kekuatan mekanisnya mampu untuk dibebani beratnya panel surya sekitar  $19 \text{ kg}$  [11]. Adapun bentuk rangka panel surya diberikan Gambar 6. Sedangkan untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari yang optimal, maka panel surya diletakkan menghadap selatan dengan jumlah 3 group 54 unit panel surya dan menghadap utara dan 3 group 54 unit panel surya dengan sudut kemiringan antara  $5^\circ$  sampai dengan maksimal  $15^\circ$  [8].



Gambar 6. Konstruksi rangka panel surya

Adapun panel surya dipasang pada lokasi parkir motor dan mobil sebagai atap parkiran, sehingga konstruksi bangunan untuk lokasi penempatan PLTS diberikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Konstruksi bangunan PLTS on grid kawasan Balai Kota Yogyakarta

**C. Analisa Aliran Daya Pada Sistem Distribusi Kawasan Balai Kota Yogyakarta**

Analisa aliran daya pada sistem distribusi yang dimaksud bertujuan untuk mengetahui kualitas tegangan pada jaringan distribusi Kawasan Balai Kota Yogyakarta. Kondisi tegangan sebelum dipasang PLTS Fotovoltaik maupun sesudah dipasang PLTS Fotovoltaik. Analisa aliran daya dilakukan dengan menggunakan program aplikasi Etap Versi 12.6.

**1. Analisa aliran daya sebelum dan setelah dipasang PLTS Fotovoltaik**

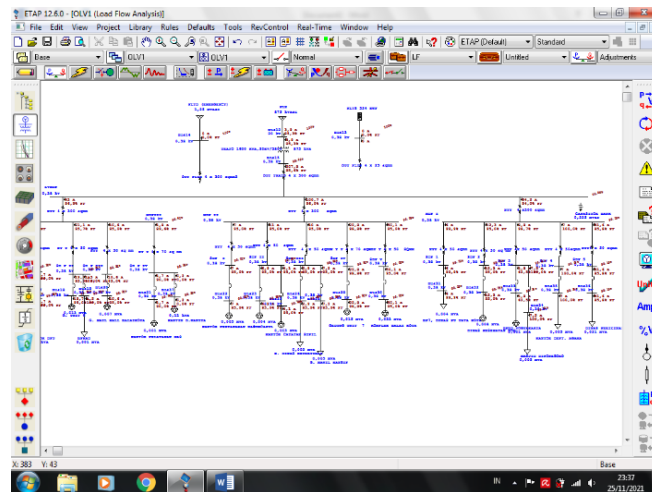
Analisa aliran daya sebelum dan setelah dipasang PLTS Fotovoltaik diberikan pada gambar 8 dan 9. Gambar tersebut adalah hasil *running* program aplikasi Etap Versi 12.6. Kondisi sistem distribusi sebelum dan setelah dipasang PLTS On Grid menunjukkan kondisi normal tidak terjadi perubahan kondisi aliran dayanya, artinya jaringan distribusi pada kawasan Balai Kota masih mampu mendapatkan beban tambahan. Adapun data perbandingan hasil *running* program Etap diberikan pada tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan hasil aliran daya sistem Distribusi kawasan Balai Kota Yogyakarta

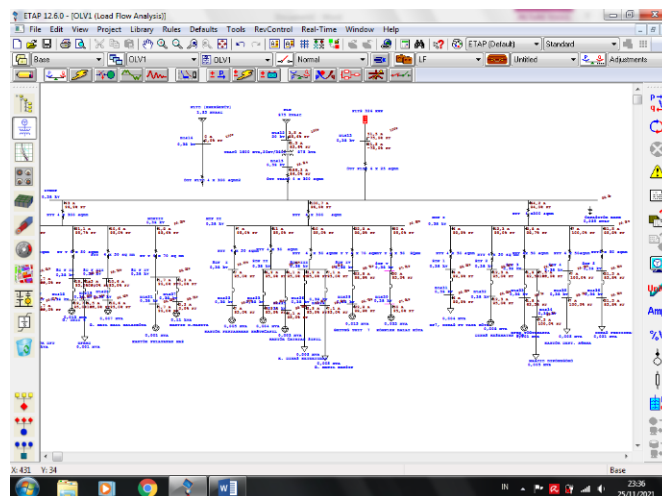
No	ID	Sebelum		Setelah		Perbaikan	
		% PF	% Loading	% PF	% Loading	% PF	% Loading
1	Cable2	85,75	9,8	85,75	9,7	0	00.01
2	N Y Y 4 X 50 SQMM	95		95		0	0
3	N Y Y 4 X 70 sqmm	98,76	13,2	98,76	13,2	0	0
4	NY Y 4 X 50 sqmm	95,67	16	95,67	16	0	0
5	NY Y 4 X 70 sq mm	89,58	1,1	89,58	1,1	0	0
6	NYY 4 X 50 sqmm	95	7,6	95	7,6	0	0
7	NYY 4 X 50 sqmm	95	8,3	95	8,3	0	0
8	NYY 4 X 50 sq mm	95	9,3	95	9,3	0	0
9	NYY 4 X 50 sq mm	95	8	95	8	0	0
10	NYY4 X 50 sqmm	85,79	23,8	85,79	23,8	0	0



No	ID	Sebelum		Setelah		Perbaikan	
		% PF	% Loading	% PF	% Loading	% PF	% Loading
11	NY Y 4 X 50 sqmm	99,88	4,5	99,88	4,5	0	0
12	NY Y 4 X 50 sqmm	95	5,3	95	5,3	0	0
13	NY Y 4 X 50sqmm	100	5,3	100	5,3	0	0
14	NY Y 4 X 300 sqmm	95,98	23,4	95,98	23,4	0	0
15	NY Y 4 X 300 sqmm	96,85	0,8	96,85	0,8	0	0
16	NY Y 4 X300 sqmm	94,04	15	94,04	14,9	0	00.01
17	NY Y 4X 50 sqmm	98,67	6,6	98,66	6,6	00.01	0
18	NY Y 4X50 sqmm	99,9	7,4	99,9	7,4	0	0
19	OUT PLTS 4 × 25 sqmm	0	0	74,98	84,6	74.98	-84.6
20	OUT TRAF0 4 × 300 sqmm	95,61	13,8	85,98	12,4	0,41875	01.04
21	SDP I	99,88	61,4	99,88	61,3	0	00.01
22	TRAF0 875KVA, 20KV/380V	95,32	10,8	85,58	9,7	0,4263889	01.01



**Gambar 8.** Hasil running program Etap versi 12.6 sebelum terpasang PLTS pada sistem distribusi



**Gambar 9.** Hasil running program Etap versi 12.6 setelah terpasang PLTS pada sistem distribusi

#### D. Kontribusi Energi Listrik PLTS Fotovoltaik

Penerapan PLTS Fotovoltaik dengan sistem On Grid dimaksudkan untuk membantu suplai daya beban agar tidak terjadi *kolaps*. Besarnya *output* tegangan pada inverter tersebut adalah 400 Volt AC dan kapasitas daya dikeluarkan mencapai 70,295 kW<sub>DC</sub>. Oleh karena data input DC dari panel surya sejumlah 619,2 V<sub>DC</sub> masih memenuhi kriteria pada inverter yang digunakan yaitu memiliki range 500 – 800 V<sub>DC</sub>. Maka besaran arus dan tegangan AC dapat dihitung sebagai berikut :

$$\frac{P_{DC}}{V_{DC}} = \frac{P_{AC}}{V_{AC}} \longrightarrow P_{AC} = \frac{P_{DC} \times V_{AC}}{V_{DC}} = P_{AC,R} = \frac{70,295 \text{ kW}_{DC} \times 400 \text{ V}_{AC}}{691,2 \text{ V}_{DC}} = 40,68 \text{ kW}$$

$$I_{AC} = \frac{P_{AC}}{V_{AC} \times \cos \varphi}$$

$$I_{AC(R)} = \frac{40,68 \text{ kW}}{400 \times 0,94} = \frac{40680}{376} = 108,2 \text{ A} \quad I_{AC(S)} = \frac{40,68 \text{ kW}}{400 \times 0,94} = \frac{40680}{376} = 108,2 \text{ A} ;$$

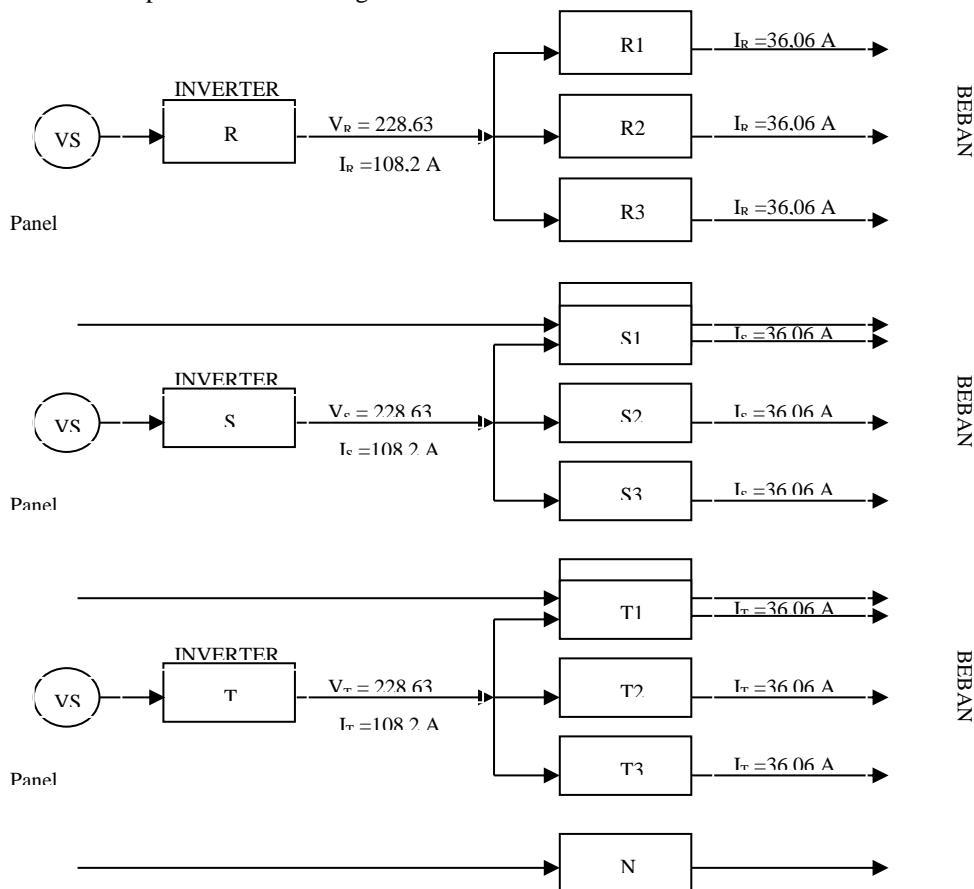
$$I_{AC(T)} = \frac{40,68 \text{ kW}}{400 \times 0,94} = \frac{40680}{376} = 108,2 \text{ A}$$

Adapun tegangan masing – masing fase didapatkan sebagai berikut :

$$V_{L-N \text{ Fase R}} = \frac{400 \text{ Volt}}{\sqrt{3}} = 230,94 \text{ Volt} ; \quad V_{L-N \text{ Fase S}} = \frac{400 \text{ Volt}}{\sqrt{3}} = 230,94 \text{ Volt} ; \quad V_{L-N \text{ Fase T}} = \frac{400 \text{ Volt}}{\sqrt{3}} = 230,94 \text{ Volt}$$

Besaran tegangan yang diizinkan adalah 10 % >Tegangan standar <5%, artinya range besaran tagangan yang diizinkan adalah : 198 volt > Tegangan standar (220 Volt) < 231 Volt Dengan tegangan sumber sebesar 230,94 volt masih dalam range standar yang diizinkan.

Secara umum konsep perencanaan PLTS On Grid memperhitungkan regulasi terjadi *drop* tegangan 1%. Sehingga jika terjadi *drop* tegangan pada sisi beban, maka dengan tegangan sumber 230,94 volt didapatkan tegangan disisi beban sebesar (230,94 – 2,31= 228,63 Volt (masih memenuhi standar tegangan yang diizinkan). Berdasarkan perencanaan instalasi listrik sistem PLTS Fotovoltaik terbagi menjadi 3 sistem fase dan 1 netral seperti terlihat dalam gambar 10 :



**Gambar 10.** Sistem instalasi PLTS Fotovoltaik kawasan Balai Kota Yogyakarta

Berdasarkan perhitungan dan sistem yang direncanakan, kontribusi energi yang didapatkan berdasarkan waktu optimal pemanfaatan sinar matahari selama 5 jam dengan rerata penggunaan faktor daya pada beban sebesar 0,94, maka besaran energi yang dapat dikontribusikan per hari dari PLTS On Grid pada Kawasan Balai Kota Yogyakarta terhitung sebagai berikut :

Dalam satu hari :

$$W_{Fase R} = I_R \times V_R \times \cos \varphi \times Waktu = 108,2 \times 228,63 \times 0,94 \times 5 \text{ jam} = 116,268 \text{ kWh}$$

$$W_{Fase S} = I_S \times V_S \times \cos \varphi \times Waktu = 108,2 \times 228,63 \times 0,94 \times 5 \text{ jam} = 116,268 \text{ kWh}$$

$$W_{Fase T} = I_T \times V_T \times \cos \varphi \times Waktu = 108,2 \times 228,63 \times 0,94 \times 5 \text{ jam} = 116,268 \text{ kWh}$$

Dalam satu Bulan :

$$W_{Fase R} = 116,268 \text{ kWh} \times 30 \text{ hari} = 3488 \text{ kWh}$$

$$W_{Fase S} = 116,268 \text{ kWh} \times 30 \text{ hari} = 3488 \text{ kWh}$$

$$W_{Fase T} = 116,268 \text{ kWh} \times 30 \text{ hari} = 3488 \text{ kWh}$$

Dengan harga per kWh sebesar Rp1444,7,-, maka besaran rupiah yang dihasilkan adalah

$$\text{Pendapatan} = 3 \times 3,488 \times 1,444.7 = \text{Rp } 15.117.340$$

Mengacu pada Peraturan Menteri ESDM No.49 tahun 2018 pada pasal 6 ayat 1 menjelaskan bahwa Energi listrik Pelanggan PLTS Atap yang diekspor dihitung berdasarkan nilai kWh Ekspor yang tercatat pada meter kWh ekspor-impur dikali 65% (enam puluh lima persen). Oleh karena itu pendapatan penjualan energi listrik dari PLTS On Grid untuk Kawasan Balai Kota Yogyakarta per bulan sebesar

$$\text{Pendapatan} = 3 \times 3,488 \times 1,444.7 \times 0,65 = \text{Rp } 9.826.272,-$$

$$\text{Dibulatkan menjadi : Rp } 9.826.300,-$$

#### IV. KESIMPULAN

- Berdasarkan dengan luasan area yang tersedia dengan ukuran panjang 70 m dan lebar 20 m, maka dapat dipasang maksimum PLTS On Grid sebesar 204 kWp, dengan susunan panel surya sejumlah, untuk fase R, S dan T masing – masing untuk pasangan seri 12 panel dan pasangan paralel 18 panel.
- Dengan kapasitas 204 kWp menghasilkan tegangan keluaran untuk beban pada fase R, S dan T masing – masing 228,63 Volt dan 108,2 Ampere. Dengan demikian kapasitas catu daya sebagai sumber ketenagalistrikan kawasan Balai Kota Yogyakarta sejumlah 3,977 kA + 108,2 A = 4,0852 kA, sedangkan kebutuhan total ampere pada beban sebesar 3,389 kA, maka prosentase penggunaan catu daya trafo PLN menurun sebesar 2,13 %, sehingga trafo distribusi PLN mengalami penurunan pembebanan dari 85,09 % menjadi 82,96 %. Besaran efisiensi trafo distribusi masih tergolong besar  $\eta = 82,96\%$ .
- Dengan asumsi faktor demand rata –rata beban sebesar 0,7, maka pembebanan rata rata menjadi 3,389 kAx0,7=2,3723 kA, maka efisiensi trafo distribusi menjadi turun sebesar  $\eta = \frac{2,3723 \text{ kA}}{4,0852 \text{ kA}} \times 100\% = 58,07\%$ , maka dapat disimpulkan bahwa sistem catu daya kelistrikan kawasan Balai Kota Yogyakarta masih aman.
- Kontribusi injeksi PLTS On Grid pada sistem kelistrikan kawasan Balai Kota Yogyakarta mencapai  $= \frac{228,63 \text{ Volt} \times 108,2 \text{ A}}{875 \text{ KVA}} \times 100\% = 2,8272\%$ . Dengan kontribusi daya injeksi dari PLTS on Grid dapat mengatasi terjadinya kolaps kelistrikan di kawasan Balai Kota Yogyakarta.
- Penerapan PLTS om Grid di kawasan Balai Kota Yogyakarta sebesar 204 kWp dapat menghemat biaya operasional minimal dalam sebulan sebesar Rp 9.826.300,- (*Sembilan Juta Delapan Ratus Dua Pulluh Enam Ribu Tiga Ratus Rupiah*).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anjas Starlen Arota, Hesky S. Kolibu, Benny M. Lumi. 2013. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrida (Energi Angin Dan Matahari) Menggunakan *Hybrid Optimization Model For Electric Renewables* (HOMER), Jurnal MIPA Unsrat Online 2 (2) 145-150.

- [2]. D. Suryana dan M. M. Ali, “Pengaruh temperatur/suhuterhadap tegangan yang dihasilkan panel surya jenis monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya),” *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, vol. 2, no. 1, 2016.
- [3]. D. P. Putri, E. S. Koenhardono, dan I. R. Kusuma “Perencanaan sistem pembangkit listrik hybrid (sel surya dan diesel generator) pada kapal tanker”, *Jurnal Teknik ITS*, vol.5, no. 2, 2016, ISSN :2337-3529.
- [4]. E. T. A. Duka ”Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya hybrid pada area parkir gedung dinas cipta karya, dinas bina marga dan pengairan Kabupaten Badung, *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, 2018.
- [5]. M. Hariansyah, “Studi perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) kapasitas 25 kWp, *Elektriase*, vol. 1, no. 1, 2009, ISSN : 2086-6933.
- [6]. M. J. Fikri dan I. Yasri. 2017. “Aspek perancangan sistem listrik hybrid”, *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no.1, 2017.
- [7]. N. Bijang, Y. Rompon, dan T. Pairunan, “Analisa sistem automatic voltage regulator (AVR) dengan stabilizer pada suatu mesin pembangkit tenaga listrik”, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Terapan* 2019, 19-20 September 2019.
- [8]. R. Sianipar, Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya, *JETri*, vol. 11, no. 2, pp. 61 - 78, 2014, ISSN 1412-0372.
- [9]. R. Hariyati, 2015, Analisis Pembacaan Meter Otomatis Listrik Dengan Menggunakan Jaringan Komunikasi, *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 7 no. 1, 2015.
- [10]. Rinna Hariyati, 2019, “Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN,” *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 11, no. 1, Januari - Juni 2019, P-ISSN 1979-0783, E-ISSN 2655-5042
- [11]. Tanpa nama, The Power of Partnership HIT Photovoltaik Module, Panasonic Corporation, Summitmas I, Lt.8, Jl. Jend Sudirman Kav. 61-62 , Jakarta 12190, Indonesia.
- [12]. Tanpa nama, “Tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik”, Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2017, Republik Indonesia, 2017.
- [13]. Tanpa nama, “Tentang Penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga surya atap oleh konsumen PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero)”, Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Tahun 2018.



©202x. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).