

Analisa Perencanaan Rooftop Solar Panel Sebagai Supply Energi Tambahan Menggunakan Software HelioScope

Muhammad Nur Fahmi¹, Supari², Harmini³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Semarang

¹mnurfahmi21@gmail.com, ²supari@usm.ac.id, ³harmini@usm.ac.id

Abstrak—Kebutuhan energi yang semakin meningkat tiap tahunnya sejalan dengan perkembangan teknologi yang semakin maju diberbagai bidang. Dengan meningkatnya kebutuhan energi tersebut bahan bakar fosil dan gas yang menjadi supply utama dikhawatirkan tidak akan mencukupi untuk beberapa tahun kedepan. Pemanfaatan energi terbarukan diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Indonesia memiliki banyak potensi energi terbarukan salah satunya adalah pemanfaatan energi matahari yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Konversi cahaya matahari menjadi energi listrik dapat dilakukan menggunakan sel surya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan energi alternatif yang ramah lingkungan sehingga tidak menimbulkan polusi. Pada penelitian kali ini akan menganalisa perencanaan rooftop solar panel sebagai supply energi tambahan pada Gedung General Repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang menggunakan software HelioScope. HelioScope merupakan salah satu perangkat lunak berbasis web yang digunakan untuk membuat design, pengukuran dan analisa data dari suatu sistem PLTS secara lengkap. Kebutuhan konsumsi daya listrik pada Gedung General Repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang adalah 463,98 Kwh per hari yang digunakan untuk operasional peralatan listrik seperti lampu, motor listrik, AC, dan lemari pendingin. Hasil perhitungan manual jumlah modul PV yang digunakan sebanyak 218 unit yang menghasilkan energi listrik sebesar 202,93 MWh per tahun sedangkan dari simulasi jumlah modul PV yang digunakan sebanyak 440 unit yang menghasilkan energi listrik sebesar 261,31 MWh per tahunnya. perbedaan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor antara lain adanya perbedaan nilai radiasi matahari antara perhitungan manual dengan database pada software HelioScope. Selain itu jumlah modul PV yang digunakan juga mempengaruhi energi listrik yang dihasilkan.

Kata Kunci : Energi, HelioScope, PLTS

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang semakin meningkat tiap tahunnya sejalan dengan perkembangan teknologi yang semakin maju diberbagai bidang. Dengan meningkatnya kebutuhan

energi tersebut bahan bakar fosil dan gas yang saat ini menjadi supply utama dikhawatirkan tidak akan mencukupi untuk beberapa tahun kedepan. total cadangan minyak bumi yang terbukti dan potensial per 1 Januari 2020 mencapai 4,17 miliar barel. Proyeksi kecukupan minyak bumi hingga 9,4 tahun dengan asumsi tidak ada penemuan cadangan baru.

Pemanfaatan energi terbarukan diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Indonesia memiliki banyak potensi energi terbarukan salah satunya adalah pemanfaatan energi matahari yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Terletak digaris khatulistiwa, menjadikan Indonesia mempunyai sumber energi matahari yang berlimpah dengan intensitas radiasi rata-rata 4,8 kWh/m² per hari diseluruh wilayah Indonesia (Irawan,dkk 2015).

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi baru dan terbarukan berupa sumber energi matahari dalam bentuk energi cahaya. Pada saat cahaya matahari dalam bentuk foton melewati sel surya (fotovoltaik) maka cahaya tersebut akan dikonversikan menjadi energi listrik dalam bentuk searah yang nantinya akan diubah menjadi arus bolak-balik apabila diperlukan (Pradika dkk, 2020). Sumber energi matahari di Indonesia cukup melimpah dan ada sepanjang tahun karena diuntungkan oleh letak geografis yang berada disekitar khatulistiwa. Indonesia mempunyai tingkat radiasi rata-rata yang relatif tinggi yaitu sebesar 4,50 kWh/m²/hari. Dikarenakan Indonesia merupakan daerah surplus radiasi matahari, maka energi surya diyakini sangat potensial untuk dikembangkan. Tenaga surya merupakan salah satu sumber yang cukup menjanjikan di Indonesia. Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya hanya diterima oleh permukaan bumi sekitar 51% dari total energi pancaran matahari. Pada siang hari yang cerah radiasi matahari mampu mencapai 1000 watt/m². Jika sebuah alat semikonduktor (modul sel surya) seluas 1 m² memiliki efisiensi 10%, maka modul sel surya ini mampu memberikan tenaga listrik sebesar 100 watt. Saat ini efisiensi modul sel surya komersial berkisar antara 5%-15% tergantung material penyusunnya (Prakoso,2019).

Gedung General Repair merupakan salah satu gedung yang berada di lingkungan PT Nasmoco Kaligawe Semarang yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga surya. Konsumsi daya listrik pada Gedung General Repair sebesar 386,652 KWh per harinya, yang digunakan untuk mengoperasikan peralatan listrik seperti lampu, motor listrik, AC dan lemari pendingin. Berdasarkan aplikasi dan konfigurasi pembangkit

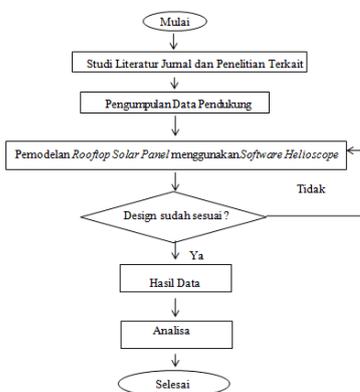
listrik tenaga surya dapat diklafikasikan menjadi dua jenis, yaitu PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan PLN (off-grid PV plant), dan PLTS yang terhubung dengan jaringan PLN (grid-connected PV plant), sedangkan apabila PLTS dalam penggunaannya digabung dengan jenis pembangkit listrik lain disebut PLTS Hybrid. Analisa implementasi pemasangan panel solar photovoltaic 80 KWp menggunakan software PVSYST di PT Phapros.Tbk menunjukkan bahwa panel solar photovoltaic dengan jumlah 252 buah menghasilkan daya 80.640 Wp, dengan luas PV area seluas 492 m2 serta beban maksimal yang bisa dilayani PLTS sebesar 300,26 KWh (Mahendra,2020).

Pada penelitian ini dilakukan desain PLTS atap Gedung General Repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang untuk menghitung energi yang dihasilkan oleh PLTS tersebut. Selain menggunakan perhitungan manual, salah satu cara untuk mengetahui produksi energi suatu PLTS adalah dengan menggunakan sebuah simulasi pada software yang memiliki kemampuan dalam memprediksi hasil energi dari PLTS. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini akan menggunakan simulasi software HelioScope.

II. METODE PENELITIAN

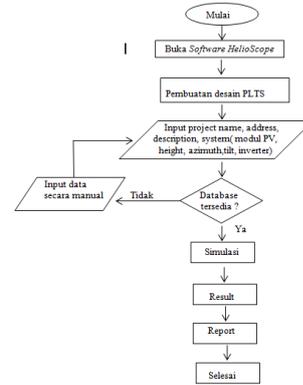
2.1. Perancangan Simulasi

Metode penelitian dilakukan dengan studi literatur dan jurnal dari penelitian sebelumnya, pengumpulan data pendukung seperti intensitas radiasi matahari, temperatur konsumsi beban harian, dan luas atap yang akan digunakan. Gambar 2 merupakan diagram alir dari penelitian ini.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3 merupakan diagram alir pembuatan desain rooftop solar panel menggunakan software HelioScope. Diawali dengan membuka software HelioScope pada browser kemudian memasukan parameter meter yang dibutuhkan seperti *project name, address, description, system (modul PV, height, azimuth, tilt, inverter)*.



Gambar 3 Diagram Alir Pembuatan Rooftop Solar Panel

2.2. Pengambilan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengambilan data dari BMKG Kota Semarang guna mengetahui parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menunjang penelitian. Adapun beberapa parameter yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Data Radiasi Matahari Kota Semarang Tahun 2020

Pada tabel 1 menampilkan besaran nilai untuk radiasi matahari di Kota Semarang pada tahun 2020.

TABEL 1 RADIASI MATAHARI KOTA SEMARANG TAHUN 2020

Bulan	Radiasi Matahari Kota Semarang	
	(Cal / cm ²)	(Kwh / m ²)
Januari	698,1	8,14
Februari	638,8	7,45
Maret	760,1	8,86
April	760,9	8,87
Mei	653,2	7,62
Juni	735,2	8,57
Juli	806,5	9,40
Agustus	844,4	9,85
September	837,9	9,77
Oktober	733,1	8,55
November	776,4	9,05
Desember	502,2	5,85
Rata-Rata	728,9	8,50

TABEL 2 TEMPERATUR KOTA SEMARANG TAHUN 2020

Bulan	Tn	Tx	Tavg	ss
	(°C)	(°C)	(°C)	(Jam)
Januari	22	33	27,9	5,21
Februari	22	31,8	27,4	4,93
Maret	24	33,4	28,0	5,81
April	22,4	34,6	28,5	5,98
Mei	24	35,4	29,1	6,9
Juni	23,4	34,2	28,6	8,01
Juli	21,4	34,2	28,3	8,63
Agustus	21	35	28,6	8,98
September	23,8	35,4	29,0	9,06
Oktober	23,6	36	28,8	6,84
November	23	35,2	28,7	6,16
Desember	23	32,6	27,5	4,04
Rata-Rata	22,8	34,2	28,3	6,71

Selain data intensitas radiasi dan temperatur Kota Semarang periode tahun 2020 yang dapat dilihat pada tabel 2 mulai dari nilai temperatur minimum (Tn), temperatur maksimum (Tx), temperatur rata-rata (Tavg), dan lamanya penyinaran sinar matahari (ss).

Pengambilan data beban harian pada Gedung General Repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang juga digunakan untuk menunjang penelitian ini. Tabel 3 merupakan data harian pada Gedung General Repair. Berdasarkan data

tersebut konsumsi daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan listrik pada Gedung General Repair adalah 386,652 KWh setiap harinya.

TABEL 3 BEBAN HARIAN GEDUNG GENERAL REPAIR

No	Beban	Daya (Watt)	Jumlah	Total Daya (Kw)	Waktu Operasional (Jam)	Energi (Kwh)
1	Lampu TL 2 x 36 Watt	72	126	9,072	7	63,504
2	Motor Listrik 3 Fasa	2982	14	41,748	7	292,236
3	AC	1440	2	2,880	8	23,040
			3	4,320	1	4,320
4	Lemari Pendingin	74	2	0,148	24	3,552
			Total			386,652

Untuk mengetahui energi yang dihasilkan oleh PLTS, maka harus menghitung daya pada saat terjadi perubahan temperatur (PΔt) melalui persamaan 1.

$$P\Delta t = Ct \times Pnom \times \Delta t \dots\dots\dots(1)$$

dimana PΔt adalah daya pada perubahan temperatur (Wp), Ct adalah koefisien daya pada level temperatur (%/°C), Pnom adalah daya nominal pada modul PV (Watt), dan Δt adalah selisih antara temperatur tinggi dan temperatur rendah (°C). Setelah PΔt diketahui, selanjutnya menghitung nilai Pmax t, yang ditunjukkan pada persamaan 2.

$$Pmax t = Pnom - P\Delta t \dots\dots\dots(2)$$

Dimana Pmax t merupakan besarnya daya keluaran modul Pv pada level temperatur tertentu (Wp). Setelah Pmax t diketahui, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai TCF (Temperature Correction Factor) yang dirumuskan pada persamaan 3.

$$TCF = \frac{Pmax t}{Pnom} \dots\dots\dots(3)$$

Apabila nilai intensitas radiasi matahari, El (estimasi energi yang dibangkitkan), ηPV, ηout, dan TCF sudah diketahui, maka luas array dapat dihitung dengan persamaan 4.

$$Luas array = \frac{El}{Radiasi Matahari \times \eta PV \times \eta out \times TCF} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana luas array adalah luas yang dibutuhkan untuk perencanaan PLTS (m²), El adalah keutuhan daya (KWh), radiasi matahari (KWh/m²), ηPV adalah efisiensi dari modul PV (%), η out adalah efisiensi keluaran dengan asumsi 98 %, dan TCF adalah Temperature Correction Factor. Setelah mengetahui parameter tersebut, langkah selanjutnya adalah menghitung Pwp dengan persamaan 5.

$$Pwp = luas array \times PSI \times \eta PV \dots\dots\dots(5)$$

Dimana Pwp adalah power watt peak (Wp), PSI adalah peak sun insulation (1000W/m²). Selanjutnya adalah menghitung jumlah modul dengan persamaan 6.

$$jumlah modul PV = \frac{Pwp}{Pnom} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana jumlah modul adalah banyaknya PV yang dibutuhkan dalam perencanaan PLTS (unit). Perhitungan Pout dapat dicari setelah nilai fill factor (FF) diketahui. Sedangkan untuk menentukan nilai fill factor dapat menggunakan persamaan 7.

$$Fill factor = \frac{Vm \times Im}{Voc \times Isc} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana fill factor merupakan faktor pengisian, Vm adalah tegangan maksimum dari panel surya (V), Im adalah arus maksimum dari panel surya (A), Voc

merupakan voltage open circuit (V), sedangkan Isc merupakan Current open circuit (A). Perhitungan keluaran daya dari panel surya (Pout) dapat dihitung menggunakan persamaan 8.

$$Pout = Voc \times Isc \times FF \dots\dots\dots(8)$$

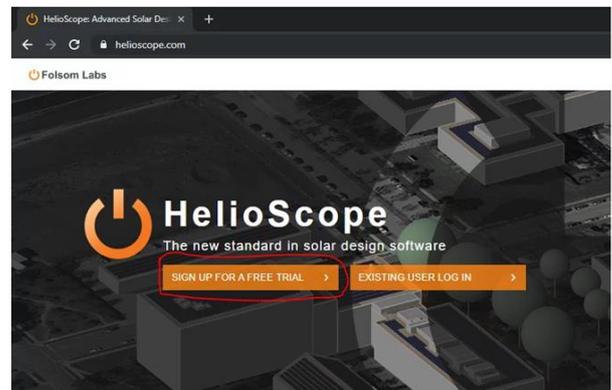
Selanjutnya adalah menghitung energi yang dihasilkan panel surya dengan menggunakan persamaan 9.

$$Eout = Pout \times jumlah modul \times ss \dots\dots\dots(9)$$

dimana ss adalah lamanya penyinaran sinar matahari (jam).

2.3. Simulasi

Perencanaan rooftop solar panel pada atap Gedung General Repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang menggunakan software HelioScope guna membantu dalam menganalisa potensi PLTS yang direncanakan. Gambar 4 merupakan tampilan awal ketika membuka software HelioScope pada browser.



Gambar 4 Tampilan Awal Software HelioScope

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Kebutuhan Daya Listrik

Berdasarkan perhitungan estimasi kebutuhan energi listrik tersebut, maka diperlukan perhitungan dalam menentukan jumlah solar panel yang dibutuhkan. Kehilangan energi yang diakibatkan oleh beberapa faktor seperti rugi-rugi tembaga pada kabel, untuk mengatasi hal tersebut, maka digunakanlah safety factor sebesar 1,2 sehingga :

$$ET = EB \times Safety Factor$$

$$ET = 386,652 Kwh \times 1,2$$

$$ET = 463,982 Kwh / hari$$

Sehingga total daya setelah dikalikan safety factor adalah = 463,982 Kw.

3.2. Perhitungan Kapasitas Solar Panel

3.2.1. Perhitungan Berdasarkan Kebutuhan Energi Gedung General Repair

pada penelitian ini menggunakan panel surya REC380AA dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada tabel 4.

TABEL 4 SPESIFIKASI PANEL SURYA REC380AA

No.	Modul Type	REC380AA
1	Maximum Power (Pmax)	380 Wp
2	Maximum Power	39,0 V

	<i>Voltage (Vmp)</i>	
3	<i>Maximum Power Current (Imp)</i>	9,76 A
4	<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	44,7 V
5	<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	10,46 A
6	<i>Modul Efficiency</i>	21,7 %
7	<i>Maximum System Voltage</i>	1000 Vdc
8	<i>Temperature Coefficients</i>	0,38 %/°C
9	<i>Cell Type</i>	<i>Heterojunction Cell</i>
10	<i>Dimensions</i>	
11	<i>Weight</i>	19,5 Kg
12	<i>Lenght</i>	1721 mm
13	<i>Width</i>	1016 mm
14	<i>Hight</i>	30 mm

Langkah dalam perhitungan energi yang dihasilkan oleh panel surya yaitu menghitung daya pada saat terjadi perubahan temperatur (1), menghitung besarnya daya keluaran modul Pv pada level temperatur tertentu (2), menentukan nilai TCF (3), menghitung luas array (4), menghitung *power watt peak* (5), menghitung jumlah modul PV (6), menghitung *fill factor* (7), menghitung *Pout* (8). Hasil perhitungan daya keluaran modul PV pada level temperatur tertentu selama periode tahun 2020 ditunjukkan pada tabel 5.

TABEL 5 HASIL PERHITUNGAN DAYA KELUARAN MODUL PV PADA LEVEL TEMPERATUR TERTENTU

Bulan	Tn	Tx	Tavg	ss	Δt	Ct	Phom	PAt	Pmax t
	(°C)	(°C)	(°C)	(Jam)	(°C)	(%/°C)	(Wp)	(Wp)	(Wp)
Januari	22	33	27,9	5,21	11	0,26	380	10,87	369,13
Februari	22	31,8	27,4	4,93	9,8	0,26	380	9,68	370,32
Maret	24	33,4	28	5,81	9,4	0,26	380	9,29	370,71
April	22,4	34,6	28,5	5,98	12,2	0,26	380	12,05	367,95
Mei	24	35,4	29,1	6,9	11,4	0,26	380	11,26	368,74
Juni	23,4	34,2	28,6	8,01	10,8	0,26	380	10,67	369,33
Juli	21,4	34,2	28,3	8,63	12,8	0,26	380	12,65	367,35
Agustus	21	35	28,6	8,98	14	0,26	380	13,83	366,17
September	23,8	35,4	29	9,06	11,6	0,26	380	11,46	368,54
Oktober	23,6	36	28,8	6,84	12,4	0,26	380	12,25	367,75
November	23	35,2	28,7	6,16	12,2	0,26	380	12,05	367,95
Desember	23	32,6	27,5	4,04	9,6	0,26	380	9,48	370,52
Rata-Rata	22,8	34,2	28,3	6,71	11,4333	0,26	380	11,30	368,70

Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa besarnya daya keluaran modul temperatur tertentu (Pmax t) paling besar terdapat pada bulan Maret sebesar 370,71 Wp. Sedangkan yang paling kecil terdapat pada bulan Agustus sebesar 366,17 Wp. Rata-rata besarnya daya keluaran modul temperatur tertentu (Pmax t) dalam satu tahun adalah 368,70 Wp, hal ini disebabkan oleh perubahan temperatur yang menjadikan daya keluaran modul berbeda dengan spesifikasi modul surya. Dengan menggunakan persamaan 6, maka hasil perhitungan jumlah modul PV yang digunakan di tunjukkan pada tabel 6.

TABEL 6 HASIL PERHITUNGAN JUMLAH MODUL PV

Bulan	Total Beban Per bulan	Luas Array	PSI	Pwp	Jumlah Modul PV
	(Kwh)	(m ²)	(W/m)	(Wp)	(Unit)
Januari	14383,38	275,92	1000	59875,7	158
Februari	13455,42	300,52	1000	65211,8	172
Maret	14383,38	252,42	1000	54775,4	144
April	13919,40	254,03	1000	55125,0	145
Mei	14383,38	295,07	1000	64030,3	169
Juni	13919,40	261,94	1000	56841,0	150
Juli	14383,38	240,10	1000	52100,8	137
Agustus	14383,38	229,87	1000	49881,6	131
September	13919,40	230,26	1000	49966,5	131
Oktober	14383,38	263,68	1000	57218,9	151
November	13919,40	248,98	1000	54028,6	142
Desember	14383,38	382,50	1000	83003,2	218
Rata-Rata	14151,39	264,60	1000	57417,6	151

Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui bahwa jumlah modul PV yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi daya pada gedung general repair sebanyak 218 unit. Hal ini dikarenakan intensitas radiasi dan lamanya penyinaran sinar matahari pada bulan desember lebih sedikit dibandingkan dengan bulan-bulan yang lain sehingga mempengaruhi energi yang dapat dibangkitkan oleh modul PV. Untuk itu dipilihlah jumlah modul PV paling banyak agar energi yang dibangkitkan dari modul PV mampu untuk memenuhi kebutuhan konsumsi daya pada gedung general repair.

3.2.2. Perhitungan Berdasarkan Kebutuhan Energi Gedung General Repair

Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui jumlah modul PV yang digunakan sebanyak 218 unit, selanjutnya adalah menyesuaikan dengan dimensi atap pada gedung general repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang yang memiliki panjang 95 m dan lebar 20 m.

$$\begin{aligned} \text{Luas Atap} &= p \times l \\ &= 90 \times 20 \\ &= 1900 \text{ m}^2 \\ \text{Luas Modul PV} &= p \times l \\ &= 1,721 \times 1,016 \\ &= 1,75 \text{ m}^2 \\ \text{Jumlah Modul PV} &= \frac{\text{Luas atap}}{\text{Luas modul PV}} \\ &= \frac{1900}{1,085} \\ &= 1.085 \text{ unit} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, jumlah modul PV yang dapat digunakan pada gedung general repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang adalah 1.085 unit. Akan tetapi dalam penelitian kali ini jumlah modul PV yang digunakan hanya 218 unit. Selanjutnya adalah menghitung *fill factor* / faktor pengisian (FF) dengan menggunakan persamaan 7.

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \\ V_{mp} &= 39,0 \text{ V} \\ I_{mp} &= 9,76 \text{ A} \\ V_{oc} &= 44,7 \text{ V} \\ I_{sc} &= 10,46 \text{ A} \\ \text{Fill factor} &= \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \\ &= \frac{39,0 \times 9,76}{44,7 \times 10,4} \\ &= \frac{380,64}{467,57} \\ &= 0,81 \end{aligned}$$

Setelah fill factor / faktor pengisian diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung daya output (P_{out}) yang dihasilkan dari modul PV berkapasitas 380 Wp dengan menggunakan persamaan 8 berikut :

$$\begin{aligned} P_{out} &= V_{oc} \times I_{sc} \times FF \\ &= 44,7 \times 10,46 \times 0,81 \\ &= 378,72 \text{ W} \end{aligned}$$

Sedangkan besarnya energi yang dihasilkan oleh panel surya ditunjukkan tabel 7 dengan menggunakan persamaan 9.

TABEL 7 HASIL PERHITUNGAN ENERGI

Bulan	P out	ss	Jumlah modul	Energi	Kebutuhan Energi	Selisih
	(W)	(Jam)	(unit)	(Kwh)	(Kwh)	
Januari	378,72	5,21	218	430,14	463,98	-33,837
Februari	378,72	4,93	218	407,03	463,98	-56,954
Maret	378,72	5,81	218	479,68	463,98	15,699
April	378,72	5,98	218	493,71	463,98	29,735
Mei	378,72	6,9	218	569,67	463,98	105,691
Juni	378,72	8,01	218	661,31	463,98	197,333
Juli	378,72	8,63	218	712,50	463,98	248,521
Agustus	378,72	8,98	218	741,40	463,98	277,417
September	378,72	9,06	218	748,00	463,98	284,022
Oktober	378,72	6,84	218	564,72	463,98	100,737
November	378,72	6,16	218	508,58	463,98	44,596
Desember	378,72	4,04	218	333,55	463,98	-130,434
Rata-Rata	378,72	6,71	218	553,98	463,98	90,004

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 7 dengan menggunakan modul sebanyak 218 unit yang dipasang pada atap Gedung General Repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang diketahui pada bulan Januari, Februari, dan Desember energi yang dibangkitkan oleh modul PV berturut-turut sebesar 430,14 Kwh, 407,03 Kwh, dan 333,55 Kwh. Energi yang dibangkitkan dari modul PV tersebut belum memenuhi kebutuhan energi yang dibutuhkan sehingga masih membutuhkan *supply* energi listrik dari PLN sebesar 33,837 Kwh (7,3%) pada bulan Januari, 56,954 Kwh (12,3%) pada bulan Februari dan 130,434 Kwh (28,11%) pada bulan Desember.

3.2.3. Perhitungan Kapasitas Baterai

Berdasarkan tabel 7 dapat diketahui bahwa nilai energi yang dihasilkan tertinggi terdapat pada bulan September yaitu sebesar 748,00 Kwh/hari. Sedangkan total daya yang dapat dibangkitkan adalah 218 unit PV x 378,72 W = 83,5 Kw. Perhitungan kapasitas baterai mempertimbangkan beberapa faktor. Salah satunya adalah faktor cuaca apabila terdapat kondisi tanpa ada matahari (no sun or black day). Kondisi tersebut dapat diasumsikan bahwa baterai mampu digunakan selama 3 hari dengan DOD (Depth of Discharge) sebesar 80%. Rata-rata beban adalah :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah energi total} &= 748,00 \text{ Kwh/hari} \\ \text{Weighted average load work tim} &= \frac{\Sigma \text{energi total}}{\Sigma \text{power}} \\ &= \frac{748,00}{83,5} \\ &= 8,9 \end{aligned}$$

$$\text{Average Discharge Rate (h)} = \frac{\text{autonomy day} \times \text{weighted average load work}}{\text{DOD}}$$

$$= \frac{3 \times 8,9}{0,8}$$

$$= 33,37 \text{ h}$$

$$\text{Ahbaterai} = \frac{D \times L}{\text{DOD} \times \eta \times \text{out} \times V}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{3 \times 748,00}{0,8 \times 0,98 \times 48} \\ &= 59.630 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka kapasitas baterai yang dibutuhkan sebesar 59.630 Ah. Jika baterai yang digunakan adalah baterai dengan merk Reli3on RB 300, maka jumlah baterai yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Paralel} &= \frac{\text{Ahbaterai}}{\text{Nominal Capacity}} \\ &= \frac{59.630}{300} = 199 \text{ unit} \\ \text{Seri} &= \frac{48}{12,8} = 4 \end{aligned}$$

Jadi total baterai yang dibutuhkan adalah 4 x 199 = 796 baterai.

3.2.4. Perhitungan Kapasitas Inverter

Kapasitas inverter adalah perbandingan antara daya beban dengan efisiensi inverter yaitu 98,8 % atau 0.988.

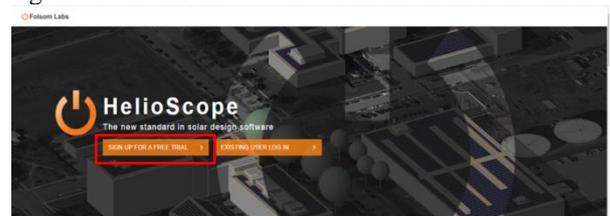
$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Inverter} &= \frac{\text{Total beban}}{\text{efisiensi}} \\ &= \frac{83,5}{0,988} \\ &= 84,5 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Inverter yang digunakan adalah Kehua SPI110K-B dengan kapasitas 110 KW.

3.3. Pemodelan Simulasi Menggunakan Software HelioScope

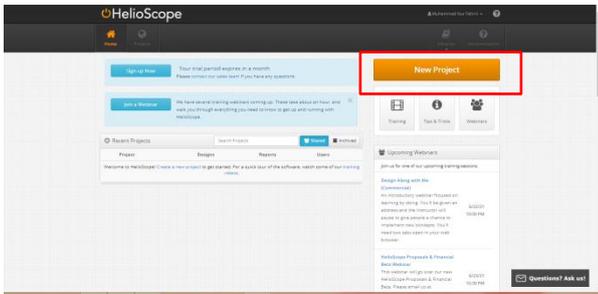
Perencanaan *rooftop solar panel* pada atap Gedung General Repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang menggunakan *software HelioScope* guna membantu dalam menganalisa potensi PLTS yang direncanakan. Adapun langkah-langkah dalam mendesain PLTS sebagai berikut :

1) Membuka website HelioScope (<https://www.helioscope.com/>), kemudian pilih “Sign Up For Free Trial” seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Kemudian membuat akun dengan memasukkan beberapa data seperti alamat e-mail, nama depan, nama belakang, perusahaan dan kata sandi. Setelah itu konfirmasi akun dengan cara membuka tautan dalam kotak masuk e-mail.



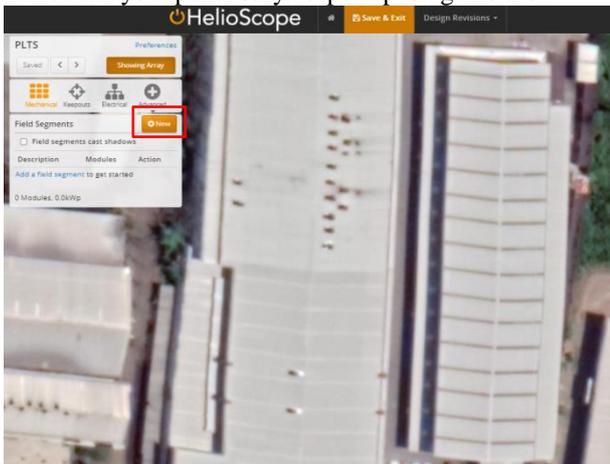
Gambar 5 Tampilan Awal Software HelioScope

2) Membuat proyek baru dengan klik tombol “new project”, kemudian mengisi data yang dibutuhkan seperti nama, alamat, dan deskripsi. Kemudian Membuat desain baru dengan cara klik “new” pada laman Designs. Gambar 6 merupakan tampilan laman *new project*.



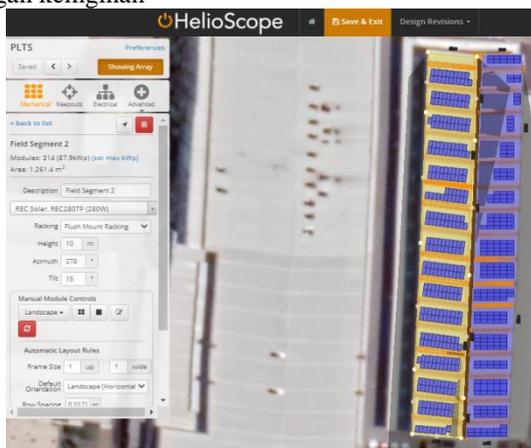
Gambar 6 Tampilan Awal Membuat Proyek Baru

3) Klik “new” pada Field Segments untuk memulai membuat layout panel surya seperti pada gambar 7.



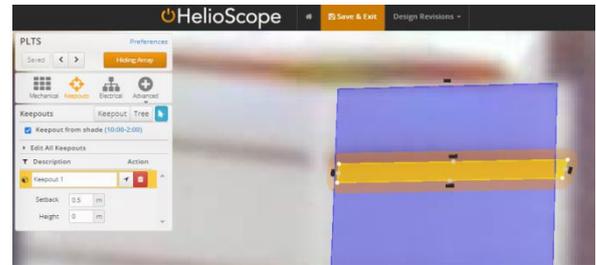
Gambar 7 Atap untuk Layout Panel Surya

Layout yang telah dibuat, maka akan secara otomatis terisi dengan panel surya. Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa atap gedung general repair telah terisi dengan panel surya sesuai dengan layout yang telah dibuat. Langkah selanjutnya adalah mengisi parameter yang dibutuhkan seperti ketinggian, azimuth, maupun kemiringan panel surya. Pada software HelioScope beberapa merk dan jenis panel surya sudah disediakan sehingga dapat dipilih sesuai dengan keinginan



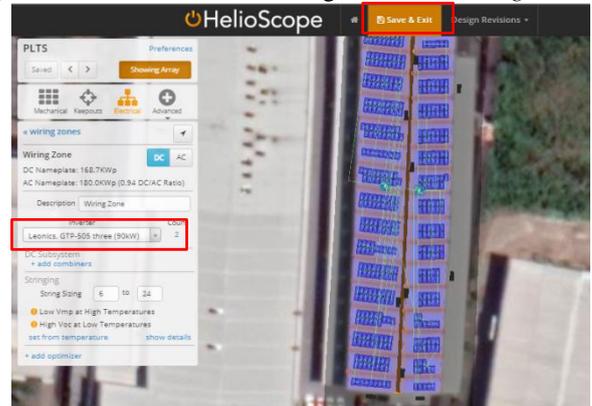
Gambar 8 Tampilan Layout yang Terisi Panel Surya

4) Menyeleksi area yang tidak digunakan untuk pembuatan desain panel surya seperti pada gambar 9.



Gambar 9 Tampilan Area “Keypout”

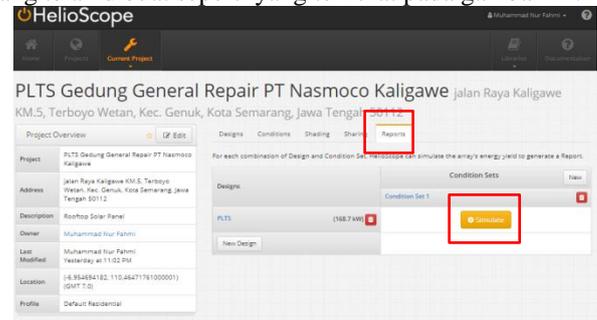
5) Memilih inverter dan mengkalkulasi shading



Gambar 9 Pemilihan Inverter

Setelah memilih inverter yang digunakan dan mengkalkulasi shading atau panel surya yang terkena bayangan, selanjutnya adalah klik tombol “save & exit” untuk mengakhiri proses mendesain PLTS seperti yang ditunjukkan pada gambar 10

6) Tahap terakhir adalah menjalankan simulasi PLTS yang telah dibuat seperti yang terlihat pada gambar 11.



Gambar 11 Tampilan Simulasi

3.3.1. Hasil Simulasi Menggunakan Software HelioScope

Berdasarkan simulasi rooftop solar panel menggunakan software HelioScope didapatkan bahwa sistem rooftop solar panel pada gedung general repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang dibagi menjadi 2 segment dimana pada segment 1 menggunakan modul REC380AA sebanyak 184 buah modul dengan total power sebesar 69.9 Kw sedangkan pada segment 2 menggunakan modul yang sama sebanyak 260 buah modul dengan total power sebesar 98.8 Kw Sehingga total modul yang dapat digunakan pada sistem rooftop solar panel pada gedung general repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang sebanyak 440 buah modul dengan total power 168.7 Kw. Pada sistem ini juga menggunakan inverter Kehua SPI100K-B

sebanyak 2 unit. Tampilan *annual production* dapat dilihat pada gambar 12.

Components			Wiring Zones		
Component	Name	Count	Description	Connector Points	String Size
Inverter	2010000-0-00000-0000	2 (2010000-0-00000-0000)	Wiring Zone	-	6.00
String	10-ANSIS-000000	20 (10-ANSIS-000000)	String String	-	String Wiring
Module	REC-REC180MA-000000	444 (180 7 kWh)			

Field Segments						
Description	Racking	Orientation	Tilt	Azimuth	Interaxle Spacing	Frame Size
Field Segment 1	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	10°	0°	0.2 m	1x1
Field Segment 2	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	10°	270°	0.2 m	1x1

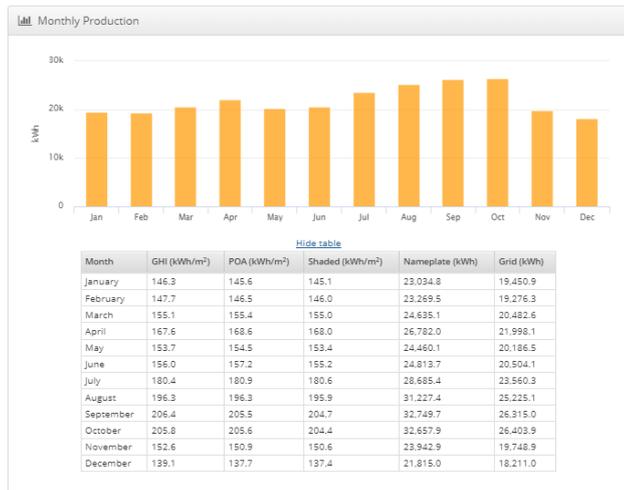
Gambar 12 Tampilan *Annual Production*

Pada gambar 13 dapat diketahui bahwa desain layout PV pada segments 1 menggunakan flush mounting racking dengan tilt/azimuth sebesar 150/900, jarak antar modul sebesar 0.2 meter. Sedangkan pada segments 2 juga menggunakan flush mounting racking dengan tilt/azimuth sebesar 150/2780, jarak antar modul sebesar 0.2 meter



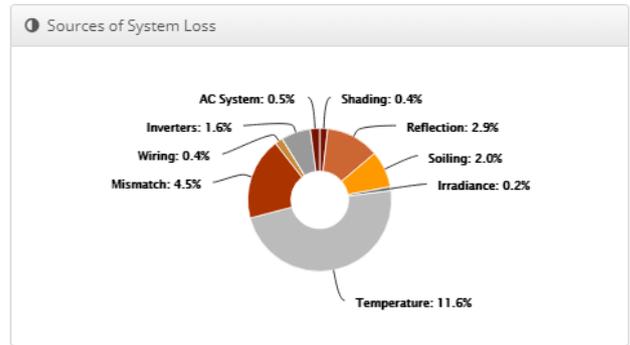
Gambar 13 Tampilan *Layout Design Rooftop Solar Panel*

Gambar 14 menunjukkan grafik hasil produksi listrik dalam periode 1 tahun pada setiap bulannya. Produksi energi listrik tertinggi pada bulan Oktober dengan jumlah energi sebesar 26.403,9 Kwh sedangkan bulan Desember merupakan bulan dengan produksi energi listrik terendah yaitu sebesar 18.211,0 Kwh.



Gambar 14 Tampilan *Monthly Production*

Hasil simulasi juga menunjukkan adanya rugi-rugi daya seperti pada gambar 15 dimana rugi-rugi daya terbesar disebabkan oleh perubahan temperatur yakni sebesar 11,6%.



Gambar 15 Persentase Sumber Energi yang Hilang

3.4. Perbandingan Energi *Rooftop Solar Panel* Secara Perhitungan dan Menggunakan Simulasi *HelioScope*

Perbandingan hasil perhitungan manual menggunakan rumus dengan hasil simulasi menggunakan software helioscope dapat dilihat pada tabel 8.

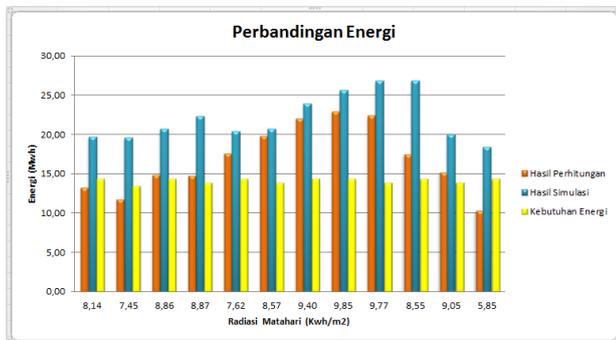
TABEL 8 HASIL PERBANDINGAN ENERGI

Bulan	Kebutuhan Energi (Mwh)	Perhitungan Rumus		Simulasi HelioScope		Selisih	
		Jumlah unit (PV)	Eout (MWh)	Jumlah unit (PV)	Eout (MWh)	(Mwh)	(%)
Januari	14,38	218	13,33	440	19,45	6,12	10,48
Februari	13,46	218	11,80	440	19,27	7,47	12,79
Maret	14,38	218	14,87	440	20,48	5,61	9,61
April	13,92	218	14,81	440	21,99	7,18	12,30
Mei	14,38	218	17,66	440	20,18	2,52	4,32
Juni	13,92	218	19,84	440	20,50	0,66	1,13
Juli	14,38	218	22,09	440	23,56	1,47	2,52
Agustus	14,38	218	22,98	440	25,22	2,24	3,83
September	13,92	218	22,44	440	26,31	3,87	6,63
Oktober	14,38	218	17,51	440	26,40	8,89	15,24
November	13,92	218	15,26	440	19,74	4,48	7,68
Desember	14,38	218	10,34	440	18,21	7,87	13,48
Rata-Rata	14,15		16,91		21,78		

Berdasarkan tabel 8 perbedaaan hasil perhitungan dan simulasi HelioScope selama satu tahun, diketahui bahwa perbedaan terbesar terjadi pada bulan Oktober dimana produksi energi secara perhitungan adalah 17,51 Mwh sedangkan produksi energi menggunakan simulasi adalah sebesar 26,40 Mwh. Rata-rata energi yang dibutuhkan sebesar 14,15 Mwh. Sedangkan rata-rata produksi energi listrik selama satu tahun jika dihitung dengan perhitungan manual sebesar 16,91 Mwh lebih kecil dibandingkan dengan hasil simulasi yang mencapai 21,78 Mwh. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata energi yang dapat dibangkitkan oleh modul PV tersebut telah mampu memenuhi kebutuhan energi pada Gedung General Repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang. Grafik perbandingan energi dapat dilihat pada gambar 16.

Perbedaan produksi energi listrik hasil perhitungan manual dengan menggunakan simulasi HelioScope disebabkan oleh beberapa faktor antara lain adanya perbedaan nilai radiasi matahari dimana pada pada software HelioScope menggunakan data cuaca yang berasal dari stasiun cuaca diseluruh dunia dengan analisis

TMY weather, yaitu pemilihan kondisi cuaca yang sesuai dengan keadaan saat itu berdasarkan data rata-rata 30 tahun terakhir sedangkan untuk perhitungan manual menggunakan data dari BMKG. Selain itu jumlah modul juga mempengaruhi energi yang dihasilkan dimana untuk perhitungan manual jumlah modul yang digunakan sebanyak 218 modul PV sedangkan pada simulasi menggunakan modul PV sebanyak 440 unit. Grafik perbandingan energi dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16 Grafik Perbandingan Energi

IV. SIMPULAN

Kebutuhan konsumsi daya pada Gedung General Repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang adalah 463,98 Kwh per hari yang digunakan untuk operasional peralatan elektronik seperti lampu, motor listrik, AC, dan lemari pendingin. Atap Gedung General Repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang dapat dipasang modul SPV secara perhitungan manual sebanyak 1085 unit (area keepout dihiraukan) akan tetapi untuk mensuplai kebutuhan konsumsi daya listrik dapat menggunakan modul PV sebanyak 218 unit. Sedangkan jika menggunakan simulasi HelioScope jumlah modul PV yang digunakan sebanyak 440 unit. Energi yang dihasilkan oleh modul PV sebanyak 218 unit pada bulan Januari, Februari, dan Desember belum memenuhi kebutuhan energi yang dibutuhkan sehingga masih membutuhkan supply energi listrik dari PLN sebesar 33,837 Kwh (7,3%) pada bulan Januari, 56,954 Kwh (12,3%) pada bulan Februari dan 130,434 Kwh (28,11%) pada bulan Desember. Rata-rata energi yang dibutuhkan selama satu tahun sebesar 14,15 Mwh. Sedangkan rata-rata produksi energi listrik selama satu tahun jika dihitung dengan perhitungan manual sebesar 16,91 Mwh lebih kecil dibandingkan dengan hasil simulasi yang mencapai 21,78 Mwh, Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata energi yang dapat dibangkitkan oleh modul PV tersebut telah mampu memenuhi kebutuhan energi pada Gedung General Repair PT Nasmoco Kaligawe Semarang.. Perbedaan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor antara lain adalah adanya perbedaan nilai radiasi matahari antara perhitungan manual dengan database pada software HelioScope. Selain itu jumlah modul PV yang digunakan juga mempengaruhi energi listrik yang dihasilkan.

Terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dan bimbingan serta berbagai kemudahan yang memungkinkan terselesaikannya penyusunan penelitian yang berjudul "Analisa Perencanaan Rooftop Solar Panel

sebagai Supply Energi Tambahan Menggunakan Software HelioScope".

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dan bimbingan serta berbagai kemudahan yang memungkinkan terselesaikannya penyusunan penelitian yang berjudul "Analisa Perencanaan Rooftop Solar Panel sebagai Supply Energi Tambahan Menggunakan Software HelioScop".

DAFTAR PUSTAKA

- Prakoso, Widhi, 2019, "Analisa Potensi dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Mensuplai Lampu Penerangan Jalan Umum di Universitas Diponegoro Menggunakan Software PVSyst 6.43, Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Pradika Gallant, dkk, 2020, "Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kaptan I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS Rooftop", Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 19, No. 2, hal 225-233.
- Pieter de Vries, dkk, "Buku Panduan Energi yang Terbarukan", Kementrian Dalam Negri, Indonesia.
- Ramadhani, Bagus, 2018, "Instalasi Pembangkit Listrik Dos & Don'ts", Energising Development Indonesia. Jakarta.
- Yogatama, Angga Budi, 2020, "Analisa Pemanfaatan Solar Photovoltaic (SPV) di Rooftop Gedung A Universitas Semarang Sebagai Energi Alternatif Menggunakan PVSYST", Tugas Akhir, Universitas Semarang, Semarang.
- Fathoni, Muhammad Dzulfikar Nur, 2021, "Desain Stand Alone Solar Photovoltaic System Ruang Serbaguna Lantai 9 Universitas Semarang", Tugas Akhir, Universitas Semarang, Semarang.
- Hadiyanto, Didik & Todo Hotma Tua, 2016, "Komponen PLTS Terpusat", 2, Pusdiklat Ketenagalistrikan, Jakarta.
- Nurrochim, Arif, 2018, "Perencanaan Lampu Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (LPJUTS) di Jl. Laut Kendal", Tugas Akhir, Universitas Semarang, Semarang.
- Mahendra, Riyang Agung, 2020, "Analisa Implementasi Pemasangan Panel Solar Photovoltaic 80 KWp Menggunakan Software PVSYST di PT. Phapros Tbk", Tugas Akhir, Universitas Semarang, Semarang.
- Sukmajati, Sigit & Mohammad Hafidz, 2015, "Perancangan dan Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW on Grid di Yogyakarta", Jurnal Energi & Kelistrikan, Vol. 7, hal 49-63.
- Wicaksana, M.R., dkk, 2019, "UnjukKerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 KWp pada Kantor Gubernur Bali", Jurnal Spektrum, Vol 6, No. 3, hal 107-113.
- Rahardjo, Irawan dan Ira Fitriana, 2015, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia", Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, dan Energi Terbarukan, hal. 43-51.