

**ANALYSIS OF ROOFTOP OFF GRID SOLAR PANEL
PLANNING IN STTP BUILDINGS AS AN ALTERNATIVE
SOURCE OF ELECTRICAL ENERGY**

**ANALISIS PERENCANAAN ROOFTOP OFF GRID SOLAR
PANEL PADA GEDUNG STTP SEBAGAI ALTERNATIF
SUMBER ENERGI LISTRIK**

^{1a}Rivaldy Sambungan, ^{1a}Sigit Prakosa Adhi Nugraha M.T, ^{1a}Muhammad ‘Atiq
M.T

^{1a} Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik Pati

e-mail : rivaldy.sambungan@gmail.com, sigitprakosa@sttp.ac.id, muhammadatiq@sttp.co.id

Abstrack *The need for electrical energy originating from non-renewable energy is increasing every year. So there is a need to make efforts to reduce or even eliminate electricity dependence on PLN. One practical and easy way is to design off-grid roof solar panels on the Pati Engineering College Building. Based on analysis and calculations, eight solar panels with a power of 500 WP are needed, the capacity of the solar charge controller used is 120 A, five 12 V 500 Ah batteries are needed, the inverter has a DC power of up to 19,500 W and a maximum AC power output of 15,000 W.*

Keywords: *Solar panels, offgrid, planning analysis, source of electrical energy*

Abstrak Kebutuhan energi listrik yang berasal dari energi tak terbarukan semakin meningkat setiap tahunnya. Jadi ada perlu dilakukan upaya untuk mengurangi bahkan menghilangkan ketergantungan listrik pada PLN. Salah satu cara itu praktis dan mudah adalah merancang panel surya atap *offgrid* pada Gedung Sekolah Tinggi Teknik Pati. Berdasarkan dari Analisa dan perhitungan, dibutuhkan panel surya sebanyak delapan panel dengan daya 500 WP, kapasitas *solar charge controller* yang digunakan sebesar 120 A, dibutuhkan lima buah baterai 12 V 500 Ah, inverter mempunyai daya DC hingga 19500 W dan keluaran daya AC maksimum 15000 W.

Kata kunci : Panel surya, *offgrid*, Analisa perencanaan, sumber energi listrik

PENDAHULUAN

Pencem Kebutuhan energi listrik selalu meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi nasional. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) memproyeksikan rata-rata pertumbuhan kebutuhan energi listrik nasional sekitar 6,9% pertahun (Asian Development Bank, 2014). Sebagian besar pembangkit tenaga listrik terpasang di Indonesia saat ini masih didominasi oleh pembangkit listrik tenaga fosil. Penggunaan bahan bakar fosil secara terus menerus dapat menyebabkan kerusakan lingkungan semakin bertambah (Direktorat EBTKE Kementerian ESDM RI, 2019).

Untuk memenuhi pertumbuhan peningkatan listrik, maka salah satu upaya paling efektif yang dilakukan adalah penambahan kapasitas pembangkit tenaga listrik, khusus di Indonesia, pemanfaatan energi terbarukan seperti air, angin, biomassa, dan lainnya. Padahal Indonesia memiliki potensi energi surya yang cukup

besar untuk dikembangkan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral [KESDM], 2018). Pembangkit listrik tenaga surya atap (PLTS rooftop) adalah proses pembangkitan energi listrik menggunakan modul fotovoltaik yang dipasang dan diletakan di atas atap (Ointu et al., 2020).

Sekolah Tinggi Teknik Pati (STTP), merupakan konsumen PT.PLN (Persero) untuk melakukan berlangsungnya kegiatan belajar dan mengajar, masuk dan keluarnya data base akademik Fakultas Teknik STT Pati, kegiatan organisasi dan kegiatan data serta kegiatan kampus lainnya, sehingga banyak memakai energi listrik untuk menunjang aktivitas dan kerjanya. Akan lebih tepat apabila gedung pengajaran STT Pati ini menggunakan pembangkit listrik tenaga surya sebagai penyokong daya dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Sekolah tinggi teknik pati yang terletak di kota Pati Jawa Tengah, pada saat ini STT Pati masih belum mempunyai solar sel dan juga belum ada sumber energi cadangan dalam memanfaatkan energi matahari sebagai sumber pembangkit listrik. Menggunakan energi matahari sebagai sumber pembangkit tenaga listrik membutuhkan teknologi surya yang biasa disebut photovoltaik yang dibentuk dalam modul surya yang terbentuk dari bahan semi konduktor (Rif et al., 2012).

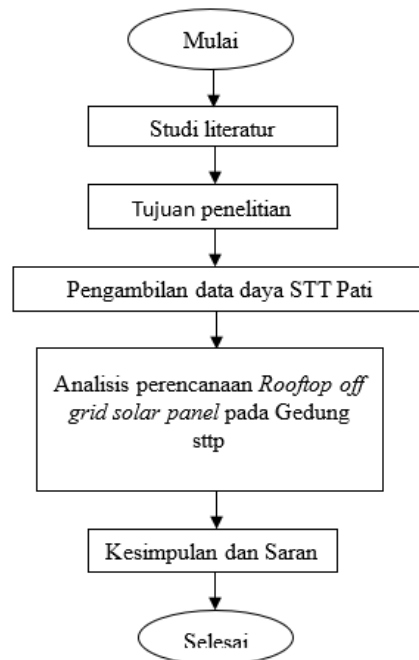
Maka perlu dikembangkan pembangkit listrik tenaga surya. Tujuan penelitian ini ialah merencanakan pembangkit listrik tenaga surya pada gedung STT Pati serta menganalisis kelayakan dari aspek teknis (Karim, 2019).

Pembangkitan listrik menggunakan solar sel memiliki kekurangan yaitu, membutuhkan biaya awal lebih mahal dibandingkan dengan biaya listrik yang dibayarkan ke PT. PLN, dengan merancang *rooftop off grid solar panel* di STT Pati maka dapat mengurangi ketergantungan atau bahkan sama sekali tidak bergantung akan energy listrik dari PLN (TEMPO.CO, 2019).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini, data yang digunakan merupakan data primer. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dilapangan oleh peneliti. Jadi data yang akan digunakan dalam penelitian ini bersumber dari peneliti yang mengambil data langsung dilapangan. Data didapatkan dari Sekolah Tinggi Teknik Pati sebagai tempat peneliti bekerja. Peneliti mengambil data monitoring langsung setiap hari, dimana monitoring ini dilakukan setiap hari karna juga termasuk syarat nya dalam bekerja. Analisa ini digunakan peneliti untuk memantau daya yang dihasilkan oleh panel surya, yang nantinya akan dihitung sebagai bahan dasar jumlah efisiensi yang didapatkan dengan adanya pemasangan panel surya

1. *Flowchart* Sistem



Gambar 1. Flowchart Sistem

Dalam bab ini dibahas tentang Analisa penggunaan solar cell untuk mem-backup kebutuhan daya listrik rumah tangga untuk keperluan lampu penerangan dan beban yang kecil. Dalam proses perencanaan ini, hal-hal yang akan saya bahas meliputi :

1. Perangkat *solar cell* untuk kebutuhan gedung Sekolah Tinggi Teknik Pati
2. Kapasitas Inverter untuk beban yang sesuai dengan keperluan Sekolah Tinggi Teknik Pati
3. Penyimpanan daya listrik DC (*accumulator*) yang sesuai dengan keperluan.

Setelah data-data di lapangan sudah didapatkan dilakukan pengukuran, hasil pengukuran kemudian dianalisa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rooftop off grid solar panel ini akan dipasang di sebuah Gedung pengajaran Sekoah Tinggi Teknik Pati yang saat ini terkoneksi dengan jaringan PLN dengan data pemakaian beban selama satu minggu berturut turut.

Tabel 1. Tabel Hasil Pengukuran Daya

No	Tegangan (V)	Arus (A)			Rata-Rata Ampere (A)	Daya (kWh)
		R	S	T		
1	380	38,8	43,5	40,2	40,83	15,5
2	380	46	50	53	49,66	18,8
3	380	37	40	38	38,33	14,5
4	380	31	32	30	31	11,7
5	380	23	24	28	25	9,5
6	380	14,6	16,5	14,4	15,16	5,7
7	380	16,5	16,7	16,8	16,66	6,3
					Rata-rata	11,71

1. Perhitungan dan Perencanaan Panel Surya

Energi rata-rata harian yang digunakan berdasarkan Tabel 4.1 adalah sebesar 11.710 Wh. digunakan panel surya dengan kapasitas 500 Wp. Waktu efektif dari panel untuk menghasilkan daya puncak adalah rata-rata 4,5 jam per hari, untuk desain *off grid* jam efektif ditentukan 3 jam. Sehingga jumlah panel surya yang diperlukan berdasarkan kebutuhan daya adalah:

Jumlah panel surya = 11.710 Wh/(500 Wp x 3 jam) = 8 panel surya diseri. Total tegangan panel surya = 59,01 x 8 = 413,07 V dan total arus = 10,87 A. maka, daya yang dihasilkan plts adalah 4490 watt. Tipe yang digunakan adalah *polycrystalline*.

Module	BSM450M-96	BSM460M-96	BSM470M-96	BSM480M-96	BSM490M-96	BSM500M-96
Peak Power Watts-P _{max} (Wp)*	450	460	470	480	490	500
Power Output Tolerance-P _{max} (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	47.87	48.01	48.25	48.35	48.45	48.63
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	9.40	9.59	9.74	9.93	10.12	10.28
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	58.57	58.75	58.82	58.89	58.95	59.01
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	9.73	9.78	9.90	10.04	10.87	10.87
Module Efficiency η _m (%)	17.56	17.95	18.34	18.73	19.12	19.51
Temperature Coefficient of I _{sc} (α _{Isc})	+0.058%/°C					
Temperature Coefficient of V _{oc} (β _{Voc})	-0.330%/°C					
Temperature Coefficient of P _{max} (γ _{Pmp})	-0.410%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5					

Gambar 2. Datasheet Panel Surya

Solar sell yang digunakan model BSM500M-96, dengan spesifikasi *Open Circuit Voltage* 59,01V dan *Short Circuit Current* 10,87A.

2. Perhitungan dan Perencanaan SCC

Berdasarkan Perhitungan maka, ISCC = 10,87 x 8 x 125% = 108,7 A. Sehingga kapasitas *solar charge controller* yang digunakan adalah 120 A sesuai yang ada di pasaran.

Datasheet	SC4880/4880-MPV	SC4880/4880-MPV	SC48100/48100-MPV	SC48120/48120-MPV
Compatible Battery Nominal Voltage	12V/24V/48V			
ELECTRICAL	18~50V/18~50V/12V 3A~100A/3A~100A/3A/4V 80~145W/80~200W/48V			
PV Operating Voltage	150V/250V/300V			
Max PV Open Circuit Voltage	150V/250V/300V			
Max Recommended PV Power	1000W/12V 2000W/24V 4000W/48V	1210W/12V 2500W/24V 5000W/48V	1500W/12V 3000W/24V 6000W/48V	1700W/12V 3500W/24V 7000W/48V
Max Charging Current	40A	80A	100A	120A
Self Consumption	2W			
MPP Efficiency	99.5%			
Max Efficiency	97.5%			
Protection	Overcharging voltage High temperature protection			
BATTERY CHARGING	①Bulk/Boost: AGM, GEL, Absorbent Glass Mat, Lead-Acid, NiMH, NiCd, Li-ion, etc.			
Battery Type	3-stage: Bulk, Absorption, Float, Equalize			
Charging Algorithm	14.7V/12V 28.2V/24V 56.4V/48V User define 18~58.4V			
Bulk Charge Voltage	15.4V/12V 30.8V/24V 61.6V/48V User define 18~58.4V			
Float Charge Voltage	13.8V/12V 27.6V/24V 55.2V/48V User define 18~58.4V			
Temperature Compensation	-5mV/°C with 10°C/step			
COMMUNICATION	USB/RS485			
MECHANICAL	3			
Net Weight (kg)	3	3.2	3.9	4.1
Gross Weight (kg)	3.7	3.9	4.5	4.7
Dimensions (mm)	295/180/100mm			
Cooling	Fan cooling			
Protection Degree	IP20			
ENVIRONMENT	-30~55°C (depending from 40°C)			
Ambient Temperature	-40°C ~ +60°C			
Storage Temperature	100% non-condensing			
Humidity	≤2000h			
Altitude				

Gambar 3. Datasheet Solar Charge Controller

SCC yang digunakan model Growatt SC4860-48120MPV, dengan spesifikasi 1750W, 120A. berdasarkan perhitungan ISCC arus yang dihasilkan adalah 108,7A dan SCC ini sangat cocok digunakan karna mempunyai arus maksimal sebesar 120A.

3. Perhitungan dan Perencanaan Baterai

Baterai didesain dengan DOD 40 %, maksudnya adalah penggunaan baterai tidak lebih dari 40% dari kapasitasnya untuk memperpanjang usia pakainya. Tegangan sistem yang digunakan adalah 48 V, spesifikasi baterai yang digunakan adalah 12 V 500 Ah jenis *deep cycle gel* sehingga:

$$\begin{aligned}\text{total kapasitas baterai} &= 11.710 \text{ Wh} / 40\% \\ &= 29.275 \text{ Wh.} \\ \text{Jumlah baterai} &= 29.275 \text{ Wh} / (12 \text{ V} \times 500 \text{ Ah}) \\ &= 29.275 \text{ Wh} / 6000 \\ &= 4,8 \text{ dibulatkan (5 buah baterai)}\end{aligned}$$

Dengan memperhatikan tegangan sistem 48 V sehingga diperlukan empat buah baterai 12 V 500 Ah yang diseri.

4. Perhitungan dan Perencanaan Inverter

Inverter yang di pilih harus 1 fasa dan mampu memberikan output daya maksimal 11.710 Watt serta harus mampu diberi input energi dari solar panel sebanyak 4490 Watt.

Datasheet	Growatt 15000 TL3-SL	Growatt 20000 TL3-SL	Growatt 22000 TL3-SL
Input data(DC)			
Max. recommended PV power(for module STC)	19500W	26000W	28600W
Max. DC voltage	800V	800V	800V
Start voltage	250V	250V	250V
Nominal voltage	360V	360V	360V
MPPT voltage range	200V-650V	200V-650V	200V-650V
No. of MPPT trackers	2	2	2
No. of PV strings per MPPT trackers	4	4	4
Max. input current per MPPT trackers	38	38	38
Max. short-circuit current per MPPT trackers	64	64	64
Output data(AC)			
AC nominal power	15000W	20000W	22000W
Max. AC apparent power	16600VA	22200VA	24400VA
Nominal AC voltage	127V/220V	127V/220V	127V/220V
Nominal AC range	101.6V~139.7V	101.6V~139.7V	101.6V~139.7V
AC grid frequency/range	60Hz/57.5-62Hz	60Hz/57.5-62Hz	60Hz/57.5-62Hz
Max. output current	43.6A	58.3A	64.1A
Power factor(@nominal power)	>0.99	>0.99	>0.99
Adjustable power factor	0.8leading...0.8lagging	0.8leading...0.8lagging	0.8leading...0.8lagging
THDi	<3%	<3%	<3%
AC grid connection type	3W+N+PE	3W+N+PE	3W+N+PE

Gambar 4. Datasheet Inverter

Berdasarkan *datasheet* dipilih inverter model Growatt 15000 TL3-SL dengan daya input DC maksimal 19.500 W dan daya output AC maksimal 15000 W. inverter ini sudah sangat cocok digunakan karna mampu memberikan output daya maksimal dan input daya dari hasil perhitungan dan perencanaan inverter ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, implementasi dan pengujian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Dalam Analisa perencanaan *rooftop off grid* solar panel pada gedung Sekolah Tinggi Teknik Pati 105 KVA dengan rata-rata beban harian sebesar 11.710 Wh

dibutuhkan delapan panel surya 500 Wp jenis *polycrystalline* yang dirangkai seri. Baterai yang dibutuhkan sebanyak lima buah baterai 12 V 500 Ah dengan kapasitas SCC 108,7 A (120 A). Inverter yang dipilih mempunyai daya input DC maksimal 19.500 W dan daya output AC maksimal 15.000 W.

DAFTAR PUSTAKA

- Asian Development Bank, *Handbook For Rooftop Solar Development In Asia*. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank, 2014.
- Direktorat EBTKE Kementerian ESDM RI, "Kebijakan, Regulasi dan Inisiatif Pengembangan Energi Surya di Indonesia," in *Akselerasi Pengembangan PLTS di Indonesia Untuk Mencapai 6,5 GW di Tahun 2025*, 2019, p. 4, [Online].
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 49 Tahun 2018 Tentang Penggunaan Sistem pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero). Indonesia: LL KESDM BN RI 2018 (1525) : 18 HLM, 2018, p. 3.
- M. Ointu, Susanto; Surusa, Frengky Eka Putra; Zainudin, "Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang ada di Desa Pinogu," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, p. 31, 2020, doi:
- M. Rif, S. Hp, M. Shidiq, R. Yuwono, and H. Suyono, "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas," vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012.
- S. Karim, "Analisa Penggunaan Solar Cell Pada Rumah Tinggal Untuk Keperluan Penerangan dan Beban Kecil," vol. 2, no. 1, pp. 22–32, 2019.
- TEMPO.CO, "ESDM: Kebutuhan Listrik Nasional Naik 6,9 persen Tiap Tahun," *Bisnis.com*, Jakarta, p.1, 2019.