

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ROOFTOP MENGGUNAKAN SAM GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

Nasrun Ishak^{*1}, Jumiati Ilham², Ervan Hasan Harun³

^{1,2,3}Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia, Fakultas Teknik, Prodi Teknik Elektro

e-mail: ^{*1}nasrunishak123@gmail.com, ²jumiatiilham@ung.ac.id,
³ervanharun@ung.ac.id

Abstrak

Masalah kelistrikan di Indonesia yaitu kebutuhan listrik meningkat lebih pesat dibandingkan pemenuhan pasokan listrik. Kebijakan Energi Nasional (KEN) menargetkan bahwa rasio elektrifikasi mendekati 100% pada tahun 2025. Dalam Grand Strategi Energi Nasional, telah dipetakan rencana penambahan kapasitas EBT sebesar 38 Giga Watt (GW) sampai dengan 2035. Untuk mencapai target tersebut, pemerintah memprioritaskan pengembangan energi surya karena biaya investasi yang rendah dan waktu pelaksanaan yang singkat. Wilayah Gorontalo yang berada di dekat garis khatulistiwa memiliki suhu udara 23,30-33,40 kondisi ini memungkinkan energi terbarukan yang bersumber dari tenaga surya dapat dilaksanakan di provinsi Gorontalo. Penelitian membutuhkan data seperti luas area atap, potensi radiasi lokasi, kemiringan dan orientasi. Hasil simulasi menunjukkan energi AC tahunan pada tahun pertama adalah 335,844 kWh, atap bagian selatan 420m² menampung modul surya sebanyak 136, atap bagian utara 323,8m² menampung 100 modul surya, untuk atap bagian barat 592,9m² menampung 244 modul surya. Modul surya berkapasitas 400wp berjumlah 480 dan membutuhkan 4 inverter yang berkapasitas 40 kWac dengan kapasitas yang dapat dihasilkan PLTS sebesar 192,4 kWp. Setelah memasang PLTS konsumsi energi listrik gedung Fakultas Teknik dapat menghemat penggunaan energi listrik menjadi 585193 kWh/tahun atau 1603,26 kWh/hari.

Kata kunci — Perancangan, PLTS, Rooftop, Simulasi

Abstract

Indonesia's electricity problem is that electricity needs increase faster than electricity supply fulfillment. The National Energy Policy (KEN) targets that the electrification ratio is close to 100% by 2025. In the National Energy Strategy Grand, there has been a plan to add an EBT capacity of 38 Giga Watt (GW) until 2035. To achieve this target, the government prioritizes the development of solar energy due to low investment costs and short implementation time. The Gorontalo region near the equator has an air temperature of 23.30-33.40 allowing renewable energy sourced from solar power to be carried out in Gorontalo province. Research requires data such as roof area, site radiation potential, tilt and orientation. Simulation results show the annual AC energy in the first year was 335.844 kWh, the southern roof 420m² accommodating 136, the northern roof 323.8m² accommodating 100 solar modules, for the western roof 592.9m² accommodating 244 solar modules. The 400wp solar module has a capacity of 480 and requires 4 inverters with a 40 kWac capacity with a PLTS-generating capacity of 192.4 kWp. The Faculty of Engineering building can save electric energy use to 585193 kWh/year or 1603.26 kWh/day after installing PLTS.

Keywords — Design, PLTS, Rooftop, Simulation

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan faktor penting dalam berfungsinya suatu industri, perusahaan atau institusi karena memiliki tingkat kebutuhan energi yang tinggi untuk operasional bisnis. Listrik merupakan kebutuhan pokok yang memegang peranan besar dalam kehidupan kita sehari-hari, karena semua perangkat elektronik yang digunakan memerlukan listrik sebagai sumber energinya. Dengan bertambahnya jumlah pengguna dan jumlah konsumsi listrik, maka kebutuhan akan listrik akan terus meningkat. Hal terpenting yang dibutuhkan masyarakat saat ini adalah listrik. Banyak masyarakat di Indonesia yang masih menggunakan layanan PLN (Perusahaan Listrik Negara) untuk pemenuhan kebutuhan listrik [1].

Pemerintah telah menyusun Grand Strategi Energi Nasional (GSEN), yang diharapkan mampu membuahkan solusi untuk tantangan ketahanan dan kemandirian nasional. Dalam Grand Strategi Energi Nasional, telah dipetakan rencana penambahan kapasitas EBT sebesar 38 Giga Watt (GW) sampai dengan 2035 [2]. Letak geografis wilayah Gorontalo yang berada didekat garis khatulistiwa. Menjadikan daerah ini memiliki suhu udara berkisaran dari 23,30-33,40 kondisi ini memungkinkan pemanfaatan energi terbarukan yang bersumber dari tenaga surya dapat dilaksanakan di provinsi Gorontalo [2].

Kampus baru Universitas Negeri Gorontalo Bonebolango, merupakan salah satu lembaga pendidikan tinggi yang mengkonsumsi energi cukup besar dengan total daya terpasang 2.180.000 VA. Dari total daya terpasang Fakultas Teknik merupakan salah satu fakultas yang berada di kampus baru Universitas Negeri Gorontalo yang mengkonsumsi energi listrik sebesar 30% dari total daya terpasang, yaitu sebesar 655.140 VA [3].

Penelitian terkait yang pernah dilakukan sebelumnya dengan judul "Simulasi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan *Software System Advisor Model* (SAM) Di Gedung Kampus Akademi Komunitas Olat Maras (AKOM)". Berdasarkan simulasi perancangan PLTS menggunakan *Software System Advisor Model* ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan, yaitu data lokasi yang akan diteliti, kebutuhan-kebutuhan komponen yang akan digunakan seperti modul surya, inverter, baterai dan komponen penunjang PLTS lainnya, Pemilihan komponen yang digunakan pada penelitian ini yaitu daya listrik sebesar 18,3 kWh, panel yang digunakan dihitung dari jumlah daya yang dihasilkan dari spesifikasi modul tersebut, yaitu sekitar 10 modul surya dengan spesifikasi 460 W 41,3 V, 11.13 A, menghasilkan daya sebesar 4,6 kW. Menggunakan kapasitas inverter sebesar 4,7 kW atau lebih dan sistem desain yang mengatur cara kerja rangkaian panel surya terhadap baterai maupun inverter[1].

II. METODE PENELITIAN

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Rooftop* Dengan Menggunakan *System Advisor Model* Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan simulasi menggunakan *software System Advisor Model*. Penelitian ini membutuhkan beberapa data yang diperlukan seperti luas area atap, potensi radiasi lokasi, kemiringan dan orientasi. Data di lokasi tersebut yang akan diperlukan dalam perancangan sistem PLTS yang sesuai pada lokasi.

Setelah mendapatkan informasi yang diperlukan, rancang sistem PLTS sesuai dengan ruang yang tersedia di atas mulai dari konfigurasi modul, instalasi sistem, dan pemilihan inverter. Kemudian menyimulasikan program *System Advisor Model (SAM)* untuk memprediksi produksi energi surya. Untuk melakukan simulasi produksi energi dari PLTS yang dipasang di atap gedung menggunakan *SAM*, tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memilih model simulasi yang akan digunakan
2. Melakukan pemilihan modul surya yang akan digunakan
3. Melakukan pemilihan inverter.
4. Pada *System Sizing*, input untuk kapasitas PLTS yang digunakan
5. Untuk *shading* diisi dengan nilai 0, nilai *shading* diabaikan. Sedangkan untuk *losses*, dibiarkan inputan default dari SAM [4].

Selain itu, teknik perhitungan dalam perancangan PLTS *rooftop* dapat dijelaskan sebagai berikut[5].

Menyesuaikan array dengan spesifikasi tegangan inverter,

Minimum tegangan inverter

$$V_{mp,min} = V_{mp} \times \left(1 + \left(\left((T_{a,max}) + (T_{add}) - (T_{STC}) \right) \times \left(T_k P_{max} / 100 \right) \right) \right) \quad (2.1)$$

$V_{mp,min}$: Tegangan minimum modul surya (V)

V_{mp} : Tegangan daya maksimum modul surya kondisi STC (V)

$T_{a,max}$: Temperatur maksimum lokasi (°C)

T_{STC} : Temperatur pengujian kondisi STC (25°C)

$T_k P_{max}$: Koefisien temperatur daya modul surya (%/°C).

T_{add} : Temperatur penyesuaian berdasarkan pemasangan panel surya

String minimum yang diperbolehkan :

$$N_{s,min} \geq \frac{V_{min, inverter}}{V_{min, PV}} \quad (2.2)$$

$N_{s,min}$: String minimum

$V_{min, inverter}$: Tegangan minimum inverter (VDC)

$V_{min, PV}$: Tegangan minimum modul surya (V)

Maksimum tegangan inverter :

$$V_{oc,max} = V_{oc} \times \left(1 + \left((T_{a,min} - T_{STC}) \times (T_k V_{oc}) \right) \right) \quad (2.3)$$

$V_{oc,max}$: Tegangan V_{oc} maksimum modul surya (V)

V_{oc} : Tegangan V_{oc} modul surya kondisi STC (V)

$T_{a,min}$: Temperatur minimum lingkungan ($^{\circ}\text{C}$)

T_{STC} : Temperatur modul surya kondisi STC, 25°C

$T_k V_{oc}$: Koefisien temperatur V_{oc} modul surya ($\%/^{\circ}\text{C}$)

String maksimum yang diperbolehkan :

$$N_{s,max} \leq \frac{V_{max,inverter}}{V_{oc,max}} \quad (2.4)$$

$N_{s,max}$: String maksimum

$V_{max,inverter}$: Tegangan maksimum inverter (VDC)

$V_{oc,max}$: Tegangan maksimum modul surya (V)

String Paralel Maksimum

$$N_{p,max} \leq \frac{I_{max,inverter}}{I_{sc,PV}} \quad (2.5)$$

$N_{p,max}$: String paralel maksimum

$I_{max,inverter}$: Arus input maksimum ke inverter atau MPPT

$I_{sc,PV}$: Arus maksimum modul surya (biasanya diasumsikan sama)

Menyesuaikan Array dengan Current Rating Inverter Kapasitas daya terpasang

$$I_{input\ max,MPPT} = I_{SC} \times N_{P,string} \quad (2.6)$$

$I_{input\ max,MPPT}$: Arus input maksimum ke MPPT

I_{SC} : Short curcuit current

$N_{P,string}$: String paralel

Kapasitas daya terpasang sistem berdasarkan luasan area atap:

$$C_R = \left(\frac{C_M}{1000} \right) \times \left(\frac{RCR \times A_R}{A_M} \right) \quad (2.7)$$

C_R	: Kapasitas daya terpasang sistem (kWp)
C_M	: Daya modul surya kondisi STC (Wp)
A_R	: Luas area atap (m ²)
A_M	: Ukuran luas modul surya (m ²)
RCR	: 0,85

Jumlah total panel surya :

$$N_{PV.tot} = \left(\frac{C_R \times 100}{C_M} \right) \quad (2.8)$$

$N_{PV.tot}$: Jumlah total modul surya
C_R	: Kapasitas daya terpasang sistem (kWp)
C_M	: Daya modul surya kondisi STC (Wp)

Jumlah inverter :

$$N_{inverter} = \frac{N_{PV.tot}}{N_{PV/inverter}} \quad (2.9)$$

$N_{inverter}$: Jumlah inverter
$N_{PV,tot}$: Jumlah total modul surya
$N_{PV/inverter}$: Jumlah modul surya dalam satu inverter

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi Penelitian

Perencanaan PLTS rooftop ini berlokasi pada bangunan gedung C2 Fakultas Teknik Kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo (UNG). Gedung Fakultas Teknik Terdiri dari 5 (lima) gedung yakni: Gedung C2, gedung C3, gedung C4, gedung C5 dan gedung C6. Lokasi spesifik dari gedung Fakultas Teknik kampus 4 UNG sebagai berikut:

- Lintang utara (latitude) : 0.555955 / 0° 33'21.4"
- Lintang Timur (longitude) : 123.133194/123°07'59"
- Ketinggian (altitude) : 37 m (diatas permukaan laut)
- Zona Waktu (time zone) : UTC+08, Asia/Makassar (WITA)
- Temperatur maksimum : 34,7°C
- Temperatur minimum : 25,2°C
- Temperatur rata-rata : 28,85°C
- Global Horizontal irradiation : 1891,3 kWh/m²/tahun
- Kecepatan angin rata-rata : 2,3 knot
- Sudut kemiringan atap : 16°
- Daya terpasang gedung : 192,37 Kva

B. Panel surya dan Inverter

Modul surya yang dipilih dalam desain PLTS rooftop adalah GCL-M372DH 400, GCL-M372DH 400 merupakan modul surya monocrycrital berkapasitas 400 Wp. Spesifikasi dan karakteristik yang dapat dilihat pada Tabel 1.[6] Spesifikasi Modul surya. Pemilihan inverter harus dengan mempertimbangkan DC:AC ratio, dimana nilai rasio yang idealnya yaitu sekitar 1,2. Perancangan ini menggunakan inverter jenis Growatt 40000 TL3-NS dengan spesifikasi dilihat pada tabel 2. Spesifikasi Inverter [7]

Tabel 1 Spesifikasi Modul Panel Surya

Electrical Specification (STC)		
Maximum power	Pmax(W)	400
Maximum Power voltage	Vmp (V)	40,9
Maximum power current	Imp (A)	9,78
Open curcuit voltage	Voc (V)	48,2
Short curcuit current	Isc (A)	10,28
Module efficiency	(%)	19,6
Power output tolerance	(W)	+ 1.5%
Electrical specification (NOCT)		
Maximum power	Pmax (W)	298,72
Maximum power voltage	Vmp (V)	38,2
Maximum power current	Imp (A)	7,82
Open circuit voltage	Voc (V)	46
Short circuit current	Isc (A)	8,28
Mechanical Data		
Number of cell	144 cell	
Dimensions of module L*W*H (mm)	2036x1000x3 5 mm	
2036x1000x35 mm	23,4 kg	
Temperature Ratings		
Nominal operating Cell temperature (NOCT)	44±2°C	
Temperature coefficient of Isc	+0.06%/°C	
Temperature coefficient of Voc	-0.30%/°C	
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C	
Maximum Ratings		
Operational temperature	-40~+85°C	
Maximum system Voltage	1500V DC	
Max series fuse rating	20A	

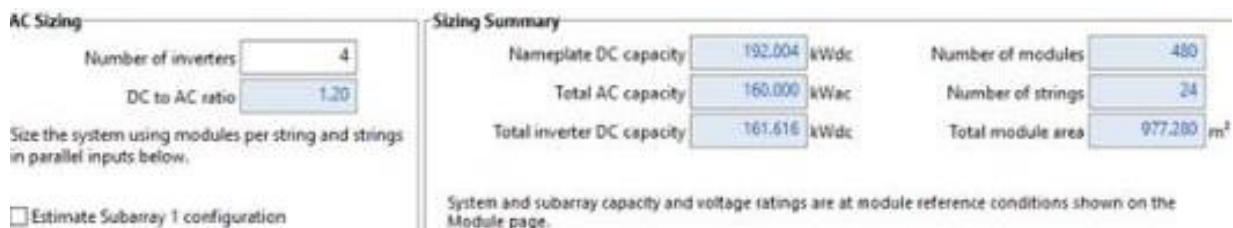
Tabel 2 Spesifikasi Inverter

DC Input	
Max recommended PV Power (for module STC)	50000W
Max DC voltage	1000V
Start voltage	250V
PV voltage range	200V - 1000V
Nominal voltage	580V
Full load dc voltage range	540V-800V
Max. input current	38A / 38A
Max. input current per string	12 A
Number of MPP trackers / strings per MPP tracker	2/4
AC Output	
Rated AC output power	40000 W
Max AC apparent powe	44400 VA
Max. output current	64.5A
AC nominal voltage; range	230V/400V
AC grid frequency; range	50/60Hz
Power factor	0.8leading - 0.8lagging
THDI	<3%
AC grid connection type	3W+N+PE
Power factor at rated power	1
Maximum efficiency, η_{max}	99%
European weighted efficiency, η_{EU}	98.5%
MPPT efficiency	99,5%

C. Matching PV Array dengan Inverter

Dari hasil perhitungan Tegangan minimum dan maksimum modul surya adalah 33,76 V dan 48,17 V. Ukuran string (panel surya yang terhubung seri), yang diperoleh string maksimum diperbolehkan adalah 20 panel surya per string dan 3 string paralel. Tegangan minimum dan maksimum pada string string sebesar 675,2 VDC dan 963,4 VDC. Untuk arus maksimum string sebesar 30,84 A

D. Simulasi System Advisor Model Kapasitas PLTS yang dihasilkan PLTS Rooftop grid-connected



Gambar 1 Kapasitas yang Dihasilkan

Setelah melakukan simulasi Seperti pada gambar I Namplate DC capacity 192,004 kWdc Total kapasitas AC yang didapatkan Sebesar 160 kWac dengan DC to AC ratio 1.20.

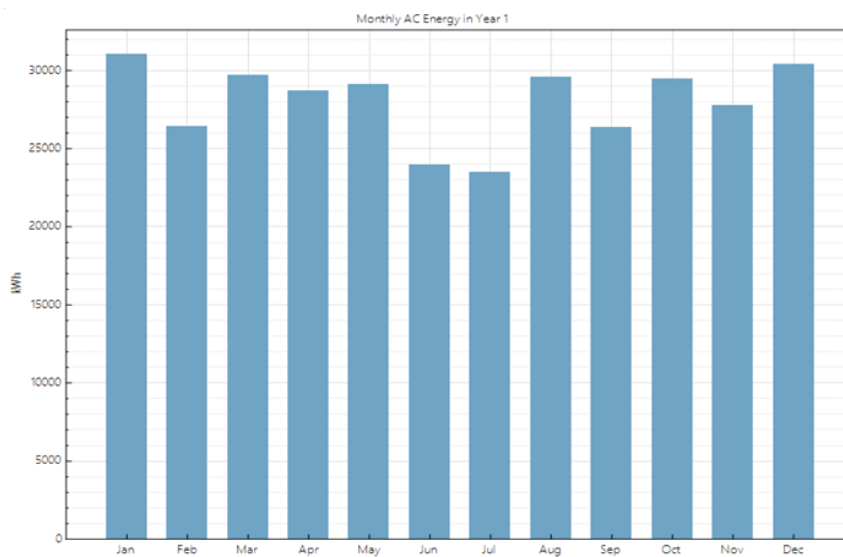
E. Metrik Tahunan Simulasi SAM

Tabel 3 Metrik Tahunan Simulasi SAM

Metric	Value
Energi tahunan (tahun ke-1)	335,844 kWh
Faktor kapasitas (Tahun ke-1)	20.0%
Energi yang dihasilkan	1,749 kWh/kW
Kinerja rasio (tahun ke-1)	0.81

Pada Tabel 3, Metrik kinerja hasil pengolahan data perancangan PLTS menggunakan *software SAM* menghasilkan energi listrik tahunan sebesar 335.884 kWh. Faktor kapasitas tahun pertama 20%

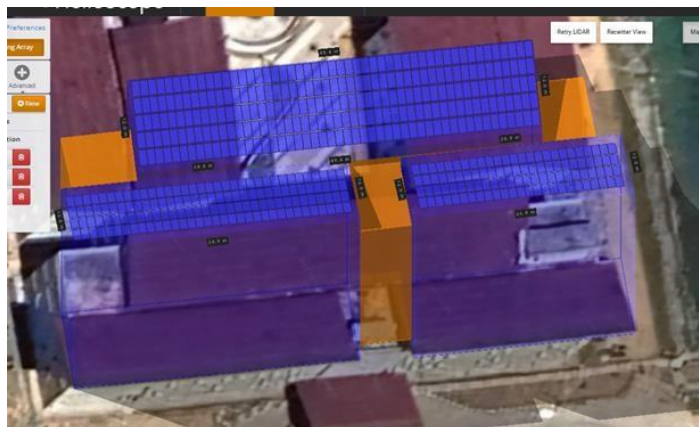
F. Hasil Energi Listrik Bulanan Dalam Satu Tahun



Gambar 2 Hasil Energi Listrik Bulanan

Pendapatan energi listrik dari panel surya bervariasi karena perbedaan intensitas penyinaran matahari setiap waktu. Gambar 2 di atas menunjukkan perkiraan rata-rata energi AC yang dihasilkan per bulan selama 1 tahun pertama operasi PLTS. Data di atas menunjukkan bahwa pada bulan Januari PLTS dapat menghasilkan energi AC sebesar 31048 kWh lebih besar dari bulan lainnya, sebaliknya energi yang paling rendah dari bulan lainya berada pada bulan Juli dengan energi AC sebesar 23461.2 kWh.

G. Hasil rancangan



Gambar 3 Rancangan PLTS Rooftop

Dari hasil perancangan dapat diketahui bahwa luas area atap bagian Selatan 420 m² dapat menampung modul surya sebanyak 136 buah, luas area atap bagian utara 323,8 m² dapat menampung 100 buah modul surya, luas area atap gedung bagian barat 592,9 m² dapat menampung 245 buah modul surya.

H. Penghematan Pemakaian Energi Listrik

Total konsumsi energi listrik pada gedung Fakultas Teknik sebesar 2523,39 kWh/hari atau 921037,35 kWh/tahun. Maka dengan demikian, konsumsi energi setelah memasang PLTS per tahunnya ialah sebagai berikut.

Diketahui:

Konsumsi energi sebelum PLTS : 921037,35kWh/tahun

Produksi energi PLTS : 335844 kWh/tahun

konsumsi energi setelah pemasangan PLTS = 921037,35 kWh - 335844 kWh

Konsumsi energi setelah pemasangan PLTS = 585193 kWh/tahun

IV. KESIMPULAN

Sistem PLTS dengan kapasitas 192,004 kWp. Luas area atap bagian selatan 420 m² dapat menampung modul surya sebanyak 136 buah kemudian untuk luas area atap bagian utara 323,8 m² dapat menampung 100 buah modul surya, untuk luas area atap gedung bagian barat 592,9 m² dapat menampung 244 buah modul surya. Modul surya berkapasitas 400 wp berjumlah 480 buah dan membutuhkan 4 buah inverter yang berkapasitas 40 kWac. Menghasilkan energi pertahunnya sebesar 335.844 kWh sehingga dapat mengurangi konsumsi energi listrik yang sebelumnya sebesar 921037,35kWh/tahun menjadi 585193kWh/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Y. K. Yusuf, P. A. Topan, D. Maulidyawati, and I. Darmawan, "SIMULASI PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN SOFTWARE SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM) DI GEDUNG KAMPUS AKADEMI KOMUNITAS OLAT MARAS (AKOM)," *J. Altron J. Electron. Sci. Energy Syst.*, vol. 2, no. 02, pp. 39–47, Aug. 2023, doi: 10.51401/altron.v2i02.3247.
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya mineral, "HPE ke-76, Menteri ESDM: Wujudkan Ketahanan dan Kemandirian Energi Untuk Kesejahteraan Rakyat," HPE ke-76, Menteri ESDM: Wujudkan Ketahanan dan Kemandirian Energi Untuk Kesejahteraan Rakyat. Accessed: Apr. 22, 2024. [Online]. Available: <https://tinyurl.com/bdereb57>
- [3] Sardi Salim, Ade Irawaty Tolago, and Maharani R.P. Syafii, "Analisis Intensitas Energi Listrik dalam Menghemat Penggunaan Listrik di Fakultas Teknik UNG," *J. Nas. Tek. Elektro Dan Teknol. Inf.*, vol. 11, no. 3, pp. 229–235, Aug. 2022, doi: 10.22146/jnteti.v11i3.3836.
- [4] I. D. G. Yaya Putra Pratama, I. N. Satya Kumara, and I. N. Setiawan, "POTENSI PEMANFAATAN ATAP GEDUNG PUSAT PEMERINTAHAN KABUPATEN BADUNG UNTUK PLTS ROOFTOP," *J. SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, p. 119, Dec. 2018, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2018.v05.i02.p15.
- [5] R. Rafli, J. Ilham, and S. Salim, "Perencanaan dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop pada Gedung Fakultas Teknik UNG," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 8–15, Jan. 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.10790.
- [6] SolarReviews, "Compare the prices of GCL-Poly (Suzhou) Energy solar panel dealers near you," Compare the prices of GCL-Poly (Suzhou) Energy solar panel dealers near you. Accessed: Jun. 04, 2024. [Online]. Available: [https://www.solarreviews.com/manufacturers/gcl-poly-\(suzhou\)-energy/solar-panels/gcsue39551gclsaturngclm372h400](https://www.solarreviews.com/manufacturers/gcl-poly-(suzhou)-energy/solar-panels/gcsue39551gclsaturngclm372h400)
- [7] Alena Energy, "Growatt 40000TL3-NS – 40kw on grid solar inverter," Growatt 40000TL3-NS – 40kw on grid solar inverter. Accessed: Jun. 04, 2024. [Online]. Available: <https://shop.alena-energy.com/product/growatt-40000tl3-ns-40kw-on-grid-solar-inverter/?lang=en>