

# PERENCANAAN SOLAR CELL ROOFTOP DI GEDUNG TEKNOLOGI INFORMASI KOMPUTER POLITEKNIK NEGERI LHOKSEUMAWE

Teuku Hasannuddin<sup>1</sup>, Teuku Zulfadli<sup>2</sup>, Yassir<sup>3</sup>, Rudi Syahputra<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: hasanudin10955@gmail.com<sup>1</sup>, teukuzulfadli@pnl.ac.id<sup>2</sup>, yassir@pnl.ac.id<sup>3</sup>, rudi.syahputra75@gmail.com<sup>4</sup>

**Corresponding Author : Teuku Hasannuddin**

Jurusan Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: hasanudin10955@gmail.com

**Abstrak** – Gedung Teknologi Informasi Komputer (TIK) Politeknik Negeri Lhokseumawe (PNL) merupakan gedung baru yang mulai difungsikan untuk proses belajar mengajar Jurusan Teknologi Informasi Komputer pada awal tahun 2023. Ketinggian gedung TIK PNL tiga lantai 13,5 meter dan luas area atap 1800 m<sup>2</sup>. Untuk saat ini gedung TIK belum memiliki Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sehingga untuk kebutuhan energi listrik gedung tersebut dilayani melalui trafo 20 kV/380V yang terpasang didepan gedung tersebut. Penelitian ini merupakan perencanaan PLTS di TIK PNL yang bertujuan untuk menyuplai energi listrik menggantikan sumber energi listrik dari PLN. Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi beban listrik maksimum yang terpasang pada gedung TIK PNL Identifikasi beban listrik dibagi dalam tiga katagori yaitu beban sistem penerangan, kotak kontak dan sistem pendingin. Data beban listrik maksimum tersebut digunakan untuk menghitung jumlah dan spesifikasi teknis dari solar cell dengan memasukkan variabel luas area atap dari gedung TIK. Hasil yang diperoleh dari hitungan tersebut memasukkan variabel data radiasi sinar matahari sehingga diperoleh hasil keluaran daya maksimum dari PLTS sebesar 300 kW dengan radiasi matahari 809 watt/m<sup>2</sup> dan luas area yang digunakan 1135 m<sup>2</sup>.

**Kata-kata kunci:** Solar Cell, Inverter, Baterai.

**Abstract** – The Lhokseumawe State Polytechnic (PNL) Computer Information Technology (ICT) building is a new building which will begin to be used for the teaching and learning process of the Computer Information Technology Department in early 2023. The height of the three-story PNL ICT building is 13.5 meters and the roof area is 1800 m<sup>2</sup>. Currently, the ICT building does not have a Solar Power Plant (PLTS), so the building's electrical energy needs are served via a 20 kV/380V transformer installed in front of the building. This research is a PLTS plan at ICT PNL which aims to supply electrical energy by replacing electrical energy sources from PLN. This research begins by identifying the maximum electrical load installed in the PNL ICT building. Identification of electrical loads is divided into three categories, namely lighting system loads, contact boxes and cooling systems. The maximum electrical load data is used to calculate the number and technical specifications of solar cells by including the roof area variable of the ICT building. The results obtained from these calculations include solar radiation data variables so that the maximum power output from PLTS is 300 kW with solar radiation of 809 watts/m<sup>2</sup> and an area used of 1135 m<sup>2</sup>.

**Keywords:** Solar Cell, Inverter, Baterai.

## I. PENDAHULUAN

Pengembangan energi terbarukan, termasuk energi surya, didukung oleh berbagai kebijakan dan regulasi di Indonesia. Kebijakan Energi Nasional dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 12 Tahun 2019 tentang Kapasitas Pembangkit Tenaga Listrik untuk Kepentingan Sendiri merupakan beberapa contoh regulasi yang mendukung pengembangan energi terbarukan [1][2]. PLTS atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya bukan sekadar teknologi baru, melainkan sebuah solusi penting untuk menjawab berbagai tantangan dunia saat ini. Pentingnya PLTS terletak pada berbagai aspek,

mulai dari dampak lingkungan hingga ekonomi, kesehatan, dan keamanan energi. Penggunaan sumber energi terbarukan merupakan solusi dalam menjawab tantangan krisis energi yang terjadi. Salah satu energi terbarukan yaitu dengan pemanfaatan energi matahari. Indonesia merupakan negara tropis yang mempunyai potensi energi surya dengan insolasi harian rata-rata 4,5–4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari [3]. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada dasarnya adalah pencatu daya, dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri maupun hybrid (dikombinasikan dengan sumber energi lain), baik

dengan metode desentralisasi maupun dengan metode sentralisasi. PLTS merupakan sumber energi terbarukan, dimana sinar matahari sebagai sumber energi yang tidak ada habisnya, selain itu PLTS merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan tanpa ada bagian yang berputar, tidak menimbulkan kebisingan, dan tanpa mengeluarkan gas buangan atau limbah.

Penggunaan pembangkit listrik tenaga surya juga telah banyak dilakukan terbukti dengan banyaknya literatur yang mengangkat masalah tersebut. Diantaranya adalah Nelly Safitri dan kawan-kawan melakukan penelitian kordinasi panel surya satu fasa pada penyulang beban tiga fasa tidak seimbang dan penggunaan IT/OT digitalisasi yang terhubung pada grid untuk perbaikan profil tegangan [4]. Zamzami dan kawan-kawan juga melakukan penelitian efek distribusi panel surya yang tidak seragam untuk perbaikan tegangan pada penyulang residential [5].

Untuk peletakan kemiringan sudut panel surya Yassir dan kawan-kawan melakukan penelitian menggunakan metode algoritma genetika untuk area Sabang dengan sudut optimal yang dihasilkan pada simulasi tersebut sama dengan 60 menghadap ke selatan dengan perbandingan terhadap sudut kemiringan 15, 30, dan 60 menghadap ke selatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan dengan sudut optimal dengan metode algoritma genetika dapat meningkatkan energi yang diterima oleh panel surya sebesar 2%, 9,5%, dan 38%. Sudut kemiringan, arah panel surya dan sudut penyimpangan terhadap garis lintang (azimuth) pemasangan tetap dapat mempengaruhi total daya yang dihasilkan panel surya (PV). Yassir dan kawan-kawan melakukan penelitian di area Politeknik negeri Lhokseumawe mengenai optimalisasi sudut permukaan azimuth PV pemasangan tahunan dengan metode algoritma genetika (GA). Hasil menunjukkan energy yang diterima PV setelah optimasi sudut azimuth mengalami peningkatan sebesar 3 kWh/tahun/m<sup>2</sup> [6][7].

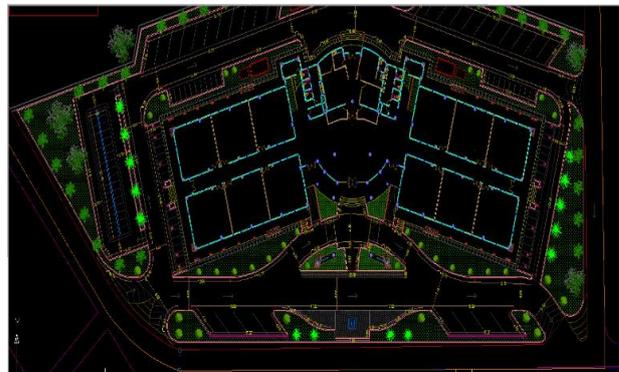
Di bidang perancangan PLTS Muhammad Naim merancang sistem kelistrikan pembangkit tenaga surya off grid 1000 watt di desa Mahalona Kecamatan Towuti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peralatan yang dibutuhkan untuk mendukung sistem kelistrikan. PLTS off grid 1000 Watt dan on grid 1500 W adalah Photovoltaic (PV) atau sel Surya berjumlah 4 buah dengan spesifikasi teknis; type cell monocrytalline, efisiensi cell > 15 %, daya maksimum 260 Wp. Solar Charge Controller yang menggunakan teknologi MPPT dengan spesifikasi teknis; tegangan kerja PV max 140 VDC, tegangan kerja baterai 48 VDC, Arus Output max 60 A, efisiensi >97 %, dan kapasitas 1000 Watt [8][9]. PLTS menggunakan sistem Hybrid yang mengandalkan energi matahari sebagai sumber utama dan baterai sebagai cadangan. Selain itu juga terdapat Automatic Transfer Switch (ATS) yang dapat menghubungkan ke jaringan PLN jika baterai dalam kondisi limit. Melalui software PVSyst 7.0, dengan komponen yang terdiri dari 135 modul berkapasitas 310 Wp/modul, 144 baterai dengan kapasitas 12v200 Ah/baterai, 9 unit inverter 5 kW dan 9 unit SCC 100 A/unit, energi listrik yang

dihasilkan sebesar 99,1 MWh setiap tahunnya. Setelah melalui proses konversi energi listrik berkurang menjadi 68,230 MWh dengan pembagian 57,180 MWh mensuplai beban dan 11,050 MWh dikirim ke baterai sebagai cadangan dengan efisiensi sebesar 67% [10].

## II. METODOLOGI

### A. Lokasi Penelitian

Tempat utama untuk pelaksanaan penelitian ini adalah sistem kelistrikan Kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe (PNL) pada Gedung Teknologi Informasi Komputer (TIK) yang dibangun pada tahun 2024 berlantai tiga dengan luas total 5000 m<sup>2</sup>. Sistem Tegangan 220/380 Volt dengan beban yang terbagi dalam dua katogori yaitu penerangan dan tata udara. Gedung TIK berfungsi sebagai gedung administrasi, proses belajar mengajar, dan laboratorium seperti terlihat pada Gambar 1.



Gbr. 1 Area Gedung TIK PNL

### B. Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dimaksudkan untuk merancang sistem PLTS yang direncanakan pada gedung TIK PNL. Adapun tahap-tahap penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Identifikasi beban terpasang pada gedung TIK PNL kedalam tiga katagori yaitu:
  - a. Sistem penerangan
  - b. Kotak kontak
  - c. Sistem pendingin

Pengelompokan ini bertujuan untuk memudahkan mengendalikan beban bila suplai daya dari PLTS berkurang disebabkan perubahan cuaca baik harian, bulanan dan tahunan. Hasil identifikasi dimasukkan kedalam tabel rekapitulasi beban.

2. Spesifikasi dan Jumlah Solar Cell.

Susunan solar cell dirangkai seri dan parallel untuk mendapatkan daya sesuai kebutuhan gedung di TIK PNL. Spesifikasi dan jumlah solar cell dihitung berdasarkan kebutuhan maksimum, luas area atap gedung TIK PNL dan radiasi sinar matahari.

3. Spesifikasi dan Jumlah Baterai.

Susunan baterai dirangkai paralel untuk mendapatkan daya sesuai dengan beban maksimum yang terpasang pada gedung TIK PNL.

4. Spesifikasi dan jumlah Inverter.

Jumlah inverter yang dibutuhkan dapat dihitung dengan mengacu pada daya solar cell dan daya inverter yang digunakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Potensi Listrik Energi Surya Pada Gedung TIK PNL

Potensi listrik energi surya dihitung dengan mengumpulkan data radiasi sinar matahari di area gedung TIK PNL dengan menggunakan alat ukur solar power meter SM206-SOLAR dengan data pada Tabel 1.

TABEL I  
Radiasi Sinar Matahari

No	Tanggal	Jam	Radiasi Sinar Matahari (W/m <sup>2</sup> )
1	26 Juni 2024	08.13	274,5
2		09.00	881,5
3		09.57	941,9
4		11.45	945,1
5		13.12	945,3
6		14.16	976,4
7		15.10	915,3
8		16,38	592,0
Rata-rata			809

Pada Tabel 2 terlihat radiasi tertinggi pada tanggal 26 juni 2024 sebesar 976 watt/m<sup>2</sup> pada pukul 14.16 WIB dengan rata-rata radiasi sebesar 809 watt/m<sup>2</sup>. Data lainnya yang dibutuhkan untuk menghitung potensi energi listrik surya adalah dengan menghitung luas area yang tersedia pada gedung TIK PNL untuk penempatan solar cell seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL II  
Luas Area Penempatan Panel Surya

No	Sayap Kiri		Sayap kanan		Sudut Kemiringan	Luas (m <sup>2</sup> )
	Panjang (m)	Lebar (m)	Panjang (m)	Lebar (m)		
1	26	19	26	19	0	988
2	26	19	26	19	10	1008
3	26	19	26	19	20	1062
4	26	19	26	19	30	1135

Pada Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan luas area yang tersedia pada Gedung TIK PNL dengan luas terbesar 1135 m<sup>2</sup> dengan sudut kemiringan 30o.

Berpedoman pada Tabel 1 dan 2 dengan efisiensi dari panel surya 0,9 dapat dihitung potensi daya listrik dengan menggunakan Persamaan 1 diperoleh hasil pada Tabel 3.

$$P = Rm \times A \times \eta_1 \times f_1 \times \eta_2 \tag{1}$$

P = daya PLTS (watt)

A = Luas Area (m<sup>2</sup>)

Rm = Radiasi Sinar Matahari (W/m<sup>2</sup>)

$\eta_1$  = Efisiensi radiasi matahari ke energi listrik

f1 = Faktor Koreksi (peningkatan suhu)

$\eta_2$  = Efisiensi (panel surya)

TABEL III  
. Potensi Daya Listrik Tenaga Surya Gedung TIK PNL

No	Radiasi Sinar Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Luas Area (m <sup>2</sup> )	Efisiensi (konversi Dari Radiasi matahari ke energi listrik)	Faktor Koreksi (peningkatan suhu)	Efisiensi (panel surya)	Daya Listrik (kW)
1	809	988	0,17	0,95	0,9	114
2		1008				117
3		1062				123
4		1135				131

Pada Tabel 3 menunjukkan hasil potensi daya listrik tenaga surya terbesar 131 kW dengan tingkat rata-rata radiasi sinar matahari 809 watt/m<sup>2</sup>.

B. Beban Listrik Pada Gedung TIK PNL

Identifikasi beban terpasang pada gedung TIK PNL kedalam tiga katagori yaitu:

- a. Sistem penerangan
- b. Kotak kontak
- c. Sistem pendingin

Pengelompokan ini bertujuan untuk memudahkan mengendalikan beban bila suplai daya dari PLTS berkurang disebabkan perubahan cuaca baik harian, bulanan dan tahunan. Hasil identifikasi dimasukkan kedalam Tabel 4.

TABEL IV  
Rekapitulasi Beban Gedung TIK PNL

No	Katagori Beban	Lantai 1 (kW)	Lantai 2 (kW)	Lantai 3 (kW)	Total (kW)
1	Sistem Penerangan + Kotak Kontak	21,3	18,3	19,5	59,1
2	Sistem Pendingin	46,3	56,7	64,2	167,2
Total					226,3

Pada Tabel 4 menunjukkan perbedaan yang besar antara beban sistem penerangan dan stop kontak dengan beban sistem pendingin. Perbedaan tersebut mencapai 108 kw atau 65%. Perbedaan ini menjadikan pilihan pembebanan yang bersumber dari PLTS mengingat kemampuan PLTS hanya 131 kW.

C. Perhitungan Jumlah Panel Surya

Pada perencanaan ini dipilih jenis panel surya dari type Poly-crystalline karena efisiensi sangat baik dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. Max Power (Pmax) : 325W
- b. Max-power Voltage (Vmp) : 37V
- c. Max-Power Current (Imp) : 8,78A
- d. Open-Circuit Voltage (Voc) : 45,5V
- e. Short-Circuit Current (Isc) : 9,34A
- f. Operating Temperature : 45C +/- 2C
- g. Max. System Voltage : 1000VDC
- h. Power tolerance : 0/+5 W
- i. Dimensi : 76,9 x 38,7 x 1,57 inch
- j. Berat : 48,5 LBS

Susunan panel surya dirangkai paralel untuk mendapatkan tegangan dan daya sesuai kebutuhan pada PLTS Gedung TIK PNL. Daya panel surya yang digunakan 325 WP dengan lama penyinaran 8 jam. Jumlah panel surya yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2 dan diperoleh hasil pada Tabel 5 [11][12].

$$NPS = P \times T1 / PPS \times T2 \tag{2}$$

Keterangan:

- NPS = jumlah panel surya
- P = daya Beban
- PPS = daya panel surya
- T1 = Waktu operasi PLTS
- T2 = Waktu penyinaran Panel surya

TABEL V  
Jumlah Panel Surya Gedung TIK PNL

No	Katagori Beban	Beban (kW)	Jumlah Panel Surya	
			Waktu Operasi PLTS 24 jam	Waktu Operasi PLTS 8 jam
1	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 1	21,3	197	66
2	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 2	18,3	169	57
3	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 3	19,5	180	60
4	Sistem Pendingin Lantai 1	46,3	428	143
Total			974	326

Pada Tabel 5 diperoleh jumlah panel surya yang dibutuhkan 974 buah untuk operasional 24 jam dan 326 buah dengan operasi 8 jam. Luas area yang dibutuhkan seluas 1870 m<sup>2</sup> untuk operasi 24 jam dan 626 m<sup>2</sup> untuk operasi 8 jam berdasarkan perhitungan spesifikasi teknis dari solar panel yang digunakan dengan ukuran satu panel surya 76,9 x 38,7 x 1,57 inch.

D. Spesifikasi dan Jumlah Baterai

Susunan baterai dirangkai paralel untuk mendapatkan daya PLTS sesuai jumlah panel surya pada Gedung TIK PNL Jumlah baterai yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.

$$NB = P \times T1 \times H0 / VB \times AhB \times \eta B \tag{3}$$

Keterangan:

- NB = Jumlah baterai
- P = Daya beban
- VB = Tegangan Baterai
- AhB = Ampere Hour Baterai
- ηB = Efisiensi Baterai
- H0 = Jumlah hari tanpa penyinaran
- T1 = Waktu operasi PLTS

Dengan menggunakan Persamaan 3 dapat dihitung jumlah baterai untuk pada PLTS Gedung TIK PNL dengan waktu operasi (WO) 8 jam dan 24 jam seperti pada Tabel 6.

TABEL VI  
Jumlah baterai PLTS pada gedung TIK PNL

No	Nama Gedung	Beban (kW)	VB (V)	AhB	ηB	H0	NB	
							T1 24 Jam	T1 8 Jam
1	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 1	21,3	12	500	0,8	1	107	36
2	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 2	18,3	12	500	0,8	1	92	31
3	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 3	19,5	12	500	0,8	1	98	33
4	Sistem Pendingin Lantai 1	46,3	12	500	0,8	1	232	77
Total							529	177

Jumlah baterai yang dibutuhkan untuk operasi 8 jam adalah 177 buah dan 529 buah pada operasi 24 jam. Perbedaan ini disebabkan pada saat pengoperasian 24 jam energi yang dibutuhkan semakin tinggi. Peningkatan energi ini membutuhkan suplai energi tambahan dalam bentuk penambahan jumlah baterai.

E. Spesifikasi dan jumlah Inverter

Jumlah inverter yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan 4 berikut:

$$NI = P / PI \tag{4}$$

Keterangan:

- Ni = Jumlah inverter
- P = Daya beban
- PI = Daya Inverter

Dengan menggunakan Persamaan 4, dapat dihitung jumlah baterai untuk pada PLTS Gedung TIK PNL dengan pembatasan jam operasi seperti pada Tabel 7.

TABEL VII  
Jumlah Inverter pada PLTS Gedung TIK PNL

No.	Nama Gedung	Beban (kW)	Waktu Operasi PLTS (Jam)	Daya Inverter (kW)	N <sub>i</sub>
1	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 1	21,3	24	5	5
2	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 2	18,3	24	5	4
3	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 3	19,5	24	5	4
4	Sistem Pendingin Lantai 1	46,3	24	5	10
TOTAL					23

1	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 1	21,3	8	5	5
2	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 2	18,3	8	5	4
3	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 3	19,5	8	5	4
4	Sistem Pendingin Lantai 1	46,3	8	5	10
TOTAL					23

Jumlah inverter yang dibutuhkan untuk operasi 8 jam dan 24 jam sama yaitu 23 buah inverter. Pada penentuan jumlah inverter tidak didasari oleh energi yang dibutuhkan melainkan hanya pada kapasitas daya beban. Dalam persoalan ini daya beban untuk operasi 24 jam dan 8 jam adalah sama yaitu 105,4 kW.

F. Rekapitulasi Komponen Pada PLTS Gedung TIK PNL

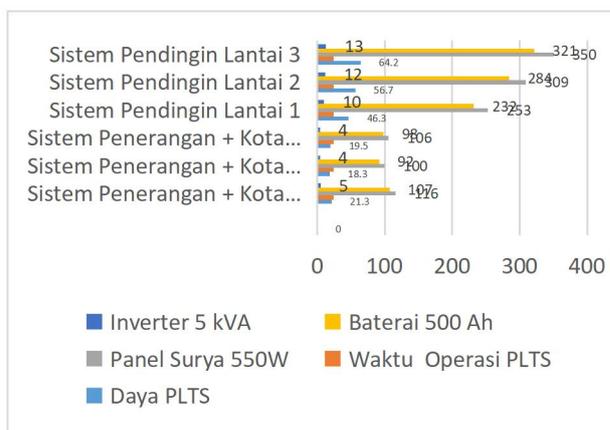
Dari perhitungan diatas untuk jumlah komponen yang dibutuhkan pada PLTS Gedung TIK PNL dengan pembatasan jam operasi seperti pada Tabel 8.

TABEL VIII  
Rekapitulasi Komponen PLTS Gedung TIK PNL

No	Nama Gedung	Daya Beban (kW)	Waktu Operasi PLTS (Jam)	Panel Surya 325 W	Baterai 500 Ah	Inverter 5 kVA
1	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 1	21,3	24	116	107	5
2	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 2	18,3	24	100	92	4
3	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 3	19,5	24	106	98	4
4	Sistem Pendingin Lantai 1	46,3	24	253	232	10
TOTAL				1234	1132	48

No	Nama Gedung	Daya Beban (kW)	Waktu Operasi PLTS (Jam)	Panel Surya 325 W	Baterai 500 Ah	Inverter 5 kVA
1	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 1	21,3	8	39	36	5
2	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 2	18,3	8	33	31	4
3	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 3	19,5	8	35	33	4
4	Sistem Pendingin Lantai 1	46,3	8	84	77	10
TOTAL				411	377	48

Dari Tabel 8, dapat digambarkan grafik hubungan antara komponen yang digunakan pada PLTS Gedung TIK seperti ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gbr. 2 Rekapitulasi komponen PLTS Gedung TIK PNL

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian perancangan daya listrik energi matahari mampu memikul beban yang terpasang pada Gedung Teknologi Informasi sebesar 105,4 kW dari total beban 226 kW yang terdistribusi dalam kelompok sistem penerangan dan tata udara dari lantai satu sampai dengan lantai tiga.

REFERENSI

[1] Karasoy, A. (2022). How Do Consuming Alternative Energy Sources and Remittance Inflows Impact Egypt’s Ecological Footprint?. *Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(1), 8-28. <https://doi.org/10.18221/bujss.1060051>.

[2] Rauf, R. (2023). *Optimalisasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Daerah Kepulauan*. ISBN: 978-623-113-085-3.

[3] Rahayuningtyas, A. (2014). *Studi Perencanaan PLTS Skala Rumah Sederhana Di Daerah Pedesaan Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Untuk*

- Mendukung Program Ramah Lingkungan Dan Energi Terbarukan. *prosiding SnaPP 2014*, ISSN 2089– 3582.
- [4] Nelly, S., & Rachmawati, Y. (2018). Electrification, Decentralization and IT/OT Digitization of Grid-Connected Rooftop PVs in Residential Feeder. In *GEASC (Global Engineering and Applied Science Conference) Fukuoka Japan*.
- [5] Zamzami, Z., Safitri, N., & Fauzi, F. (2018). Non-uniform rooftop PVs distribution effect to improve voltage profile in residential feeder. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 16(4), 1388-1395.
- [6] Yassir, A., Zamzami, U., Fauzan, K., & Hasannuddin, T. (2019, June). Optimization of tilt angle for photovoltaic: Case study Sabang-Indonesia. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 536, No. 1, p. 012055). IOP Publishing.
- [7] Yassir, Y. (2019). Optimasi Sudut Penyimpangan Panel Surya Terhadap Garis Lintang dengan Metode Algoritma Genetika, Studi Kasus: Kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe. In *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 3, No. 1, p. 52).
- [8] Naim, M. (2017). Rancangan Sistem Kelistrikan Plts Off Grid 1000 Watt Di Desa Mahalona Kecamatan Towuti. *DINAMIKA–Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(1), 27-32.
- [9] Naim, M., & Wardoyo, S. (2017). Rancangan Sistem Kelistrikan Plts On Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu Kecamatan Towuti. *Dinamika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8(2), 11-17.
- [10] Sudharto. (2021). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Hybrid Di Gedung Ict Universitas Diponegoro Menggunakan Software Pvsyst 7.0. *Transient*, 10(2), 377-382.
- [11] Rusli, J., Hasannuddin, T., Fauziah, A., Syahroni, M., & Zulfikar, A. (2023). Development of the Renewable Energy-Based Distributed Generation Electricity System at Politeknik Negeri Lhokseumawe. *Orca Publisher*, 2(1), 1-11.
- [12] Hasannuddin, T., Maimun, M., Radhiah, R., Fauzan, F., & Muhammad, M. (2020). Perancangan Plts 10 Mw Di Gampoeng Jeulikat Sebagai Distributed Generation Pada Sistem 150 Kv Aceh. In *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 4, No. 1, pp. 25-30).