

# UNJUK KERJA PRODUKSI LISTRIK PLTS 70 kWp PADA GEDUNG ICT CENTER, KUPANG

Alberto Gontani<sup>1</sup>, Hanny Hosiana Tumbelaka<sup>2</sup>, Emmy Hosea<sup>3</sup>  
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra  
Jl.Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia  
E-Mail: albertogontani@gmail.com<sup>1</sup>, tumbekh@petra.ac.id<sup>2</sup>, emmyho@petra.ac.id<sup>3</sup>

**Abstrak** – Energi surya merupakan sebuah alternatif sumber energi terbarukan. Energi surya dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya (PV) dan dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Pada gedung ICT Undana digunakan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dengan sistem on-grid. Sistem ini memiliki kapasitas perancangan sebesar 70kWp yang menanggung 15%-20% daya terpasang pada bangunan. Dari kapasitas ini dipasang 336 lembar panel surya @200Wp dan 3 buah Inverter on-grid dengan kapasitas 25kW, 25kW dan 20kW. Kinerja sistem menunjukkan daya keluaran maksimumnya sebesar 42152.4W atau 62.7% dari daya beban terpasang.

**Kata Kunci** – PLTS *On-Grid*, Panel Surya PV, Inverter *On-Grid*, Unjuk Kerja PLTS.

## I. PENDAHULUAN

Kampus Universitas Nusa Cendana (Undana), Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur dibangun di dalam sebuah kompleks yang terdiri dari gedung – gedung perkuliahan dan gedung penunjang lain, salah satunya adalah ICT Center. Gedung ini membutuhkan sumber energi listrik untuk beraktivitas. Sumber energi listrik yang digunakan bisa berasal dari PLN, atau dari sumber energi terbarukan, atau gabungan PLN dan sumber energi terbarukan. Untuk energi listrik dari energi terbarukan yang dipilih adalah dari tenaga surya.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit energi listrik terbarukan yang mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan photovoltaic (PV) cell. Secara fisika, sel PV sangat mirip seperti diode dengan pn-junction. Cahaya matahari diserap pn-junction dari sel PV dan diubah menjadi arus listrik yang mengalir melalui rangkaian listrik [1]. Sel PV atau biasa disebut sel surya disusun menjadi modul atau panel.

Secara umum, sistem PLTS dibagi menjadi dua kategori yaitu on-grid dan off-grid [1,2]. PLTS off-Grid sering disebut juga PLTS mandiri, artinya beban listrik hanya disuplai oleh panel surya saja tanpa terhubung pada jaringan listrik (grid). Suplai listrik hanya tergantung pada energi matahari seutuhnya. Karena panel surya tidak mungkin mendapatkan sinar matahari terus menerus terutama pada malam hari, maka sistem ini membutuhkan media penyimpanan energi yaitu baterai. PLTS off-grid umumnya dimaksudkan untuk mensuplai listrik di daerah yang terisolasi dimana tidak ada jaringan listrik atau kesulitan membangun PLTD [2,3].

Sistem yang lain yaitu PLTS on-grid yang beroperasi dengan terhubungnya panel surya pada jaringan listrik yang sudah ada. Beban listrik disuplai oleh PLTS dan jaringan listrik. Energi listrik dari PLTS dapat juga dikirim ke jaringan listrik [2,4]. Sistem on-grid tidak membutuhkan media penyimpanan energi seperti baterai.

Saat ini sudah banyak bangunan yang memasang panel surya baik off-grid maupun on-grid, terutama diletakkan di atap (rooftop) [3,5]. Selain itu, ada banyak analisa unjuk kerja [6,7] terhadap instalasi PLTS. Gedung ICT Undana menggunakan PLTS sistem on-grid. Daya listrik yang dihasilkan oleh PLTS digunakan sebagai sumber listrik utama gedung ICT, dan sisanya disuplai oleh sumber listrik PLN. Pada makala ini akan dibahas produksi listrik sebagai unjuk kerja sistem PLTS yang dipasang.

## II. METODOLOGI

Pada langkah awal dilakukan pengumpulan data pendukung sistem seperti kondisi wilayah, radiasi matahari, kebutuhan pengguna dan lainnya. Kemudian pemilihan komponen sistem PLTS on-grid. Pemilihan komponen meliputi peralatan utama (panel surya, inverter), peralatan proteksi dan peralatan sambung serta penunjang lainnya. Tahap perancangan dan implementasi sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Setelah instalasi, dilakukan pengujian dengan pengukuran besaran listrik seperti tegangan, arus, dan daya total pada setiap string. Dari hasil tersebut dicari produksi daya listrik dari sistem tersebut.

### A. Panel Surya

Pemilihan panel surya membutuhkan pertimbangan yang kompleks seperti daya yang dibutuhkan, kapasitas daya panel surya, biaya, ketersediaan peralatan di market, garansi purna jual dan lainnya. Kapasitas daya PLTS ditentukan sebesar 15% – 20% dari daya beban terpasang pada gedung ICT. Untuk itu kapasitas PLTS ditentukan sebesar ±70kWp. Panel surya yang digunakan memiliki kapasitas maksimum 200Wp per-lembar dengan spesifikasi pada Tabel 1.

### B. Inverter *On-Grid*

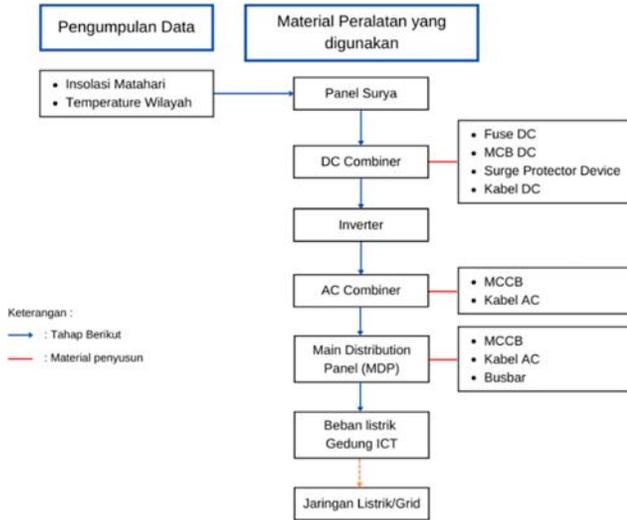
Pada PLTS ini digunakan inverter 3 fasa dengan jenis on-grid atau grid-tie inverter. Berbeda dengan inverter biasa, grid-tie inverter memiliki kemampuan untuk sinkronisasi dengan jaringan PLN [8]. Selain itu inverter ini akan off bila listrik PLN padam untuk keperluan safety. Pada saat beroperasi, listrik yang dihasilkan dari PLTS on-grid akan menjadi suplai utama untuk beban listrik gedung. Jika suplai listrik dari PLTS on-grid lebih kecil dari kapasitas beban listrik, maka kekurangan daya listrik akan disuplai oleh sumber listrik dari PLN. Inverter ini akan mengatur pembagian bebannya.

Kapasitas inverter disesuaikan dengan kapasitas panel surya yaitu sekitar 70kW. Namun, pada sistem ini tidak digunakan sebuah unit inverter berdaya besar, melainkan dibagi menjadi 3 unit inverter dengan rincian sebagai berikut :

- Inverter 1 = 25kW

- Inverter 2 = 25kW
- Inverter 3 = 20kW

Spesifikasi Inverter 3 fasa on-grid terlihat pada Tabel 2 (25kW) dan 3 (20kW).



Gambar 1. Diagram Tahap Perancangan dan Implementasi Sistem

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya

Parameter	Spesifikasi
Maximum Power (Pmax)	200W
Maximum Voltage (Vmp)	36.0V
Maximum Current (Imp)	5.56A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.0V
Short Circuit Current (Isc)	6.00A
Weight	10.3Kg
Dimension	1249x975x35mm

Tabel 2. Spesifikasi Inverter 25kW

Parameter	Spesifikasi
Max PV. Voltage	1100 DC V
PV Voltage Range	160 – 1100 d.c.V
PV Isc	32/48 d.c.A
Max. Input Current	25/37.5 d.c.A
Max. Output Power	25000W
Max. Apparent Power	27700 VA
Nominal Output Voltage	3W/N/PE 230/400 a.c.V
Max Output Current	40.2 a.c.A
Nominal Output frequency	50/60Hz
Power Factor Range	0.8 Lead ~ 0.8 Lag

Tabel 3. Spesifikasi Inverter 20kW

Parameter	Spesifikasi
Max PV. Voltage	1100 DC V
PV Voltage Range	160 – 1000 d.c.V
PV Isc	32 d.c.A * 2
Max. Input Current	25 d.c.A * 2
Max. Output Power	20000W
Max. Apparent Power	22000 VA
Nominal Output Voltage	3W/N/PE 230/400 a.c.V
Max Output Current	31.9 a.c.A

Nominal Output frequency	50/60Hz
Power Factor Range	0.8 Leading ~ 0.8 Lagging

Dari spesifikasi panel surya dan inverter on-grid diatas, maka untuk mendapatkan daya 70kWp, lembaran panel surya harus dihubungkan secara seri dan paralel. Terhubung seri agar sesuai dengan spesifikasi tegangan input inverter. Rangkaian seri ini membentuk string. Kemudian string yang satu terhubung paralel dengan string yang lain.

Jumlah lembar panel surya per-string dapat dihitung dengan rumus (1) berikut.

$$Jumlah\ lembar\ pada\ 1\ string = \frac{Max\ Inverter\ Voltage\ (V)}{Voc\ Panel\ Surya\ (V)} \quad (1)$$

$$Jumlah\ lembar\ pada\ 1\ string = \frac{1100}{45} = 24.4$$

Jadi setiap string membutuhkan 24 lembar panel surya yang terhubung seri agar dapat mencapai tegangan input inverter yang optimum.

Kapasitas daya maksimum tiap string = 24 lembar x 200Wp = 4800Wp.

Setelah mengetahui kapasitas daya maksimum pada setiap string, maka dilakukan perhitungan jumlah string dengan rumus (2) berikut:

$$Jumlah\ string = \frac{Daya\ Total\ PLTS}{Kapasitas\ Daya\ 1\ string} \quad (2)$$

$$Jumlah\ string = \frac{70000}{4800} = 14.6$$

Dengan daya total ±70kWp maka dibutuhkan 14 atau 15 string agar dapat mencapai kapasitas maksimumnya. Pada rangkaian PLTS gedung ICT Undana digunakan 14 string, yang terbagi pada setiap inverter menjadi:

- String 1 sampai 5 terhubung ke inverter 1 yang berkapasitas 25kW. Setiap string terdiri dari 24 panel surya yang terhubung secara seri, menjadikan total 120 lembar panel surya terhubung pada inverter 1.
- String 6 sampai 10 terhubung ke inverter 2 yang berkapasitas 25kW. Setiap string terdiri dari 24 panel surya yang terhubung secara seri, menjadikan total 120 lembar panel surya yang terhubung pada inverter 2.
- String 11 sampai 14 terhubung ke inverter 3 yang berkapasitas 20kW. Setiap string terdiri dari 24 panel surya yang terhubung secara seri, menjadikan total 96 lembar panel surya yang terhubung pada inverter 3.

Jumlah total panel surya (lembar) yang terhubung ke inverter 1, 2 dan 3 = jumlah panel surya per-string x jumlah string total.

Jumlah panel surya (total) = 24 x 14 = 336 lembar

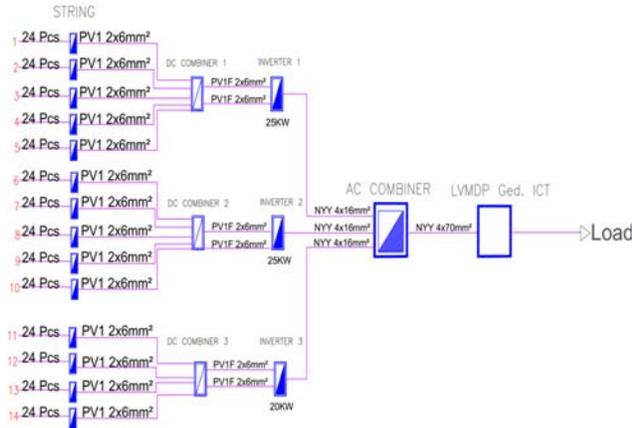
Maka daya maksimum yang dapat dibangkitkan/dihasilkan oleh PLTS adalah 336 x 200Wp = 67.2kWp.

### C. Rangkaian PLTS

Blok Diagram PLTS gedung ICT dapat dilihat pada Gambar 2. Dari diagram tersebut dapat dilihat ada 14 string, dan setiap string tersusun dari 24 panel surya. Total kapasitas daya maksimum menjadi 67.2kWp.

Empat belas string dibagi menjadi 3 kelompok sesuai jumlah inverter. Tiap kelompok string disatukan terlebih dulu secara paralel dalam panel/kotak DC Combiner. Kotak ini berisi peralatan proteksi dan peralatan sambung. Keluaran kotak ini dihubungkan ke sisi DC dari inverter 3 fasa. Gambar 3 menunjukkan panel DC Combiner dan inverter on-grid 3 fasa.

Keluaran dari 3 buah inverter dihubungkan ke sebuah panel/kotak AC Combiner. Terlihat pada Gambar 4 bahwa kotak ini berisi 3 buah circuit breaker (3 fasa) yang menerima listrik dari masing-masing inverter. Ada juga sebuah circuit breaker (3 fasa) yang menggabungkan keluaran 3 buah circuit breaker tadi secara paralel dan kemudian menghubungkannya ke grid melalui LVMDP (Panel Distribusi Utama Tegangan Rendah) gedung ICT.



Gambar 2. Diagram PLTS Gedung ICT



Gambar 3. Panel DC Combiner dan Inverter On-grid.



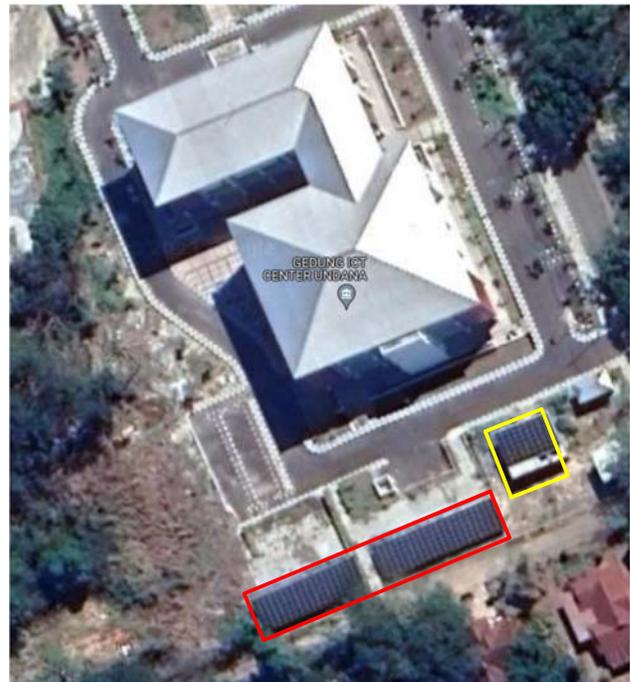
Gambar 4. Panel AC Combiner

#### D. Lokasi

Rencana semula, panel surya akan diletakkan pada atap gedung (rooftop). Dengan memperhatikan luasan atap, bentuk atap, dan kekuatan konstruksi, maka diputuskan untuk meletakkan panel surya diatas tanah (ground mounted).

Dari Tabel 1, dimensi panel surya adalah 1249x975x35mm. Berarti 1 panel surya mempunyai luas bidang sekitar 1.22m<sup>2</sup>. Untuk 336 lembar panel surya, dibutuhkan luasan area lebih besar dari 410m<sup>2</sup>.

Untuk menentukan lokasi pada area sekitar gedung ICT, dipilih area instalasi PLTS yang merupakan area terbuka, dan sangat sedikit terkena bayangan sehingga mendapatkan pencahayaan yang maksimum. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka dipilih area terbuka dengan luasan sekitar 870m<sup>2</sup>, dan sangat sedikit terkena bayangan sebagai area yang paling mungkin untuk penempatan instalasi PLTS pada lingkungan gedung ICT. Pada Gambar 5, kotak merah dan kuning menunjukkan area yang dipilih. Selain itu, posisi PLTS ini cukup dekat dengan gedung ICT sehingga rugi-rugi dalam penyaluran energi listrik relatif kecil.



Gambar 5. Lokasi PLTS

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### A. Rangkaian PLTS

Semua panel surya berhasil terhubung secara seri sehingga membentuk rangkaian string. Setiap rangkaian string berhasil membangkitkan daya listrik. Pada panel/kotak DC Combiner, string yang satu berhasil terhubung paralel dengan string yang lain. Daya dari masing-masing string dapat digabungkan dan disalurkan ke inverter.

Selain itu, masing-masing inverter juga berhasil terhubung ke jaringan listrik melalui panel AC Combiner. Hal ini berarti sinkronisasi tiap inverter dengan jaringan listrik (grid), dan antara inverter yang satu dengan yang lain berhasil dilakukan. Sinkronisasi terjadi dengan tepat sehingga semua string

berhasil menyalurkan energi listrik ke grid dan juga ke beban listrik gedung ICT.

**B. Produksi Daya Listrik**

Produksi daya listrik PLTS gedung ICT dievaluasi hanya dalam 1 hari dari jam 09.00 – 14.00. Pengukuran tegangan dan arus keluaran panel surya, serta perhitungan dayanya dilakukan setiap jam dan pada setiap string. Daya keluaran string 1 (S1) sampai string 14 (S14) dikelompokkan dalam 3 inverter. Tabel 4, 5 dan 6 menunjukkan daya listrik keluaran semua string yang sudah dikelompokkan dalam inverter 1, inverter 2, dan inverter 3.

Dari daya keluaran tiap string pada jam 09.00 – 14.00 dipilih nilai maksimumnya (semua terjadi pada jam 12.00) dan dibandingkan (%) dengan kapasitas maksimum tiap string sesuai dengan spesifikasi pabrik yaitu sebesar  $24 \times 200Wp = 4800Wp$ . Tabel 7 memperlihatkan persentasi daya keluaran maksimum tiap string (S1 – S14).

Tabel 4. Daya Keluaran Tiap String dalam Kelompok Inverter 1

Waktu	S1	S2	S3	S4	S5
09:00	2293.9	2302.6	2293.1	2217.6	2242.8
10:00	2553.3	2550.1	2558.2	2518.3	2540.6
11:00	2518.3	2540.6	2557.8	2543.4	2611.4
12:00	<b>2590.3</b>	<b>2559.6</b>	<b>2611.4</b>	<b>2723.4</b>	<b>2747.2</b>
13:00	2492.4	2533.4	2551.5	2553.3	2550.1
14:00	2217.6	2242.8	2203.6	2257.2	2217.1

Tabel 5. Daya Keluaran Tiap String dalam Kelompok Inverter 2

Waktu	S6	S7	S8	S9	S10
09:00	2203.6	2257.2	2217.1	2218.1	2266.8
10:00	2590.3	2518.3	2540.6	2590.3	2543.4
11:00	2723.4	2747.2	2916.1	2676.3	2579.2
12:00	<b>3753.4</b>	<b>3623.7</b>	<b>3906.6</b>	<b>3628.4</b>	<b>3619.1</b>
13:00	3229.8	3181.6	3405.6	3165.2	3177.5
14:00	2218.1	2499.2	2658.8	2587.2	2577.3

Tabel 6. Daya Keluaran Tiap String dalam Kelompok Inverter 3

Waktu	S11	S12	S13	S14
09:00	2305.7	2277.7	1863.9	1827.4
10:00	2611.4	2599.9	2438.2	2028.3
11:00	2476.9	2653.2	1471.2	2039.4
12:00	<b>3609.1</b>	<b>3208.1</b>	<b>2672.9</b>	<b>2454.9</b>
13:00	3182.4	2608.1	2120.4	2267.3
14:00	1673.3	1846.4	1791.8	1788.7

Dari tabel-tabel tersebut terlihat bahwa daya keluaran tiap panel surya tidak sama. Hal ini ditunjukkan oleh daya keluaran tiap string yang berbeda. Dari Tabel 7, string 8 menghasilkan daya maksimum tertinggi (81.3%), sedangkan string 14 menghasilkan daya maksimum terendah (51.1%). Perbedaan mutu material atau komponen, cara instalasinya, dan impedansi jaringan dapat menjadi faktor penyebabnya. Selain itu, perlu diamati lebih teliti kemampuan MPPT untuk menentukan titik kerja dari kurva i-v setiap panel surya [8].

Namun demikian, bila khusus diamati pada string 1 – 5, perbedaan besarnya daya keluaran tiap string relatif kecil. Demikian juga dengan string 6 – 10. Tergabungnya string 1 – 5 dan string 6 – 10 masing-masing pada panel DC Combiner dan inverter yang sama memungkinkan mereka bekerja pada

titik operasi yang relatif sama dan besarnya impedansi rangkaian yang relatif sama juga.

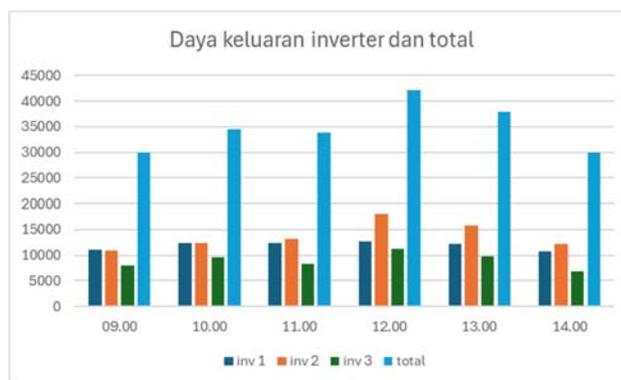
Tabel 7. Daya Keluaran Maksimum Tiap String

String	Maksimum produksi (%)
1	53.9
2	53.3
3	54.4
4	56.7
5	57.2
6	78.2
7	75.5
8	81.3
9	75.6
10	75.4
11	75.2
12	66.8
13	55.7
14	51.1

Selanjutnya, daya tiap inverter dan daya total PLTS yang dihasilkan setiap jam dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 6. Karena daya keluaran tiap string tidak sama, maka daya keluaran inverter 1 dan 2 juga tidak sama. Untuk inverter 3, dayanya lebih kecil karena hanya terdiri dari 4 string.

Tabel 8. Daya Keluaran Tiap Inverter dan Daya Total

Waktu	Inv. 1 (W)	Inv. 2 (W)	Inv. 3 (W)	P_total (Inv. 1 + 2 + 3)
09:00	11050.1	10872.8	7994.7	29917.6
10:00	12370.2	12432.9	9516.5	34319.6
11:00	12331.5	13212.2	8320.7	33864.4
12:00	12730.9	18011.2	11410.3	42152.4
13:00	12260.7	15751.7	9858.2	37870.6
14:00	10818.3	12220.6	6850.2	29889.1



Gambar 6. Daya Keluaran Tiap Inverter dan Daya Total

Daya total PLTS berfluktuasi selama jam 09.00 – 14.00. Hal ini dipengaruhi perbedaan radiasi matahari, termasuk juga keadaan cuaca dan lokasi. Produksi daya listrik PLTS

maksimum sebesar 42152.4W atau 62.7% dari daya beban terpasang, dan terjadi pada jam 12.00.

#### IV. KESIMPULAN

PLTS On-Grid untuk gedung ICT Undana berkapasitas 67.2kWp yang terdiri dari panel surya 200Wp sejumlah 336 lembar, 3 unit inverter on-grid berkapasitas 25kW, 25kW dan 20kW dan didukung oleh panel DC Combiner dan panel AC Combiner. Rangkaian PLTS disusun menjadi 14 string, yang mana setiap string terdiri dari 24 panel surya. Inverter 1 terhubung dengan 5 string; inverter 2 terhubung dengan 5 string; inverter 3 terhubung dengan 4 string. PLTS ini berhasil terhubung ke jaringan listrik (grid) melalui panel utama tegangan rendah (LVMDP). Dari instalasi PLTS ini, total daya keluaran maksimumnya sebesar 42152.4W atau 62.7% dari daya beban terpasang, dan terjadi pada jam 12.00.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada pihak Universitas Nusa Cendana dan PT. Sinar Duta Teknik, Kupang yang memungkinkan observasi PLTS ini dapat terlaksana.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Patel, Mukund R., *Wind and Solar Power Systems: Design, Analysis, and Operation*, CRC Press Taylor & Francis, 2nd. ed., 2006
- [2] Castaner, L., and Silvestre, S., *Modeling Photovoltaic System using Pspice*, John Willey & Sons, 2002.
- [3] Rahman, R., *Analisis perencanaan pembangkit listrik tenaga surya offgrid untuk rumah tinggal di kota Banjarbaru*, Jurnal EEICT, vol. 4, no. 1, p.1-9, 2021.
- [4] Pramudita, B. A., Aprillia, B. S., dan Ramdhani, M., *Analisis Ekonomi on Grid PLTS untuk Rumah 2200 VA*, Jurnal Listrik, Instrumentasi Dan Elektronika Terapan (JuLIET), vol. 1, no. 2, p.23-27, 2021
- [5] Tanoto, Y., Marvel, C., and Tumbelaka, H. H., *KawanSurya: an Android-based mobile app for assessing the techno-economic potential of rooftop photovoltaic*, Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, vol. 14, no. 1, p.31-42, 2025
- [6] Sampeallo, A. S., Galla, W. F., dan Mbakurawang, F., *Analisis kinerja PLTS 25 kWp di gedung laboratorium riset terpadu lahan kering kepulauan undana terhadap variasi beban*, Jurnal Media Elektro, vol. 7, no. 1, p.13-21, 2018.
- [7] Haerurrozi, A. Natsir, dan Sultan, *Analisis Unjuk Kerja PLTS OnGrid di Laboratorium Energi Baru Terbarukan (EBT) Universitas Mataram*, J. Chem. Inf. Model., vol. 53, no. 9, p.1689–1699, 2019.
- [8] Tumbelaka, H. H., *Integrasi filter daya aktif dan transfer energi surya dengan menggunakan inverter*, Petra Press, 2017.