

SKRIPSI

PERENCANAAN PLTS ATAP *OFF-GRID* DI PT. TIRTA
SAMUDRA BALI MENGGUNAKAN SUNNY DESIGN



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Anak Agung Gede Agung Pradnyana Putra

NIM. 2215374003

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2023

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI

PERENCANAAN PLTS ATAP *OFF-GRID* DI PT. TIRTA SAMUDRA BALI MENGGUNAKAN SUNNY DESIGN

Oleh :

Anak Agung Gede Agung Pradnyana Putra

NIM. 2215374003

Skripsi ini telah melalui Bimbingan dan Pengujian Hasil, disetujui untuk diujikan pada Ujian Skripsi di

Program Studi D4 Teknik Otomasi
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, 18 - 08 - 2023

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1:



Ir. I Wayan Raka Ardana, S., MT.
NIP. 196705021993031005

Dosen Pembimbing 2:



Ir. I. Bagus. Ketut Sugirianta, MT.
NIP. 196606161993031003

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PERENCANAAN PLTS ATAP *OFF-GRID* DI PT. TIRTA SAMUDRA BALI MENGGUNAKAN SUNNYDESIGN

Oleh :

Anak Agung Gede Agung Pradnyana Putra

NIM. 2215374003

Skripsi ini sudah melalui Ujian Skripsi pada tanggal 22-08-22,
dan sudah dilakukan Perbaikan untuk kemudian disahkan sebagai Skripsi
di

Program Studi D4 Teknik Otomasi
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, 11-09..... 2022

Disetujui Oleh :

Tim Penguji :

1. Dr. Ir. I Wayan Jondra, M.Si.
NIP. 196807061994031003

2. Ir. I Ketut Suryawan, MT.
NIP. 196705081994031001

Dosen Pembimbing :

1. Ir. I Wayan Raka Ardana, S., MT.
NIP. 196705021993031005

2. Ir. I Bagus. Ketut Sugirianta, MT.
NIP. 196606161993031003

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. I Wayan Raka Ardana, MT.
NIP. 196705021993031005

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa Skripsi dengan judul:

PERENCANAAN PLTS ATAP OFF-GRID DI PT. TIRTA SAMUDRA BALI MENGUNAKAN SUNNYDESIGN

adalah asli hasil karya saya sendiri.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah Skripsi ini tidak terdapat karya orang lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar di suatu perguruan tinggi, dan atau sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah Skripsi ini, dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila saya melakukan hal tersebut di atas, dengan ini saya menyatakan menarik Skripsi yang saya ajukan sebagai hasil karya saya.

Bukit Jimbaran, 11 - 09 - 2023 .

Yang menyatakan



Anak Agung Gede Agung Pradnyana Putra

NIM. 2215374003

ABSTRAK

Penelitian ini membahas perencanaan sistem PLTS Off-Grid di PT. Tirta Samudra Bali berdasarkan data meteorologi dan profil beban energi. Data rata-rata iradiasi matahari sebesar 5,325 kWh/m²/day digunakan dalam perencanaan PLTS Off Grid, untuk menghitung kapasitas baterai yang diperlukan untuk mensuplai energi pada malam hari. Sebuah inverter GoodWee GW29.9K-ET dengan daya 29,9kW dipilih untuk memenuhi kebutuhan energi. Hasil perhitungan panel surya menyatakan bahwa diperlukan 122 panel surya Maysun MS510MB-50H dengan daya total 44.860,62Wp.

Selama satu tahun, produksi energi matahari bervariasi dengan total produksi energi matahari selama satu tahun adalah sekitar 99.412kWh. Sebagian besar energi ini digunakan langsung, sementara sebagian disimpan dalam baterai dengan kapasitas 11 baterai dihubung seri untuk penggunaan berikutnya.

Dalam analisis anggaran biaya, investasi awal proyek diperkirakan sekitar Rp. 953.346.518 dengan biaya operasional dan pemeliharaan sekitar Rp. 7.513.944 per tahun, dan umur proyek selama 25 tahun. Dengan perbandingan tarif listrik PLN sebesar Rp. 972 per kWh, analisis ekonomi menunjukkan bahwa proyek ini mungkin tidak menguntungkan, dengan Net Present Value (NPV) sekitar minus Rp. 256.693.242 dan Profitability Index (PI) sebesar 0,491.

Kata kunci : PLTS, *Off-Grid*, NPV, Panel Surya , SunnyDesign

ABSTRACT

This research discusses the planning of an Off-Grid Solar Power System at PT. Tirta Samudra Bali based on meteorological data and energy load profiles. An average solar irradiance data of 5.325 kWh/m²/day is used in the Off-Grid Solar Power System planning to calculate the required battery capacity to supply energy during the night. A GoodWe GW29.9K-ET inverter with a capacity of 29.9 kW is selected to meet the energy requirements. The solar panel calculation results indicate that 122 Maysun MS510MB-50H solar panels with a total capacity of 44,860.62 Wp are needed.

Over the course of one year, solar energy production varies, with a total annual solar energy production of approximately 99,412 kWh. Most of this energy is used directly, while some is stored in batteries for later use.

In the cost analysis, the initial project investment is estimated at around Rp. 953,346,518 with operational and maintenance costs of approximately Rp. 7,513,944 per year, and a project lifespan of 25 years. Considering the PLN electricity tariff rate of Rp. 972 per kWh, the economic analysis indicates that this project may not be profitable, with a Net Present Value (NPV) of approximately minus Rp. 256,693,242 and a Profitability Index (PI) of 0.491

Keywords: PV System, Off-Grid, NPV, Solar Panels, SunnyDesign.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Tuhan Yang Maha Esa, karena atas karunia-Nya Skripsi yang berjudul Perencanaan PLTS Atap Off-Grid Di Pt. Tirta Samudra Bali Menggunakan Sunnydesign ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu.

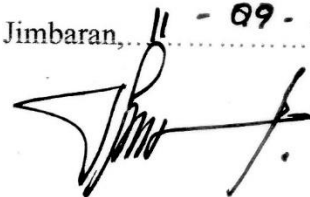
Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi baik secara teknis maupun non teknis dalam pelaksanaan praktikum maupun dalam penulisan laporan ini, yaitu kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE, M.eCom selaku Direktur Politeknik Negeri Bali
2. Bapak Ir. I Wayan Raka Ardana, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
3. Bapak I Made Aryasa Wiryawan, ST, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik
4. Bapak Ir. I Wayan Raka Ardana, S., MT. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, arahan dan masukan yang sangat bermanfaat dalam penulisan Skripsi ini
5. Bapak Ir. I. Bagus. Ketut Sugirianta, MT. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan dan masukan yang sangat bermanfaat dalam penulisan Skripsi ini
6. Orang tua penulis yang banyak memberikan dukungan baik secara moril maupun materi kepada penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.
7. Rekan-rekan dan seluruh pihak yang telah membantu dalam menyusun Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, sehingga kritik dan saran dari berbagai pihak yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Politeknik Negeri Bali khususnya, dan pembaca pada umumnya

Bukit Jimbaran, - 09 - 2023



Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II	4
2.1. Penelitian Sebelumnya	4
2.2. Landasan Teori.....	4
2.2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	4
2.2.2. Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi.....	5
2.2.3. Pengaruh Sudut.....	6
2.2.4. Sistem PLTS Off-Grid	8
2.2.5. Sel Surya.....	10
2.2.6. Inverter.....	14
2.2.7. Combiner Box.....	16
2.2.8. MCB (Miniature Circuit Breaker)	17
2.2.9. SPD (Surge Protection Device)	21
2.2.10. Menentukan Rating Pengaman.....	22
2.2.11. Penghantar	23

2.2.12.	Daya Listrik	28
2.2.13.	Baterai.....	29
2.2.14.	State of Charge (SoC).....	32
2.2.15.	Audit Energi.....	32
2.2.16.	Analisis Ekonomis	35
2.2.17.	Survey dan Pemetaan.....	39
2.2.18.	Aspek Teknis.....	39
2.2.19.	Sunny Design.....	40
BAB III	41
3.1.	Tempat Penelitian	41
3.2.	Metodologi.....	41
3.3.	Pengambilan Data.....	41
3.4.	Diagram Alir	43
3.5.	Rancangan Teknis	45
3.6.	Analisa Yang Digunakan	45
3.7.	Hasil Yang Di Harapkan	46
BAB IV	47
4.1.	Perencanaan PLTS PT. Tirta Samudra Bali	47
4.1.1.	Data Radiasi Matahari di PT. Tirta Samudra Bali	47
4.1.2.	Profil Beban PT. Tirta Samudra Bali	48
4.1.3.	Pemilihan Dan Perhitungan Kapasitas Baterai.....	49
4.1.4.	Pemilihan Inverter	50
4.1.5.	Instalasi Baterai Pada Inverter Hybrid.....	51
4.1.6.	Pemilihan Dan Perhitungan Panel Surya.....	52
4.1.7.	Faktor Yang Mempengaruhi Efisiensi dan Output Panel Surya	53
4.1.8.	Menghitung Jumlah Panel Surya	55
4.1.9.	Perhitungan Daya yang Dibangkitkan PLTS	56
4.1.10.	Perhitungan VocMax, VmppMin, dan IscMax	56
4.1.11.	Perhitungan Sistem Proteksi	58
4.1.12.	Perhitungan Pemilihan Kabel	59

4.2.	Hasil Perencanaan Dan Simulasi Sunny Design	60
4.2.1.	Daya Yang Dibangkitkan PLTS	60
4.2.2.	Hasil Simulasi Perencanaan Dan Layout.....	61
4.3.	Analisa Ekonomis PLTS Off-Grid.....	63
4.3.1.	Pengeluaran	64
4.3.2.	Biaya Pergantian Komponen Inverter dan Baterai	64
4.3.3.	Life Cycle Cost (LLC).....	64
4.3.4.	Rekapitulasi Analisa Ekonomi.....	65
4.3.5.	Net Present Value (NPV)	65
4.3.6.	Profitability Index (PI).....	67
BAB V	68
DAFTAR PUSTAKA	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sorotan radiasi dan sebaran yang mengenai permukaan bumi	6
Gambar 2. 2 Sudut azimuth dan sudut tilt	7
Gambar 2. 3 Sudut Latitude dan sudut Longitude	7
Gambar 2. 4 Sudut Deklinasi	8
Gambar 2. 5 Skema PLTS Off-Grid.....	10
Gambar 2. 6 Konfigurasi Modul Surya	11
Gambar 2. 7 Prinsip kerja sel surya	12
Gambar 2. 8 Bentuk gelombang keluaran inverter	15
Gambar 2. 9 Block Diagram Inverter	15
Gambar 2. 10 Efisiensi Inverter	16
Gambar 2. 11 Combiner Box	17
Gambar 2. 12 MCB AC	18
Gambar 2. 13 Karakteristik MCB AC	18
Gambar 2. 14 MCB DC	19
Gambar 2. 15 Karakteristik MCB DC	20
Gambar 2. 16 SPD DC.....	21
Gambar 2. 17 SPD AC	22
Gambar 2. 18 Kabel Pengantar	25
Gambar 2. 19 Baterai Lithium Ion.....	31
Gambar 2. 20 Baterai Timbal.....	31
Gambar 2. 21 Baterai Li-po (lithium Polymer)	32
Gambar 3. 1 Diagram Alir	43
Gambar 4. 1 Grafik global radiasi	47
Gambar 4. 2 Grafik ambient temperature	47
Gambar 4. 3 Dimensi Panel Surya.....	52
Gambar 4. 4 Produksi bulanan hasil dari simulasi Sunny Design	60
Gambar 4. 5 Ringkasan hasil simulasi dari Sunny Design	61
Gambar 4. 6 Layout peletakan Panel surya pada atap	61
Gambar 4. 7 Wiring Diagram PLTS Off Grid PT. Tirta Samudra Bali.....	62
Gambar 4. 8 Layout tata letak inverter dan equipment lainnya.....	62
Gambar 4. 9 Layout 3D penempatan equipment	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 KHA kabel terus menerus	25
Tabel 2. 2 Nomenklatur Kabel dari lampiran C PUIL 2000	26
Tabel 3. 1 Data Tempat Penelitian	41
Tabel 4. 1 Hasil konversi data global radiasi dan suhu menggunakan software GetData	48
Tabel 4. 2 Profil beban pada PT. Tirta Samudra Bali.....	48
Tabel 4. 3 Spesifikasi Baterai.....	49
Tabel 4. 4 Spesifikasi Inverter GW 29,9K-ET	51
Tabel 4. 5 Spesifikasi Panel Surya.....	52
Tabel 4. 6 Rekapitulasi faktor yang mempengaruhi daya output PLTS.....	55
Tabel 4. 7 Daya yang dibangkitkan selama setahun	60
Tabel 4. 8 Rencana Anggaran Biaya PLTS Off-Grid.....	63
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Analisa Ekonomi dan perhitungan menggunakan Excel.....	65
Tabel 4. 10 Net Present Value(NPV)	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bertambahnya tahun diiringi dengan bertambahnya konsumsi listrik, menurut laporan dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, konsumsi listrik per kapita di Indonesia mencapai 1.173 kWh/kapita pada tahun 2022, yang merupakan rekor tertinggi dalam lima dekade terakhir,[1], [2] Tingkat konsumsi ini meningkat sekitar 4,45% dibandingkan dengan tahun 2021, Rata-rata konsumsi listrik per orang di Indonesia hampir selalu meningkat setiap tahun, kecuali pada tahun 1973, 1976, dan 1998 ketika mengalami penurunan. Pemerintah bertujuan untuk meningkatkan konsumsi listrik menjadi 1.336 kWh/kapita, pada akhir tahun 2023 dan telah menyiapkan beberapa strategi untuk mendorong hal ini, seperti memastikan ketersediaan listrik 24 jam sehari di seluruh negeri.[2]

Pada tahun 2025 Indonesia memiliki target penggunaan energi baru terbarukan (EBT) sebesar 23%, Saat ini, capaian EBT dalam bauran energi pembangkit listrik sudah mencapai 14%. Untuk mencapai target tersebut, pemerintah perlu melakukan upaya yang konkrit dan terencana, dan langkah yang diambil adalah Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS): Rencana pengembangan PLTS mencakup pengembangan PLTS Atap dengan target 3,61 gigawatt (GW) pada tahun 2025.[3] Pergub Bali No.45 tahun 2019 menyebutkan pengembangan energi terbarukan di Bali salah satunya menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap menggunakan modul Hal ini menunjukkan adanya peraturan yang mendorong penggunaan PLTS pada industri di Bali.Peraturan Daerah (Perda) Provinsi Bali Nomor 9 Tahun 2020 tentang Rencana Umum Energi Daerah Provinsi Bali juga mencakup penggunaan energi terbarukan pada sektor industri. Perda ini menyebutkan bahwa sumber energi terbarukan termasuk dalam rencana umum energi daerah Bali

PT. Tirta Samudra Bali merupakan sebuah perusahaan yang berspesialis bergerak pada bidang ekspor karang / *coral* dan ikan laut di Bali – Indonesia. Mengingat bahwa jenis usaha ini merupakan biota laut yang hidup sehingga membutuhkan perlakuan khusus demi keberlangsungan sarana pendukung untuk memastikan hidup karang laut harus tetap handal beroperasi sehingga dibutuhkan alternatif lainnya sebagai sumber energi Ketika PLN mengalami gangguan.

Solusi terhadap permasalahan di PT. Tirta Samudra Bali adalah dilakukannya pemanfaatan energi baru terbarukan, sehingga kehadiran *green energy* khususnya yang bersumber dari energi matahari yang melimpah dapat dijadikan solusi untuk memenuhi kebutuhan energi yang diperlukan melalui penggunaan PLTS.

Kondisi bangunan utama PT. Tirta Samudra Bali dengan luas 330m² dan memiliki atap dengan rangka baja seluas 432,4m², serta di *supply* energi utamanya bersumber dari PLN sebesar 53kV. Lokasi PT. TSB yang berlokasi di Bali ini memiliki rata-rata pancaran sinar matahari sebesar 5,3 kWh/m². Dengan penggunaan modul photovoltaic yang akan diletakkan pada atap bangunan maka tidak perlu adanya pembahasan lahan maupun persiapan lahan lagi. Dengan desain PLTS ini dilakukan dengan cara mengkombinasikan dengan listrik PLN.

Berdasarkan dari uraian di atas, penelitian ini akan membahas tentang perencanaan PLTS Atap *Off-Grid* di PT. Tirta Samudra Bali dengan *web software SunnyDesign* yang didasari dari target penggunaan energi baru terbarukan serta penggunaan atap bangunan sebagai tempat pembangkit listrik.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan di atas, maka dapat di ambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah perencanaan PLTS *Off-Grid* pada PT. Tirta Samudra Bali?
2. Berapakah potensi energi yang akan dihasilkan PLTS *Off-Grid* pada atap PT. Tirta Samudra Bali?
3. Bagaimana kelayakan investasi perencanaan PLTS *Off-Grid* pada atap PT. Tirta Samudra Bali?

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dilakukan lebih fokus dan mendalam, maka ada beberapa Batasan masalah yang akan menjadi ruang lingkup penelitian ini yaitu :

1. Pada penelitian ini beban yang akan di suplai oleh PLTS akan dibatasi pada beban pompa sirkulasi
2. Software yang digunakan pada penelitian ini adalah Sunny Design.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui kapasitas PV yang akan dipasang untuk memenuhi daya beban yang terpasang.

2. Mengetahui biaya dan kelayakan investasi pada pengadaan PLTS Atap Off-Grid di PT. Tirta Samudra Bali.
3. Dapat mengurangi tagihan biaya listrik di PT. Tirta Samudra Bali.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang didapat dengan adanya penelitian ini adalah

1. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam realisasi pembangunan PLTS di PT. Tirta Samudra Bali.
2. Meningkatkan peran industri dan pemerintah dalam pemanfaatan energi baru terbarukan.
3. Ikut peran serta dalam mensukseskan target penggunaan energi baru terbarukan yang di tetapkan oleh pemerintah.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan data meteorologi dan profil beban yang diberikan, perencanaan sistem PLTS rooftop untuk PT. Tirta Samudra Bali di lokasi mereka di Bali telah dilakukan dengan teliti. Data rata-rata iradiasi matahari sebesar 5,325 kWh/m²/day dan profil beban pemakaian energi telah diambil sebagai dasar perhitungan. Dengan baterai CYCLENPO 48V 200Ah yang memiliki umur lebih dari 6000 siklus atau sekitar 16,4 tahun, kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk mensuplai pompa selama 1 malam adalah sekitar 2200Ah atau 105600Wh. Pemilihan inverter GoodWee GW29.9K-ET dengan daya 29.9 kW telah dipertimbangkan untuk memenuhi kebutuhan energi. Selain itu, perhitungan panel surya telah dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti efisiensi panel, suhu, dan faktor-faktor lingkungan lainnya. Hasilnya, diperlukan 122 panel surya Maysun MS510MB-50H dengan daya total 44.860,62 Wp
2. Dalam satu tahun, produksi energi matahari bervariasi, dengan puncaknya terjadi pada bulan Oktober sebesar 9476 kWh dan terendah pada bulan Januari sebesar 7.070 kWh. Total produksi energi matahari selama satu tahun adalah sekitar 99412 kWh. Dari jumlah tersebut, sekitar 47277 kWh digunakan secara langsung, sementara sekitar 23182 kWh energi matahari dikonsumsi untuk kebutuhan lain. Selain itu, sekitar 24095 kWh energi matahari disimpan secara sementara dalam baterai. Kesimpulannya, panel surya dalam simulasi Sunny Design menghasilkan energi matahari yang bervariasi selama satu tahun, dengan sebagian besar digunakan secara langsung dan sebagian lainnya disimpan dalam baterai untuk penggunaan berikutnya.
3. Berdasarkan analisis anggaran biaya, perhitungan pengeluaran, dan analisis ekonomi yang telah dilakukan untuk proyek PLTS Atap Off Grid di PT. Tirta Samudra Bali, dapat diambil beberapa kesimpulan penting. Proyek ini memerlukan investasi awal sekitar Rp. 953.346.518 untuk membeli komponen-komponen utama seperti panel surya, inverter, baterai, dan peralatan lainnya. Biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M) diestimasi sekitar Rp. 7.513.944 per tahun, dan proyek diasumsikan memiliki umur selama 25 tahun. Namun, dengan tarif listrik PLN sebesar Rp. 972 per kWh, analisis menunjukkan bahwa proyek ini mungkin tidak menguntungkan dengan Net

Present Value (NPV) sekitar minus Rp. 256.693.242 dan Profitability Index (PI) sebesar 0,491.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian di atas, penulis memberikan saran agar dapat dijadikan pertimbangan lebih lanjut dalam upaya pengembangan penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini menggunakan perhitungan teoritis dan 1 *software* yaitu SunnyDesign, kedepannya diharapkan dapat menggunakan beberapa *software* perencanaan PLTS untuk mendapatkan data yang lebih konsisten.
2. Jika perencanaan ini di implementasikan di PT Tirta Samudra Bali yang berlokasi di pinggir pantai, perlu adanya analisa terhadap lingkungan yang dapat mempengaruhi produksi energi dari PLTS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Monavia Ayu Rizaty. (2023). Konsumsi Listrik Per Kapita Di Indonesia Naik 4,45% Pada 2022,” *Dataindonesia.Id*,
- [2] Adi Ahdiat. (2023). Konsumsi Listrik Penduduk Indonesia Naik Pada 2022, Capai Rekor Baru. *Databoks.Katadata.Co.Id*.
- [3] Humas EBTKE. (2018). Menteri ESDM: Perlu Upaya Konkrit Dan Terencana Capai Target Bauran 23% Di Tahun 2025.
- [4] R. Ramadhana Dan Muh. Iqbal. (2022). Analisis PLTS On Grid. Makassar.
- [5] M. SIMAMORA. (2016). Estimasi Potensi Radiasi Sinar Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. Medan.
- [6] M. Helmi Dan D. Fitra. (2019). Optimalisasi Radiasi Sinar Matahari Terhadap Solar Cell. *Jurnal Desiminasi Teknologi*.
- [7] N. Pramesti Sartono *Dkk*. (2021). Pengaruh Perbedaan Posisi Sudut Kemiringan Panel Surya 120Watt Peak Terhadap Peningkatan Efisiensi.
- [8] A. Hasanah, T. Koerniawan, Dan Yuliansyah. (2018). Kajian Kualitas Daya Listrik Plts Sistem Off-Grid Di STT-PLN. *Jurnal Energi & Kelistrikan*. (Vol. 10, No. 2.)
- [9] M. Sitohang. (2019). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-Grid System. Riau.
- [10] E. Franklin. (2019). Calculations For a Grid-Connected Solar Energy System.
- [11] F. S. Putri, S. P. Mursid, Dan A. Daud. (2022). Rancang Bangun Plts Kapasitas 50 Wp Menggunakan Reflektor Untuk Meningkatkan Efisiensi Panel Surya.
- [12] S. Wibowo. (2022). Analisis Output Daya Listrik Menggunakan Solar Reflector Pada Panel Surya Monocrystalline Dan Polycrystalline. Medan.
- [13] S. Panggabean, F. X. Setyawan, Dan S. Alam. (2017). Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Teknik High Voltagepwm (Pulse Width Modulation). *Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*. (Vol. 11, No. 2, pp. 72–80).
- [14] N. Hajir. (2021). Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Dengan Sistem Hybrid Di Pt Koloni Timur. Semarang.

- [15] Alayubby, M. F. (2022). Analisa Pengaruh Efek Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Panel Surya Off Grid Type Monocrystalline Berbasis Pulse Width Modulation (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- [16] Latifah, Irman, Dan Ruskardi, (2021). Penentuan Tipe Miniatur Circuit Breaker 4a untuk Instalasi rumah Tinggal Melalui Pengujian Kinerjanya. *ELITJOURNAL Electrotechnics And Information Technology*, (Vol. 2, No. 1, pp. 43–51).
- [17] J. E. P. Nascimento, F. R. Pinto, D. B. De Alencar, Dan G. De F. Lopes. (2019). Electrical Surge Protection Device (SPD): An Alternative to Reduce Material Loss. *Int J Innov Educ Res*, (Vol. 7, No. 11, pp. 432–440).
- [18] Littlefuse. (2019). SURGE PROTECTION FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS APPLICATION GUIDE.
- [19] PUIL. (2016). Keselamatan Dan Pemasangan Instalasi Listrik Voltase Rendah Untuk Rumah Tangga.
- [20] J. Windarta, E. Wista Sinuraya, I. Muammar Yusuf, Dan D. Mahardhika. (2020). Pengujian Dan Implementasi PLTS Sistem On Grid 1200Wp Di BPR BKK Mandiraja Cabang Wanayasa Testing and Implementation Of 1200Wp Rooftop On Grid PLTS At BPR BKK Mandiraja Wanayasa Branch. Dalam *Pembangunan Hijau Dan Perizinan: Diplomasi, Kesiapan Perangkat Dan Pola Standarisasi*. (pp. 78–90).
- [21] D. Putra Dan R. Mukhaiyar. (2020). Monitoring Daya Listrik Secara Real Time. *Jurnal Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika*. (Vol. 8, No. 2, pp. 26–34).
- [22] A. Dani Dan M. Hasanuddin. (2018). Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif. *Seminar Nasional Royal (SENAR)*. (pp. 673–678).
- [23] M. Otong Dan D. Aribowo. (2019). Perancangan Modular Baterai Lithium Ion (Li-Ion) Untuk Beban Lampu Led. *Jurnal Ilmiah Setrum Article in Press*. (Vol. 8, No. 2, pp. 260–273).
- [24] M. Nasution. (2021). Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik. *Journal Of Electrical Technology*. (Vol. 6, No. 1, pp. 35–40).

- [25] R. Firanda Dan D. M. Yuhendri. (2021). Monitoring State of Charge Accumulator Berbasis Graphical User Interface Menggunakan Arduino.
- [26] D. Sri Indarto. (2019). Audit Energi Di Pt Nasmoco Majapahit. Semarang.
- [27] A. Asrori, A. F. Ramdhani, P. W. Nugroho, Dan I. H. Eryk. (2022). Kajian Kelayakan Solar Rooftop On-Grid Untuk Kebutuhan Listrik Bengkel Mesin Di Polinema. *Elkomika: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*. (Vol. 10, No. 4, pp. 830).
- [28] Y. Adi Nugroho. (2016). Analisis Tekno-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Pt Pertamina (Persero) Unit Pengolahan Iv Cilacap. Surabaya.
- [29] Y. Satria Putra Dan R. Adriat. (2022). Pemetaan Dan Estimasi Potensi Energi Matahari Di Kota Pontianak. *PRISMA FISIKA*, (Vol. 10, No. 3, pp. 285–290).
- [30] Rafli, J. Ilham, Dan S. Salim. (2022). Perencanaan Dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop Pada Gedung Fakultas Teknik UNG. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*. (Vol. 4, No. 1, pp. 8–15).
- [31] S. A. Solar Technology. (2022). User Manual - SUNNY DESIGN.