

**STUDI KELAYAKAN TEKNIS DAN EKONOMIS
PLTS TERAPUNG DI WADUK PLTA Ir PM NOOR
PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

APRYANTO REDYANA

NIM. 2315374072

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis studi kelayakan teknis dan nilai ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terapung yang diusulkan di lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Ir. PM Noor. Berdasarkan pengukuran menggunakan Google Earth, area waduk tenang yang relevan memiliki luas 61.520m². Mengacu pada Peraturan Menteri PUPR No. 6 Tahun 2020, luasan studi kelayakan PLTS Terapung dibatasi hingga 5% dari area waduk tenang, sehingga diperoleh area studi sebesar 3.076m². Dengan penggunaan 688 unit PV berkapasitas 665 Wp per unit, total kapasitas terpasang mencapai 450,64 kWp. Simulasi menggunakan Global Solar Atlas menunjukkan potensi pembangkitan energi tahunan sebesar 563.405 kWh. Perencanaan investasi untuk PLTS terapung ini diperkirakan sebesar Rp. 6.762.607.746. Dengan asumsi harga jual energi Rp. 1.444,7 per kWh, pendapatan tahunan yang dihasilkan diperkirakan mencapai Rp. 813.951.204. Analisis *Life Cycle Cost* (LCC) menunjukkan nilai Rp. 14.495.676.950, dengan *Cost of Energy* (COE) sebesar Rp. 1.777,78 per kWh. Evaluasi kelayakan ekonomi lebih lanjut dengan acuan faktor diskonto rata-rata sebesar 4,74% menunjukkan *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp. 242.866.499 (NPV > 0), *Payback Period* pada tahun ke 24 (lebih cepat dari umur perencanaan 25 tahun), dan *Profitability Index* (PI) sebesar 1.036 (PI > 1).

Kata Kunci: PLTS Terapung, PLTA Ir. PM Noor, Studi Kelayakan Teknis, Nilai Ekonomi, *Net Present Value*, *Payback Period*, *Profitability Index*.

ABSTRACT

This study analyzes the technical feasibility and economic value of a proposed Floating Solar Photovoltaic (PV) Power Plant (PLTS) at the Ir. PM Noor Hydropower Plant (PLTA) site. Based on Google Earth measurements, the relevant reservoir area spans 61,520 m². Adhering to Permen PUPR No. 6 of 2020, the study area for the Floating PLTS is limited to 5% of this water body, resulting in a study area of 3,076 m². Utilizing 688 PV units, each with a capacity of 665 Wp, the total installed capacity reaches 450.64 kWp. Simulations conducted using the Global Solar Atlas indicate a potential annual energy generation of 563,405 kWh. The estimated investment plan for this floating PLTS is Rp. 6,762,607,746. Assuming an energy selling price of Rp. 1,444.7 per kWh, the projected annual revenue is Rp. 813,951,204. A Life Cycle Cost (LCC) analysis yields a value of Rp. 14,495,676,950, with a Cost of Energy (COE) of Rp. 1,777.78 per kWh. Further economic feasibility evaluation, referencing average discount rate at 4.74, shows a Net Present Value (NPV) of Rp. 242,866,499 (NPV > 0), a Payback Period at 24 years investment (faster than the 25-year planning lifespan), and a Profitability Index (PI) of 1.036 (PI > 1).

Keywords: Floating Solar PV, Ir. PM Noor Hydropower Plant, Technical Feasibility Study, Economic Value, Net Present Value, Payback Period, Profitability Index.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul " Studi Kelayakan Teknis Dan Ekonomis PLTS Terapung Di Waduk Plta Ir Pm Noor Provinsi Kalimantan Selatan " sebagai salah satu syarat untuk kelulusan di Politeknik Negeri Bali. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Politeknik Negeri Bali, Jurusan Elektro, Progam studi Teknik Otomasi yang telah memberikan kesempatan, fasilitas, dan lingkungan akademik yang mendukung selama menempuh studi.
2. Bapak/Ibu Dosen Pengajar yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, dan bimbingan selama perkuliahan, sehingga penulis memiliki landasan kuat dalam menyelesaikan penelitian ini.
3. Bapak Dosen Pembimbing Skripsi, Ir. Ida Bagus Ketut Sugirianta, M.T. dan Dr. Ir. I Wayan Jondra, M.Si. yang dengan sabar dan teliti memberikan arahan, masukan, serta motivasi dalam penyusunan skripsi hingga selesai.
4. Keluarga Tercinta, terutama orang tua, my hummi, tete dan kaka, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat tanpa henti. Tanpa kalian, pencapaian ini tidak akan mungkin terwujud sekarang.
5. Rekan-rekan Mahasiswa, Teman, dan Sahabat kamus 1001 MULUP yang telah memberikan dorongan moral, diskusi ilmiah, serta kebersamaan selama masa studi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Energi Baru Terbarukan PLTS Terapung.

Akhir kata, penulis berharap semoga segala kebaikan dan pengorbanan dari semua pihak yang telah membantu mendapat balasan terbaik dari Allah SWT.

Balangan-Pulang Pisau, Agustus 2025

Apriyanto Redyana

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI	
ABSTRAK	
ABSTRACT	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	v
BAB I PENDAHULUAN	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 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Waduk	5
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terapung	5
2.3.1 Sel Surya (<i>Photovoltaic</i>)	6
2.3.1.1 Jenis Panel Surya	8
2.3.2 Inverter	10
2.3.3 Kabel	12
2.3.4 MCB	12
2.3.5 Arrester	14
2.3.6 Penangkal Petir	14
2.3.7 Sistem Pentanahan	15
2.3.8 Struktur Pengapungan (<i>Floater</i>)	19
2.3.9 Jenis Pengoperasian PLTS	20
2.4 Perhitungan Nilai Ekonomi	21
2.4.1 Life Cycle Cost (LCC)	21
2.4.2 Cost of Energy (COE)	22
2.5 Ekonomi Teknik	23
2.5.1 Analisa Ekonomi Teknik	24
2.6 Diagram Alir	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Lokasi Penelitian	27
3.2 Metode Penelitian	27
3.2.1 Sumber Data	28
3.2.2 Jenis Data	28
3.2.3 Teknik Pengumpulan Data	28
3.3 Tahapan Penelitian	32

3.3.1 Studi Literatur	32
3.3.2 Pengumpulan Data	32
3.4 Instrumen Penelitian	32
3.4.1 Global Solar Atlas	32
3.4.2 Google Earth	33
BAB IV PEMBAHASAN	34
4.1 Perencanaan Teknis	34
4.1.1 Luas Potensi PLTS Terapung	35
4.1.2 Perhitungan Jumlah Panel Surya	35
4.1.3 Perhitungan Jumlah Inverter	37
4.2 Perhitungan Potensi PLTS Terapung	40
4.3 Perhitungan Analisa Ekonomi Teknik	43
4.3.1 <i>Life Cycle Cost</i>	44
4.3.1.1 Rencana Anggaran Biaya	44
4.3.1.2 Biaya <i>Operation & Maintenance</i>	45
4.3.1.3 Biaya Penggantian (Replacement)	46
4.3.2 <i>Cost Of Energy</i>	47
4.3.3 <i>Net Present Value</i>	47
4.3.4 <i>Payback Period</i>	49
4.3.5 <i>Profitability Index</i>	49
BAB V KESIMPULAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 sistem PLTS Terapung ^[10]	6
Gambar 2.2 proses efek fotolistrik pada <i>photovoltaic</i> ^[13]	7
Gambar 2.3 bagian panel surya ^[14]	8
Gambar 2.4 silikon monocrystalline ^[5]	9
Gambar 2.5 silikon polycrystalline ^[15]	9
Gambar 2.6 modul surya amorfous ^[5]	10
Gambar 2.7 contoh konfigurasi penggunaan inverter ^[5]	10
Gambar 2.8 percobaan input Vdc terhadap Pout ^[17]	11
Gambar 2.9 komponen didalam MCB ^[19]	13
Gambar 2.10 bagian-bagian arrester ^[21]	14
Gambar 2.11 ilustrasi instalasi penangkal petir ^[23]	15
Gambar 2.12 sistem pembumian tunggal dan paralel ^[22]	15
Gambar 2.13 elektroda pembumian dipasang secara grid ^[22]	16
Gambar 2.14 skema pembumian elektroda di dalam perairan untuk PLTS terapung ^[25]	17
Gambar 2.15 temperatur terhadap kedalaman setiap musim ^[25]	17
Gambar 2.16 nilai resistansi elektroda pada setiap musim ^[25]	18
Gambar 2.17 jenis metode pembumian PLTS terapung (a) linear (b) quadrangle ^[25]	19
Gambar 2.18 (a) Modular raft, (b) Membranes, (c) Pure float ^[14]	19
Gambar 2.19 contoh jenis pengoperasian (a) <i>ongrid</i> dan (b) <i>offgrid</i> PLTS ^[13]	21
Gambar 2.20 arti bentuk diagram alir ^[29]	26
Gambar 3.1 lokasi waduk pada bendungan riam kanan	27
Gambar 3.2 tampilan web global solar atlas	33
Gambar 3.3 tampilan google earth	33
Gambar 4.1 waduk penenang riam kanan	34
Gambar 4.2 luasan area waduk area terbatas	35
Gambar 4.3 datasheet PV Trinasolar tier 1 tipe N	36
Gambar 4.4 layout PLTS terapung	37
Gambar 4.5 inverter SUN2000-330KTL-H1	38
Gambar 4.6 single line diagram PLTS terapung sampai ke Beban	40
Gambar 4.7 potensi energi matahari yang dibangkitkan pada lokasi PLTA Ir PM Noor	42
Gambar 4.8 potensi energi yang dapat dihasilkan oleh PLTS terapung	42
Gambar 4.9 layout perencanaan PLTS terapung	43

Gambar 4.10 skematik layout pada sistem PLTS terapung di lokasi _____ 43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 perbandingan efisiensi sel PV dan ketahanan umur ^[14]	8
Tabel 2.2 nomenklatur kabel ^[19]	12
Tabel 2.3 nilai inflasi	22
Tabel 2.4 nilai tingkat suku bunga Bank Indonesia	23
Tabel 4.1 data teknik waduk dan dam	34
Tabel 4.2 spesifikasi panel surya Trina Solar 665 Wp	36
Tabel 4.3 spesifikasi inverter SUN2000-330KTL-H1	38
Tabel 4.4 periode garansi inverter	39
Tabel 4.5 konfigurasi jumlah PV pada MPPT inverter	39
Tabel 4.6 rincian anggaran biaya investasi awal PLTS terapung	44
Tabel 4.7 biaya <i>operation</i>	45
Tabel 4.8 biaya <i>maintenance</i>	46
Tabel 4.9 Biaya O&M selama 25 Tahun	46
Tabel 4.10 biaya penggantian	47
Tabel 4.11 perhitungan net present value	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data PUPR Pusat Data dan Teknologi Informasi (Pusdatin) yang dikelola oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat terdapat total 215 bendungan di 17 Provinsi per tahun 2023 ^[1]. Dan adanya keputusan perubahan pertama aturan Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRT/M/201 menjadi Peraturan Menteri PUPR Nomor 6 Tahun 2020 Pasal 105 ayat 3 yang mencangkup penambahan fungsi waduk sebagai PLTS Terapung serta memiliki luasan maksimal sebesar 5% dari luas permukaan genangan waduk pada muka air normal ^[2].

Dengan telah ditetapkannya peraturan tersebut setiap bendungan yang dimiliki Pemerintah Indonesia memiliki potensi pemanfaatan untuk pembangkitan energi baru terbarukan baik PLTA, PLTM, PLTMH, dan PLTS terapung. Ini sejalan dengan komitmen pemerintah dalam menjalankan UU Nomor 16 Tahun 2016 terdapat komitmen bersama mengenai Pengesahan *Paris Agreement to the united nations framework convention on climate change* atau persetujuan paris atas konvensi kerangka kerja perserikatan bangsa bangsa mengenai perubahan iklim sehingga disepakati atas *Nationalli Detemined Contribution* (NDC), di tuangkan oleh PLN pada RUPTL 2021-2030 sebagai BUMN yang memegang mandat dari pemerintah untuk bisa menekan efek gas rumah kaca sebesar 29% pada tahun 2030 dengan menargetkan bauran energi EBT minimal sebesar 23% atau 10,6 GW hingga tahun 2025 ^[3].

Berjarak 25 Kilometer dari Kota Banjarbaru Kabupaten Banjar terdapat bendungan Riam Kanan yang tepatnya berada di Desa Tiwingan Lama, Kecamatan Aranio dengan luas area bendungan sebesar 9.730 hektar yang digunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Ir PM Noor. Pembentukan bendungan ini di prakarsai sejak tahun 1958 oleh gubernur pertama Kalimantan Selatan Ir. P.M Noor dan diselesaikan pada tahun 1973. Dalam pembangunan bendungan ini menenggelamkan sekitar 8 desa yang kemudian masyarakat tersebut berpindah kedataran yang lebih tinggi. Lokasi ini merupakan salah satu potensial pemanfaatan waduknya untuk digunakan sebagai PLTS Terapung dengan luas daerah aliran hujan sebesar 104,3 hektar. Volume waduk secara keseluruhan sebesar 1.200.000.000 m³ dengan volume waduk efektif sebesar 600.000.000 m³ serta mulai air terendah sebesar 53 meter dan mulai air tertinggi sebesar 60 meter dengan keadaan banjir tertinggi sebesar 63 meter.

Dengan latar belakang tersebut penulis melakukan penelitian potensi Pembangkitan Energi Listrik Tenaga Surya Terapung di lokasi PLTA Ir PM Noor, karena di lokasi tersebut merupakan satu-satunya bendungan yang dimiliki oleh pemerintah Indonesia di Provinsi Kalimantan Selatan yang difungsikan sebagai PLTA, penelitian, pendidikan dan wisata alam sehingga pemanfaatan sebagai PLTS terapung belum dilakukan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan potensi energi yang dihasilkan melalui PLTS pada lokasi waduk PM Noor, berikut rumusan masalah dalam pelaksanaan studi teknik dan ekonomi :

1. Bagaimanakah perencanaan PLTS terapung di area waduk PLTA Ir PM Noor ?
2. Berapakah nilai Cost Of Energy dari perencanaan PLTS terapung PLTA Ir PM Noor ?
3. Bagaimanakah kelayakan investasi pembangunan PLTS terapung di area waduk PLTA Ir PM Noor layak dilaksanakan ?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah yang mencakup pada pelaksanaan studi teknis dan ekonomis berikut batasan masalah yang akan dilakukan pada penelitian :

1. Perencanaan dan perhitungan sistem PLTS dilakukan dengan asumsi pada kondisi ideal berdasarkan hasil data observasi, wawancara dan data sekunder.
2. Perhitungan nilai komponen sistem PLTS didapatkan dari hasil referensi jurnal terkait dengan pendekatan spesifikasi yang serupa.
3. Perhitungan simulasi daya maksimum yang dapat dibangkitkan oleh PLTS dibatasi dengan mempergunakan data melalui *webpage* global solar atlas serta acuan Permen PUPR No 6 Tahun 2020 sebesar 5% dari luas waduk.
4. Perhitungan potensi energi yang bisa dibangkitkan oleh PLTS, dibatasi pada lifetime sistem pembangkit hanya sampai 25 tahun.
5. Analisa kelayakan investasi tidak memperhitungkan kemungkinan *force majeure* pada sistem PLTS.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah serta batasan masalah yang akan dilakukan pada penelitian ini, maka ditetapkan tujuan yang akan di capai, yakni :

1. Untuk dapat merancang perencanaan pembuatan PLTS terapung PLTA Ir PM Noor.

2. Untuk menganalisis nilai COE dari perancangan PLTS terapung di PLTA Ir PM Noor.
3. Untuk menganalisis kelayakan investasi pembangunan PLTS terapung PLTA Ir PM Noor.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil tujuan penelitian penulis berharap hasil yang berguna baik secara individu atau kelompok dengan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan gambaran secara umum peralatan dan teknis pelaksanaan perencanaan dalam pembangunan PLTS terapung.
2. Memberikan perhitungan secara ekonomi teknik menggunakan metode perhitungan nilai investasi sehingga dapat diketahui nilai proyek serta penentuan kelayakan pelaksanaan.

BAB V

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat dihimpun dari hasil perencanaan studi kelayakan teknis PLTS Terapung dan nilai ekonomi di lokasi PLTA Ir PM Noor adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan PLTS terapung di lokasi PLTA Ir PM Noor dapat dilaksanakan dengan pemasangan 688 unit PV sebesar 665 Wp/unit dengan kapasitas total PV terpasang sebesar 450,64 kWp, akan menghasilkan 563.405 kWh per tahunnya.
2. Dengan perencanaan ini menghasilkan nilai Cost Of Energy sebesar Rp 1.777,78 per Kwh nya, dengan acuan tarif dasar listrik rumah tangga daya 1,300 VA sebesar Rp. 1.444,70 per kWh terdapat selisih negatif dengan nilai COE sebesar Rp. -333,08 per kWh.
3. Dengan acuan BI Rate rata-rata tahun 2020-2024 atau bunga diskonto sebesar 4,74% didapatkan nilai *Net Present Value* sebesar Rp. 242.866.499 yakni $NPV > 0$, *Payback Period* dalam rentan waktu 24 tahun yakni lebih cepat dari lama jangka waktu umur perencanaan selama 25 tahun, dan *Profitability Index* sebesar 1,036 yakni $PI > 1$ sehingga pelaksanaan proyek perencanaan layak untuk dilaksanakan.

6.2 Saran

Adapun saran untuk meningkatkan studi dari hasil yang sudah dilaksanakan penulis, sebagai berikut :

1. Untuk studi dan perencanaan selanjutnya diharapkan dapat menghitung potensi PLTS terapung pada lokasi lainnya yang berpotensi dapat digunakan sebagai pembangkit energi bersih.
2. Perencanaan PLTS terapung ini dapat dilakukan dalam skala kecil maupun besar sehingga diharapkan menjadi bauran energi baru terbarukan yang paling dominan tumbuh dikarenakan berdampak positif juga pada area air itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, *Data direktorat bendungan dan danau, direktorat jenderal sumber daya air tahun 2023*. 2023. [Online]. Available: <https://data.pu.go.id/dataset/bendungan>. [Accessed: Jul. 14, 2024].
- [2] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), *Peraturan menteri PUPR no 6 tahun 2020*. 2020. [Online]. Available: www.peraturan.go.id.
- [3] Kementerian ESDM, Kementerian BUMN, dan PT PLN (Persero), **Rencana penyediaan umum tenaga listrik tahun 2021-2030**. 2021.
- [4] S. Yudistira et al., "Studi perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terpusat di pulau liukang loe desa bira kecamatan bontobahari kabupaten bulukumba," 2017.
- [5] N. Safitri and T. Riahayat, *Buku teknologi photovoltaic*. 2019. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/341909134>.
- [6] T. Artiningrum, J. Havianto, and U. W. Mukti, "Meningkatkan peran energi bersih lewat pemanfaatan sinar matahari," 2019.
- [7] I. N. Setiawan et al., "Perancangan PLTS terapung di bendungan sidan kabupaten badung," 2024.
- [8] T. G. Hidayat, "Perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga surya terapung berkapasitas 10 megawatt di waduk muara nusa dua," 2023.
- [9] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), *Peraturan menteri PUPR no 7 tahun 2023*. 2023.
- [10] A. Ghigo et al., "Design and analysis of a floating photovoltaic system for offshore installation: The case study of lampedusa," *Energies*, vol. 15, no. 23, p. 8804, Dec. 2022, doi: 10.3390/en15238804.
- [11] O. A. Hidayat, A. Ramdani, and S. L. Romadhoni, "Pembangunan pembangkit listrik tenaga surya di waduk cirata, kabupaten purwakarta," *J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 6, 2022.
- [12] E. Faizal, Y. A. Winoko, M. S. Mustapa, and M. Kozin, "Solar charger controller efficiency analysis of type pulse width modulation (PWM) and maximum power point tracking (MPPT)," *Asian J. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 90-99, Jan. 2023, doi: 10.51278/ajse.v1i2.546.
- [13] Y. A. Nugroho, "Analisis tekno-ekonomi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di PT Pertamina (Persero) unit pengolahan IV cilacap," Skripsi, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, 2016.
- [14] M. Aghaei et al., "Review of degradation and failure phenomena in photovoltaic modules," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 159, May 2022, doi: 10.1016/j.rser.2022.112160.
- [15] H. Hardani, D. J. Sukmana, and R. Fardani, *Buku metode penelitian kualitatif & kuantitatif*. 2020. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/340021548>.

- [16] T. Kristyadi, "Peluang pengembangan pembangkit listrik berbasis energi baru terbarukan di Indonesia," Mar. 2019.
- [17] F. P. Baumgartner, "EURO REALO inverter efficiency: DC-voltage dependency," 2005. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/237459166>.
- [18] M. Nasution, "Karakteristik baterai sebagai penyimpan energi listrik secara spesifik," 2021.
- [19] K. A. Pangestu, "Analisis teknis dan ekonomis perencanaan PLTS on grid di villa jai nema kerobokan dengan software Homer," Skripsi, Univ. Udayana, Bali, Indonesia, 2023.
- [20] E. H. Arya and Ermawati, "Perencanaan penangkal petir di gedung sekolah tinggi teknologi pekanbaru," 2021.
- [21] I. Hajar and E. Rahman, "Kajian pemasangan lightning arrester pada sisi HV transformator daya unit satu gardu induk teluk betung," *J. Tek. Elektro*, 2017.
- [22] Zainnuddin, "Perancangan lightning arrester sebagai sistem pengaman pada PLTS pematang johar," 2021.
- [23] Direktorat Jenderal EBTKE dan Kementerian ESDM, *Panduan perencanaan PLTS terapung*. 2021.
- [24] F. Agriyani and T. Tohir, "Perancangan dan pemasangan sistem pembumian untuk pengembangan laboratorium instalasi listrik politeknik negeri bandung," 2023. [Online]. Available: <https://www.hioki.com/sg-en/products/ground->.
- [25] B. G. Bhang et al., "Design methods of underwater grounding electrode array by considering inter-electrode interference for floating PVs," *Energies*, vol. 11, no. 4, Apr. 2018, doi: 10.3390/en11040982.
- [26] H. Maruta, "Analisis break even point sebagai dasar perencanaan laba bagi manajemen," 2014.
- [27] D. M. Giatman, *Ekonomi teknik*. Jakarta, Indonesia: Rajagrafindo Persada, 2011.
- [28] M. D. Abbas, R. Ashari, and N. S. I. Sari, "Studi perencanaan PLTS hybrid dengan penambahan sistem automatic transfer switch pada gedung kantor bupati sidenreng rappang," 2023.
- [29] I. Budiman et al., "Analisis pengendalian mutu di bidang industri makanan (studi kasus: UMKM mochi kaswari lampion kota sukabumi)," 2021.
- [30] Jondra, I. W., Suryawan, I. K., & I Putu Agus Satria Wibawa. (2025). «Fuse Memproteksi Inverter dan Baterai BESS dalam Sistem Distribusi Listrik». *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 14(2), 318–328. <https://doi.org/10.23887/jst-undiksha.v14i2.97954>