

Rancangan PLTS Hybrid 153,6 kWp pada Main Power House Bandara I Gusti Ngurah Rai

Moch Edy Saputro¹ Iwan Koswara² Yon Afonda³

Program Studi Diploma IV Teknik Listrik Bandara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug,
Tangerang, Banten, Indonesia^{1,2,3}

Email: putrosartika@gmail.com¹ iwan.koswara@ppicurug.ac.id² afondayon@gmail.com³

Abstrak

Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali memiliki kebutuhan energi listrik yang besar dan berlangsung hampir 24 jam, sementara PLTS yang telah terpasang di bandar udara baru mencapai 188 kWp dan belum menjangkau Gedung Main Power House (MPH) sebagai pusat distribusi daya. Penelitian ini bertujuan merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) hybrid untuk menyuplai beban non-operasional Gedung MPH sebesar 29,917 kW dengan kebutuhan energi harian 718,008 kWh. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) yang meliputi identifikasi potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain menggunakan perangkat lunak PVsyst, dan perbaikan desain. Rancangan menghasilkan PLTS berkapasitas 153,6 kWp yang terdiri atas 256 modul surya monocrystalline 600 Wp, solar charge controller MPPT 300 A, inverter hybrid 200 kW, dan bank baterai VRLA 12 V 200 Ah sebanyak 731 unit (43 seri × 17 paralel), terintegrasi dengan jaringan PLN melalui Change Over Switch (COS). Hasil simulasi menunjukkan energi yang dimanfaatkan beban sebesar 251.863 kWh/tahun dari kebutuhan 262.073 kWh/tahun, dengan Solar Fraction 96,10%, Performance Ratio 75,18%, dan Loss of Load 0,0%. Sistem berpotensi mengurangi emisi karbon sebesar 214,08 ton CO₂e/tahun, dan dengan nilai investasi Rp4.254.519.000 diperoleh Payback Period 198 bulan atau sekitar 16,5 tahun. Rancangan ini dilengkapi dokumen DED, RAB, dan RKS sehingga dapat menjadi acuan penerapan PLTS hybrid dalam mendukung konsep Eco-Airport.

Kata Kunci: Beban Non-Operasional, *Eco-Airport*, PLTS Hybrid, PVsyst, *Payback Period*



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Bandar udara merupakan infrastruktur transportasi yang membutuhkan energi listrik dalam jumlah besar dan berkelanjutan untuk menunjang sistem penerangan, pendingin ruangan, peralatan elektronik, sistem komunikasi, fasilitas navigasi, serta fasilitas penunjang lainnya. Pengelolaan energi di bandar udara karenanya tidak hanya dituntut menjamin keandalan operasional, tetapi juga memperhatikan efisiensi, keberlanjutan energi, dan dampak lingkungan. Sejalan dengan kebijakan konservasi energi, pengembangan energi baru terbarukan, dan pengurangan emisi gas rumah kaca, pengelolaan bandar udara diarahkan menuju konsep eco-airport atau bandar udara ramah lingkungan (PP 40, 2012). Salah satu energi terbarukan yang potensial untuk diterapkan adalah energi surya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yang dapat mengurangi penggunaan energi listrik dari sumber konvensional sekaligus menurunkan emisi karbon (Samsurizal et al., 2021). Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali merupakan salah satu bandar udara utama di Indonesia dengan aktivitas operasional tinggi dan kebutuhan listrik yang berlangsung hampir 24 jam. Bandar udara ini telah mengimplementasikan PLTS pada beberapa fasilitas dengan total kapasitas terpasang 188 kWp, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Namun, kapasitas tersebut masih relatif kecil dibandingkan total kebutuhan energi listrik yang ditangani Gedung Main Power House (MPH) sebagai pusat distribusi daya.

Tabel 1. Pembagian Beban PLTS Eksisting di Bandara I Gusti Ngurah Rai

No	Beban PLTS	Daya PLTS
1	Multilevel Car Parking Gedung Domestik	100 kWp
2	Multilevel Car Parking Gedung Internasional	50 kWp
3	PLTS Tol Gate	5 kWp
4	PLTS JPO (Jembatan Penyeberangan Orang)	33 kWp
Total		188 kWp

Sistem PLTS hybrid mengintegrasikan energi surya, baterai, dan jaringan PLN sehingga kebutuhan listrik dapat dipenuhi secara lebih efisien. Dalam penelitian ini, PLTS diarahkan untuk menyuplai beban non-esensial Gedung MPH sebesar 29,917 kW ketika energi surya tersedia, sedangkan PLN tetap menjadi sumber utama bagi beban esensial sekaligus cadangan ketika produksi energi surya tidak mencukupi. Pemilihan beban non-esensial dilakukan untuk menjaga keandalan sistem kelistrikan bandar udara dan meminimalkan risiko gangguan terhadap fasilitas yang berkaitan langsung dengan keselamatan penerbangan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa perancangan PLTS telah banyak dilakukan pada bangunan pendidikan, residensial, maupun kawasan bandar udara (lihat Penelitian Terdahulu yang Relevan). Namun, penelitian tersebut belum secara khusus membahas perancangan PLTS hybrid yang terintegrasi dengan jaringan PLN untuk menyuplai beban non-operasional pada Main Power House bandar udara, termasuk pemisahan beban esensial dan non-esensial sebagai dasar penentuan kapasitas sistem. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang kapasitas dan konfigurasi PLTS hybrid yang sesuai dengan kebutuhan beban non-esensial Gedung MPH berdasarkan potensi energi surya di lokasi, serta menganalisis kontribusinya terhadap pengurangan konsumsi energi dari PLN, pengurangan emisi karbon, dan kelayakan ekonominya dalam mendukung konsep eco-airport.

Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Penulis/ Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Kontribusi dan relevansi
1	Karuniawan dkk. (2023)	Analisis Potensi Daya Listrik PLTS Atap di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang dengan Perangkat Lunak PVsyst	Menghitung potensi energi PLTS atap di lingkungan kampus	Simulasi PVsyst	PLTS 6,08 kWp menghasilkan 9.321 kWh/tahun (25,56 kWh/hari) dengan PR 0,82	Acuan penggunaan PVsyst dan nilai PR; skala kecil dan bukan fasilitas bandar udara
2	Fuaddin & Daud (2021)	Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid Kapasitas 20 kWp untuk Residensial	Merancang PLTS on-grid 20 kWp dengan fokus panel surya dan inverter	Simulasi PVsyst dan analisis ekonomi	Produksi 23.753 kWh/tahun, rugi-rugi 17%, PR 0,822	Acuan analisis teknis-ekonomis; sistem on-grid tanpa baterai untuk residensial
3	Pryahapsara dkk.	Kajian Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Bandara Sultan Iskandar Muda Banda Aceh	Mengkaji penerapan panel surya di bandar udara untuk mengatasi gangguan PLN, menghemat biaya, dan mengurangi emisi	Kajian komponen, pengaruh suhu, dan aspek ekonomi	PLTS berpotensi mendukung konsep eco-airport	Topik paling dekat; belum memisahkan beban esensial dan non-operasional serta belum merancang sistem hybrid untuk MPH

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang bertujuan menghasilkan rancangan yang efektif dan layak melalui tahapan perencanaan, perancangan, dan pengembangan sistem. Tahapan penelitian mengacu pada Sugiyono (2020), yaitu identifikasi potensi dan masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain, dan perbaikan desain hingga diperoleh desain tervalidasi. Penelitian dilaksanakan di Gedung Main Power House (MPH) Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali (koordinat 08°44'53"S 115°10'03"E) pada bulan Februari hingga Agustus 2026. Tahap identifikasi potensi dan

masalah dilakukan terhadap potensi radiasi matahari, ketersediaan area pemasangan modul, serta ketergantungan sistem kelistrikan terhadap PLN. Tahap pengumpulan data meliputi layout lokasi, single line diagram eksisting, klasifikasi beban esensial dan non-esensial, data beban non-esensial hasil observasi langsung, ukuran rooftop MPH (55 m × 20 m), ruang panel dan baterai di lantai 1 (20 m × 10 m), serta data radiasi matahari dan temperatur tahun 2025 dari database PVsyst sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Radiasi Matahari dan Temperatur Bandara I Gusti Ngurah Rai Tahun 2025

No	Bulan	Radiasi Matahari (kWh/m ² /hari)	Temperatur (°C)
1	Januari	5,64	27,8
2	Februari	5,74	27,9
3	Maret	5,93	28,0
4	April	6,04	27,7
5	Mei	5,24	27,7
6	Juni	4,91	26,6
7	Juli	5,10	26,4
8	Agustus	5,65	26,2
9	September	6,20	26,3
10	Oktober	6,98	27,6
11	November	6,74	27,7
12	Desember	6,50	28,0
	Rata-rata	5,89	27,3

Sumber: Database PVsyst

Tahap desain produk dilakukan dengan menghitung kapasitas komponen PLTS. Luas area modul (PV Area) dan daya puncak PLTS dihitung menggunakan persamaan (1), jumlah modul surya menggunakan persamaan (2), kapasitas baterai menggunakan persamaan (3), dan kapasitas inverter menggunakan persamaan (4). Penentuan penghantar menggunakan Kuat Hantar Arus (KHA) sebesar 125% dari arus nominal (SNI, 2011) sebagaimana persamaan (5).

$$\begin{aligned}P_{wp} &= PV \text{ Area} \times PSI \times \eta_{pv} \quad (1) \\ \text{Jumlah panel} &= P_{wp} / P_{mpp} \quad (2) \\ C &= (D_n \times E_{day}) / (V_s \times DoD \times \eta_f) \quad (3) \\ C_{iv} &= D_w \times S_f \quad (4) \\ KHA &= 125\% \times I_n \quad (5)\end{aligned}$$

dengan PSI adalah peak solar insolation (1.000 W/m²), η_{pv} efisiensi modul, P_{mpp} daya maksimum modul, D_n jumlah hari otonomi, E_{day} kebutuhan energi harian, V_s tegangan baterai, DoD kedalaman pengosongan, η_f efisiensi baterai, D_w daya beban, dan S_f faktor keamanan. Pengurangan emisi karbon dihitung dengan mengalikan energi PLTS yang dimanfaatkan dengan faktor emisi jaringan listrik PLN (Febijanto, 2010) sebagaimana persamaan (6).

$$\text{Pengurangan emisi} = E_{PLTS} \text{ (MWh)} \times FE \text{ (ton CO}_2\text{e/MWh)} \quad (6)$$

Tahap validasi desain dilakukan melalui simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst untuk mengevaluasi produksi energi, Performance Ratio (PR), Solar Fraction (SF), Loss of Load, dan kondisi baterai berdasarkan iklim lokasi penelitian. Apabila hasil simulasi belum memenuhi kriteria, dilakukan perbaikan kapasitas maupun konfigurasi sistem hingga diperoleh desain tervalidasi. Keluaran penelitian berupa Detail Engineering Design (DED), Rencana Anggaran Biaya (RAB), Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS), analisis pengurangan emisi karbon, dan analisis Payback Period.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Potensi energi surya dan profil beban

Berdasarkan Tabel 2, radiasi matahari tertinggi terjadi pada bulan Oktober sebesar 6,98 kWh/m²/hari dan terendah pada bulan Juni sebesar 4,91 kWh/m²/hari, dengan rata-rata tahunan 5,89 kWh/m²/hari sehingga lokasi berpotensi untuk dibangun PLTS. Temperatur rata-rata sebesar 27,3 °C dengan maksimum 28,0 °C, atau 3 °C di atas suhu optimal modul 25 °C. Dengan koefisien penurunan daya 0,5% per °C, daya modul 600 W turun 9 W menjadi 591 W sehingga diperoleh Temperature Correction Factor (TCF) sebesar 0,985. Hasil observasi beban non-esensial menunjukkan total daya sebesar 29,917 kW dengan kebutuhan energi harian 718,008 kWh.

Perhitungan kapasitas komponen

Dengan PV Area sebesar 709,45 m², PSI 1.000 W/m², dan efisiensi modul 0,21, persamaan (1) menghasilkan daya puncak 152.532 Wp. Menggunakan modul monocrystalline 600 Wp, diperlukan 256 modul sehingga kapasitas terpasang menjadi 153.600 Wp atau 153,6 kWp. Kapasitas solar charge controller hasil perhitungan sebesar 289,77 A dan dibulatkan menjadi 300 A sesuai ketersediaan di pasaran. Kapasitas baterai dihitung menggunakan persamaan (3) dengan Dn = 1 hari, Eday = 718.008 Wh, Vs = 12 V, DoD = 0,5, dan ηf = 0,85, sehingga diperoleh 140.785,88 Ah. Dengan baterai VRLA 12 V 200 Ah dibutuhkan 704 unit. Untuk menyesuaikan tegangan DC inverter sekitar 512 V, baterai disusun 43 seri (516 VDC) dan 17 paralel sehingga total terpasang 731 unit. Kapasitas inverter berdasarkan persamaan (4) sebesar 153.600 W × 1,25 = 192.000 W dan dibulatkan menjadi 200 kW. Arus nominal keluaran sebesar 323 A menghasilkan KHA 403 A, sehingga digunakan kabel NYY 3 × 240 mm² dan MCCB 4 kutub 350 A. Rekapitulasi spesifikasi komponen ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi dan Kebutuhan Komponen Rancangan PLTS 153,6 kWp

No	Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Panel surya	Monocrystalline; Pmpp 600 W; Vmpp 34,4 V; Isc 18,52 A; efisiensi 21,4%	256 unit
2	Solar charge controller	MPPT; arus pengisian maks. 300 A; tegangan MPP 53–245 V	1 unit
3	Inverter	Hybrid smart string inverter 200 kW, 3 fasa 380 V	1 unit
4	Baterai	VRLA 12 VDC 200 Ah (43 seri × 17 paralel)	731 unit
5	Kabel	NYY 3 × 240 mm ²	50 m
6	MCCB AC	4 kutub; arus pengenal 350 A	1 unit

Desain dan integrasi sistem

Rancangan sistem terdiri atas modul fotovoltaik, solar charge controller, baterai, inverter, perangkat proteksi, panel distribusi, Change Over Switch (COS), jaringan PLN, dan beban non-operasional MPH. Energi DC dari 256 modul di rooftop disalurkan melalui cable tray menuju ruang peralatan di lantai 1, diatur oleh SCC, disimpan pada bank baterai, lalu dikonversi inverter menjadi energi AC. Keluaran inverter (proteksi 350 A) dan jaringan PLN (proteksi 630 A) bermuara pada panel COS yang memindahkan suplai beban non-operasional MPH ke PLTS ketika energi surya tersedia dan ke PLN ketika energi PLTS tidak mencukupi. Hubungan antarperalatan dituangkan dalam Single Line Diagram (SLD) sebagai bagian dari DED.

Validasi desain menggunakan PVsyst

Hasil simulasi PVsyst menunjukkan energi tersedia dari PLTS sebesar 273.441 kWh/tahun, dengan energi yang dimanfaatkan beban (E_{User}) sebesar 251.863 kWh/tahun dari kebutuhan beban (E_{Load}) 262.073 kWh/tahun. Irradiasi global horizontal (GlobHor) sebesar 2.149,6 kWh/m²/tahun dan irradiasi efektif (GlobEff) sebesar 2.131,9 kWh/m²/tahun. Hasil validasi terhadap kriteria acuan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi Simulasi Rancangan PLTS Hybrid

No	Parameter	Hasil Simulasi	Acuan	Hasil Validasi
1	Energi tahunan PLTS (E_User)	251.863 kWh/tahun	Fuaddin & Daud (2021)	Memenuhi
2	Kebutuhan energi beban (E_Load)	262.073 kWh/tahun	PUIL 2011 (SNI, 2011)	Memenuhi
3	Solar Fraction (SF)	96,10%	PVsyst; Karuniawan dkk. (2023)	Memenuhi
4	Performance Ratio (PR)	75,18%	IEC 61724; Agus Ryzky Martha dkk. (2022)	Memenuhi
5	Missing Energy	10.210 kWh/tahun	IEEE 1562	Memenuhi
6	Loss of Load	0,0%	IEEE 493	Memenuhi
7	Energi berlebih (Unused Energy)	14.099 kWh/tahun	Prinsip optimasi desain PVsyst	Memenuhi
8	Cyclic State of Wear baterai	96,6%	IEEE 1679	Memenuhi
9	Static State of Wear baterai	93,3%	IEEE 1679	Memenuhi

Nilai Solar Fraction 96,10% menunjukkan bahwa sebagian besar kebutuhan energi beban non-operasional dipenuhi PLTS, sedangkan sisanya sekitar 3,90% dipenuhi jaringan PLN. Pada bulan Oktober hingga Desember, Solar Fraction mencapai 100%. Tidak terjadi kehilangan beban (Loss of Load 0,0%), dan energi berlebih 14.099 kWh/tahun masih dalam batas wajar sehingga kapasitas sistem proporsional terhadap beban.

Pengurangan emisi karbon dan analisis ekonomi

Dengan faktor emisi jaringan PLN sebesar 0,85 ton CO₂e/MWh, persamaan (6) menghasilkan pengurangan emisi sebagai berikut. Pengurangan emisi = 251,863 MWh/tahun × 0,85 ton CO₂e/MWh = 214,08 ton CO₂e/tahun. Dari sisi ekonomi, nilai investasi berdasarkan RAB sebesar Rp4.254.519.000 menghasilkan Payback Period sebesar 198 bulan atau sekitar 16,5 tahun.

Pembahasan

Hasil perancangan menunjukkan bahwa pemisahan beban esensial dan non-esensial menjadi dasar yang tepat dalam menentukan kapasitas PLTS di lingkungan bandar udara. Dengan hanya menyuplai beban non-operasional sebesar 29,917 kW, sistem PLTS hybrid 153,6 kWp mampu memenuhi 96,10% kebutuhan energi beban tersebut tanpa mengganggu suplai beban esensial yang berkaitan dengan keselamatan penerbangan, karena PLN tetap tersedia melalui COS sebagai sumber pendukung. Nilai Performance Ratio 75,18% lebih rendah dibandingkan PLTS atap Polines (PR 0,82) (Karuniawan Eriko Arvin et al., 2023) dan PLTS on-grid residensial 20 kWp (PR 0,822) (Fuaddin & Daud, 2021). Perbedaan ini wajar karena rancangan ini menggunakan sistem hybrid dengan baterai sehingga terdapat rugi-rugi tambahan pada proses pengisian dan pengosongan baterai, sedangkan kedua penelitian tersebut menggunakan sistem tanpa penyimpanan. Sebagai imbalannya, keberadaan baterai memungkinkan energi surya dimanfaatkan pada malam hari sehingga Solar Fraction tinggi dan Loss of Load bernilai 0,0%.

Dibandingkan kajian PLTS di Bandara Sultan Iskandar Muda (Pryahapsara et al., n.d.) yang masih berupa kajian potensi, penelitian ini menghasilkan rancangan yang siap diimplementasikan melalui dokumen DED, RAB, dan RKS. DED memuat konfigurasi modul, tata letak panel, sistem interkoneksi dengan PLN, spesifikasi inverter, proteksi, dan penyimpanan energi; RAB memuat kebutuhan material dan biaya; sedangkan RKS memuat persyaratan administrasi, spesifikasi teknis, pelaksanaan instalasi, K3 lingkungan bandara, pengujian dan komisioning, serta pemeliharaan. Pengurangan emisi 214,08 ton CO₂e/tahun menunjukkan kontribusi nyata terhadap program dekarbonisasi dan konsep eco-airport. Namun, Payback Period 16,5 tahun relatif panjang, terutama dipengaruhi biaya baterai sebagai komponen

dengan nilai investasi terbesar, sehingga pemilihan teknologi dan umur baterai perlu dikaji lebih lanjut.

KESIMPULAN

Sistem PLTS hybrid yang dirancang untuk beban non-operasional Gedung Main Power House Bandara I Gusti Ngurah Rai Bali memiliki kapasitas 153,6 kWp yang terdiri atas 256 modul surya monocrystalline 600 Wp, SCC MPPT 300 A, inverter hybrid 200 kW, dan 731 unit baterai VRLA 12 V 200 Ah, terintegrasi dengan jaringan PLN melalui COS. Hasil simulasi PVsyst menunjukkan energi yang dimanfaatkan sebesar 251.863 kWh/tahun dengan Solar Fraction 96,10%, Performance Ratio 75,18%, dan Loss of Load 0,0%, sehingga rancangan memenuhi kriteria teknis. Sistem berpotensi mengurangi emisi karbon sebesar 214,08 ton CO₂e/tahun dengan Payback Period sekitar 16,5 tahun. Keterbatasan penelitian ini adalah rancangan baru divalidasi melalui simulasi PVsyst dan belum diuji pada kondisi operasi aktual. Oleh karena itu, sebelum implementasi perlu dilakukan verifikasi kondisi aktual sistem kelistrikan MPH, terutama kapasitas panel, titik interkoneksi, dan sistem proteksi, serta kajian lanjutan terhadap umur dan biaya penggantian baterai.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Program Studi Diploma IV Teknik Listrik Bandara, serta pengelola Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali atas dukungan data dan fasilitas selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Ryzky Martha, G., Ayu Dwi Giriantari, I., & Sukerayasa, I. W. (2022). Studi Performance PLTS Rooftop 3 kWp Frameless with On-Grid System di Lingkungan Perumahan Kori Nuansa Jimbaran. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 3(2), 268–280. <https://doi.org/10.36418/jiss.v3i2.523>
- Ari Saputro, I. N., & Oetomo, P. (2020). Perbandingan Perhitungan dan Simulasi ETAP Sistem Pentanahan Grid-Rod pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas. *Sinusoida*, 22(4), 43–53. <https://doi.org/10.37277/s.v22i4.870>
- CENELEC. (2013). EN 50618: Electric Cables for Photovoltaic Systems.
- Febijanto, I. (2010). Faktor Emisi di Sistem Jaringan Ketenagalistrikan Jawa-Madura-Bali. 11(2), 227–237.
- Fuaddin, D., & Daud, A. (2021). Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid Kapasitas 20 kWp untuk Residensial. *Jurnal Teknik Energi*, 10(1), 53–57. <https://doi.org/10.35313/energi.v10i1.2329>
- Karuniawan Eriko Arvin, Sugiono Friska Ayu Fitriani, Larasati Pangestuningtyas Diah, & Pramurti Adeguna Ridlo. (2023). Analisis Potensi Daya Listrik PLTS Atap di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang dengan Perangkat Lunak PVsyst. *Journal of Energy and Electrical Engineering (JEEE)*, 4(2), 75–80.
- Kossi, V. R. (2018). Perencanaan PLTS Terpusat (Off-Grid) di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah. *Jurnal S1 Teknik Elektro UNTAN*.
- Nur Diansyah, I. F., Handoko, S., & Windarta, J. (2021). Implementasi dan Evaluasi Performa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid Studi Kasus SMP N 3 Purwodadi. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(4), 701–708. <https://doi.org/10.14710/transient.v10i4.701-708>
- PP 40. (2012). Peraturan Pemerintah Nomor 40 Tahun 2012 tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandar Udara.
- Pratama, R. P. (2020). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Sistem On Grid sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif di Klinik Mitra Husada Kabupaten Kediri.



- Pryahapsara, I., Anka, M., & Pasha, A. (n.d.). Kajian Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Bandara Sultan Iskandar Muda Banda Aceh.
- Samsurizal, Mauriraya, K. T., Fikri, M., Pasra, N., & Christiono. (2021). Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) (pp. 1–53).
- SNI. (2011). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011). Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- Sugiyono. (2020). Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.