

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN SISTEM PANEL SURYA UNTUK SUPLAI UTAMA PADA
PERANGKAT *REMOTE TERMINAL UNIT* DAN KUBIKEL DI GARDU
DISTRIBUSI RS NYITDAH**



POLITEKNIK NEGERI BALI

OLEH

I PUTU BAGUS PRASETIADI

NIM. 2215313051

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI BALI

2025

PERANCANGAN SISTEM PANEL SURYA UNTUK SUPLAI UTAMA PADA PERANGKAT *REMOTE TERMINAL UNIT* DAN KUBIKEL DI GARDU DISTRIBUSI RS NYITDAH

I Putu Bagus Prasetiadi

ABSTRAK

Energi surya menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang cukup menjanjikan dan memiliki potensi terbesar dari pada sumber daya lainnya untuk memecahkan masalah energi dunia serta ramah lingkungan. Pemanfaatan energi surya di Gardu Distribusi RS Nyitdah menunjukkan potensi yang menjanjikan sebagai solusi energi baru terbarukan yang ramah lingkungan. PLTS yang akan dikembangkan ini direncanakan dapat mensuplai peralatan yang ada diruangan Gardu Distribusi RS Nyitdah, seperti Kubikel 20kV, RTU (*Remote Terminal Unit*), Lampu LED dan Stopkontak. Hasil dari perencanaan menghasilkan luas *array* seluas 26m² dengan daya yang dibangkitkan sebesar 5339 Wp menggunakan *Generic 3kW Hybrid Solar Inverter* yang berkapasitas 3000 Watt (3kW). hasil perhitungan PLTS menggunakan rumus yang diterapkan dapat menghasilkan energi listrik rata – rata sebesar 18,398 kWh/hari. Kesimpulannya, Perancangan Sistem Panel Surya Untuk Suplai Utama Pada Perangkat *Remote Terminal Unit* Dan Kubikel Di Gardu Distribusi RS Nyitdah ini layak dijalankan dengan pertimbangan teknis dan ekonomi yang matang.

Kata kunci : Panel Surya, RTU, Gardu Distribusi, Energi Terbarukan, Sistem Kelistrikan Rumah Sakit

SOLAR PANEL SYSTEM DESIGN FOR MAIN SUPPLY TO REMOTE TERMINAL UNIT AND CUBICLE DEVICES AT NYITDAH HOSPITAL DISTRIBUTION SUBSTATION

I Putu Bagus Prasetiadi

ABSTRACT

Solar energy is one of the renewable energy sources that is quite promising and has the greatest potential compared to other resources to solve the world's energy problems and is environmentally friendly. The use of solar energy in the Nyitdah Hospital Distribution Substation shows promising potential as an environmentally friendly new renewable energy solution. The PLTS that will be developed is planned to supply existing equipment in the Nyitdah Hospital Distribution Substation room, such as 20kV Cubicles, RTU (*Remote Terminal Unit*), LED Lights and Power Outlets. The results of the planning produce an array area of 26m² with a generated power of 5339 Wp using a *Generic 3kW Hybrid Solar Inverter* with a capacity of 3000 Watts (3kW). The results of the PLTS calculation using the applied formula can produce an average of 18,398 kWh/day of electrical energy. In conclusion, the Design of a Solar Panel System for the Main Supply of Remote Terminal Unit Devices and Cubicles in the Nyitdah Hospital Distribution Substation is feasible to be implemented with mature technical and economic considerations.

Keywords : Solar Panels, RTU, Distribution Substations, Renewable Energy, Hospital Electrical System

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Perumusan Masalah	I-2
1.3. Pembatasan Masalah.....	I-2
1.4. Tujuan	I-2
1.5. Manfaat	I-3
1.6. Sistematika penulisan	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Penelitian Terdahulu	II-1
2.2 Landasan Teori.....	II-1
2.2.1 Energi Terbarukan.....	II-1
2.2.2 Panel Surya	II-3
2.2.3 Sudut Kemiringan Panel Surya.....	II-5
2.2.4 Baterai	II-7
2.2.5 Inverter.....	II-10
2.2.6 SCC (<i>Sollar Charger Controller</i>)	II-12
2.2.7 Aplikasi Pvsyst	II-13
2.2.8 SPD (<i>Surge Protective Device</i>).....	II-13
2.2.9 MCB DC	II-14
2.2.10 Energi Meter	II-15
2.2.11 Stop Kontak	II-15
2.2.12 Saklar Tunggal	II-16
2.2.13 Lampu LED	II-16
2.3 Sistem Kelistrikan pada Gardu Distribusi	II-17
2.2.1 Gardu Distribusi.....	II-17
2.2.2 <i>Remote Terminal Unit (RTU)</i>	II-17

2.2.3	Kubikel TM 20kV (Tegangan Menengah 20kV).....	II-18
2.4	Integrasi Panel Surya Dengan Sistem Distribusi Listrik	II-19
2.4.1	Keuntungan Intregrasi Panel Surya	II-19
2.4.2	Skema Perancangan Sistem Panel Surya	II-19
2.5	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Panel Surya.....	II-19
BAB III METODE PENELITIAN		III-1
3.1	Tempat Penelitian.....	III-1
3.2	Metode Penelitian	III-1
3.3	Jenis Data.....	III-2
3.4	<i>Flowchart</i> Penelitian.....	III-2
3.5	Sumber Data	III-3
3.6	Teknik Pengambilan Data.....	III-3
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		IV-1
4.1	Konsumsi Energi Di Gardu Distribusi RS Nyitdah	IV-1
4.2	Komponen-komponen Yang Terdapat Pada Kubikel TM 20kV (Tegangan Menengah 20kV) dan RTU (<i>Remote Terminal Unit</i>).....	IV-1
4.3	Perancangan PLTS Gardu Distribusi RS Nyitdah	IV-2
4.4.1	Data Beban Di Ruang Gardu Distribusi RS Nyitdah.....	IV-2
4.4.2	Data Iradiasi Sinar Matahari dan Temperatur Di Gardu Distribusi RS Nyitdah Menggunakan Aplikasi Pvsyst.....	IV-2
4.4.3	Kemiringan Panel Surya Menggunakan Aplikasi PVsyst.....	IV-3
4.4	Cara Pengoperasian Aplikasi PVsyst.....	IV-6
4.4.4	Perhitungan PV Area, Daya Yang Dibangkitkan dan Jumlah Panel Surya di Gardu Distribusi RS Nyitdah.....	IV-11
4.4.5	Perhitungan Kapasitas Baterai, Lama Pengisian Daya Baterai, Lama Pemakaian Baterai Di Gardu Distribusi RS Nyitdah.....	IV-12
4.4.6	Perhitungan Kapasitas SCC Di Gardu Distribusi RS Nyitdah	IV-15
4.4.7	Perhitungan Kapasitas Inverter Di Gardu Distribusi RS Nyitdah	IV-16
4.4.8	Penentuan Kapasitas SPD (<i>Surge Protection Device</i>) Di Gardu Distribusi RS Nyitdah.....	IV-17
4.4.9	Perhitungan Kapasitas MCB DC Di Gardu Distribusi RS Nyitdah.....	IV-17
4.4.10	<i>Single Line</i> Diagram Perancangan PLTS Di GD RS Nyitdah	IV-18
4.4.11	Diagram Pengawatan Perancangan PLTS DI GD RS Nyitdah	IV-19
4.4.12	Prinsip Kerja Dari Gambar 4.9 <i>Single Line</i> Diagram Perencanaan PLTS Di GD RS Nyitdah.....	IV-22

BAB V PENUTUP	V-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	1
LAMPIRAN	L-1

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan utama dalam mendukung aktivitas sehari-hari, terutama pada sektor kesehatan yang membutuhkan pasokan listrik stabil dan berkelanjutan[1]. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan listrik, pemanfaatan energi terbarukan seperti energi surya menjadi solusi alternatif yang ramah lingkungan dan efisien. Panel surya mampu mengonversi energi matahari menjadi energi listrik, sehingga dapat membantu mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mendukung pengurangan emisi karbon[2].

Dalam sistem distribusi tenaga listrik, gardu distribusi memiliki peranan penting dalam menyalurkan energi listrik ke konsumen. Salah satu perangkat utama yang mendukung operasional gardu distribusi adalah *Remote Terminal Unit* (RTU) dan Kubikel. RTU yang berfungsi untuk memantau dan mengendalikan jaringan listrik secara otomatis[3] sedangkan Kubikel yang berfungsi sebagai pembagi, pemutus, penghubung, pengontrol dan pengaman sistem penyaluran tenaga listrik[4]. Suplai listrik untuk RTU dan Kubikel umumnya berasal dari jaringan listrik PLN. Namun, pada kondisi tertentu seperti pemadaman listrik atau gangguan jaringan, suplai dari PLN menjadi tidak stabil, sehingga dapat mempengaruhi kinerja RTU dan Kubikel dalam memantau sistem kelistrikan secara akurat.

RS Nyitdah sebagai fasilitas kesehatan yang beroperasi selama 24 jam sangat membutuhkan pasokan listrik yang andal untuk mendukung operasional peralatan medis dan infrastruktur pendukung lainnya. Gangguan listrik pada perangkat seperti RTU dan kubikel berpotensi menghambat proses pelayanan kesehatan, yang berdampak pada keselamatan pasien. Oleh karena itu, penggunaan panel surya sebagai sumber suplai utama diharapkan dapat menjadi solusi alternatif untuk menjaga kontinuitas pasokan listrik pada perangkat tersebut.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka penulis membuat perancangan sistem panel surya sebagai suplai utama RTU dan kubikel di gardu distribusi RS Nyitdah. Jika suatu saat sumber utama (Panel Surya) RTU dan Kubikel gangguan, maka back-up suplai diambil dari jaringan PLN. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan sistem kelistrikan, mengurangi ketergantungan pada

suplai listrik PLN, serta mendukung pemanfaatan energi terbarukan dalam pelayanan kesehatan yang berkelanjutan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan yang diidentifikasi dalam perancangan sistem panel surya untuk suplai utama pada perangkat RTU dan kubikel di gardu distribusi RS Nyitdah meliputi:

1. Bagaimana merancang sistem panel surya yang optimal untuk memastikan suplai daya yang stabil dan berkelanjutan bagi perangkat RTU dan kubikel di gardu distribusi RS Nyitdah?
2. Berapa kapasitas baterai, panel surya, inverter dan SCC (*Sollar Charger Controller*) yang di gunakan untuk panel surya ini?
3. Bagaimana prinsip kerja dari perancangan ini?

1.3. Pembatasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus dan dapat diselesaikan dengan baik, maka pembatasan masalah dalam perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada perancangan dan implementasi sistem panel surya sebagai sumber suplai utama bagi perangkat RTU dan kubikel di gardu distribusi RS Nyitdah, tanpa mencakup sistem kelistrikan lainnya di rumah sakit tersebut.
2. Penelitian ini hanya berfokus pada penentuan kapasitas daya, pemilihan panel surya, inverter, sistem penyimpanan energi (baterai), serta sistem kontrol daya *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) atau *Pulse Width Modulation* (PWM), tanpa membahas pengaruh panel surya terhadap sistem kelistrikan rumah sakit secara keseluruhan.
3. Penelitian ini menggunakan aplikasi PVsyst untuk mengetahui iradiasi sinar matahari tahun 2025 dan menentukan kemiringan panel surya.

1.4. Tujuan

Tujuan dari perancangan sistem panel surya untuk suplai utama pada perangkat RTU dan kubikel di gardu distribusi RS Nyitdah, yaitu

1. Merancang sistem panel surya sebagai sumber utama pada RTU (*Remote Terminal Unit*) dan Kubikel
2. Menentukan kapasitas baterai (Ah), panel surya (Wp), inverter dan SCC (*Sollar Charger Controller*) yang di gunakan pada perancangan panel surya ini untuk mensuplai *Remote Terminal Unit* (RTU) dan Kubikel
3. Untuk memahami cara kerja sistem panel surya dalam menyuplai daya ke perangkat RTU dan Kubikel

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Manfaat Bagi Pembaca

Manfaat bagi pembaca yaitu, pembaca mengetahui tahap perancangan PLTS dan mengetahui cara menentukan kapasitas panel surya, baterai, SCC, inverter yang akan digunakan.

2. Manfaat Bagi Perusahaan

Manfaat bagi perusahaan yaitu, dapat menjadi referensi mengetahui tahap perancangan PLTS dan mengetahui cara menentukan kapasitas panel surya, baterai, SCC dan inverter.

1.6. Sistematika pemulisan

Sistematika penulisan yang digunakan oleh penulis dalam Tugas Akhir ini terdiri dari 5 BAB yang masing-masing isinya berbeda, namun terkait satu dengan yang lainnya. Perinciannya sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi Latar belakang, Masalah, Batasan masalah, Tujuan, Manfaat dan Sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini, berisi dasar teori penunjang yang berguna sebagai dasar untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini, berisi tata cara yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini.

BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Pada bab ini, berisi tentang pembahasan dari permasalahan yang diangkat dan kemudian menganalisis hasil yang diperoleh dari pembahasan.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini, berisi tentang kesimpulan permasalahan yang dibahas dan saran-saran yang bermanfaat bagi pembaca.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan PLTS di Gardu Distribusi RS Nyitdah yang sudah penulis lakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perancangan sistem panel surya untuk suplai daya RTU dan kubikel di gardu distribusi RS Nyitdah dilakukan dengan menyesuaikan kebutuhan beban serta kondisi iradiasi setempat. Analisis dimulai dari pengumpulan data konsumsi listrik di ruang gardu distribusi dan data iradiasi matahari, kemudian ditentukan kapasitas panel surya, baterai, SCC, dan inverter. Sistem dirancang menggunakan panel monokristalin 500 Wp dengan total daya terpasang 5.339 Wp, baterai LiFePO₄ 48V 200Ah untuk penyimpanan energi, SCC MPPT 200 A untuk pengaturan arus, serta inverter off-grid 3 kW sebagai konversi daya AC. Untuk menjaga keamanan dan keandalan, sistem dilengkapi proteksi berupa SPD, MCB, serta energi meter pada sisi AC. Dengan rancangan single-line diagram yang terintegrasi, sistem ini mampu menyediakan suplai listrik yang stabil, efisien, dan berkelanjutan bagi perangkat RTU dan kubikel, sekaligus tetap didukung suplai cadangan dari PLN guna menjamin kontinuitas operasional di RS Nyitdah.
2. Perancangan PLTS di Gardu Distribusi RS Nyitdah yaitu sebesar 5339 Wp dengan luas area yang dibutuhkan untuk memasang PLTS sebesar 26m². Inverter yang digunakan yaitu inverter Generic 3kW Hybrid Solar Inverter 3000 W berjumlah 1 buah, dan panel surya yang digunakan yaitu VERTEX 500Wp, dengan jumlah modul panel surya yang dibutuhkan dalam perencanaan ini 12 buah panel surya yang terhubung 2 seri dan 6 paralel. Perancangan ini bertujuan untuk mensuplai peralatan yang ada diruangan Gardu Distribusi RS Nyitdah, karena tidak disediakan suplai DC dari PLN. Peralatan yang ada mencakup RMU (*Ring Main Unit*) Kubikel 20kV, RTU (*Remote Terminal Unit*), Stop kontak dan Lampu LED.
3. Energi matahari dikonversi panel menjadi DC, melewati SPD untuk menahan lonjakan, lalu SCC MPPT mengatur dan mengoptimalkan

pengisian baterai (hindari over/under-charge). Saat diperlukan, DC dari baterai untuk memberi daya RTU, kubikel dan DC dari baterai diubah inverter menjadi AC untuk memberi daya Stopkontak dan Lampu LED. Setiap jalur diamankan MCB, dan energi terukur lewat meter. Jika sumber utama (PV/baterai) terganggu, PLN menjadi cadangan sehingga kontinuitas layanan terjaga.

5.2 Saran

Setelah melakukan perancangan PLTS di Gardu Distribusi RS Nyitdah, penulis memiliki saran, sebagai berikut :

1. Pemanfaatan baterai sebagai tempat penyimpanan energi listrik berfungsi untuk menampung daya yang dihasilkan oleh sistem PLTS. Dengan demikian, saat terjadi pemadaman listrik, energi yang telah tersimpan dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber cadangan.
2. Sistem PLTS yang dirancang perlu didukung dengan pemeliharaan rutin, seperti pembersihan modul surya dari debu dan kotoran, pengecekan koneksi kabel, serta pemantauan kondisi baterai, guna menjaga efisiensi dan kontinuitas suplai energi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asiva Noor Rachmayani, "Title," p. 6, 2015.
- [2] H. A. W. Kesuma, "Perancangan Sistem Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Smart Classroom," pp. 1–20, 2018.
- [3] A. N. Achadiyah, N. D. Irawan, and Y. D. Y. Bramasta, "REMOTE TERMINAL UNIT (RTU) SCADA PADA KUBIKEL TEGANGAN MENENGAH 20kV," *Metrotech (Journal Mech. Electr. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2022, doi: 10.33379/metrotech.v1i1.947.
- [4] P. P. (Persero), "Buku Pedoman Kubikel Tegangan Menengah," *Stat. Drh. Kec. Kartasura Tahun*, vol. II, no. 1, pp. 17–18, 2015.
- [5] I. N. H. Yusa, "ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PERENCANAAN PLTS ON-GRID DI VILLA JAI NEMA KEROBOKAN DENGAN SOFTWARE HELIOSCOPE PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO PLTS ON-GRID DI VILLA JAI NEMA KEROBOKAN," 2023.
- [6] S. Mulyani and A. R. Idris, "Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Aerator dan Alat Pemberi Pakan Ikan," *Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 59–66, 2023.
- [7] K. K. Kelvin, Muhammad Erik Raditya, Ardika Chandra Winata, Salman Alfarissi, and K. Khairulduha, "Alam Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *J. Tek. dan Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 134–136, 2024, doi: 10.56127/jts.v3i2.1525.
- [8] A. Lubis, "Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan," *J. Tek. Ling*, vol. 8, no. 2, pp. 155–162, 2007.
- [9] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emitor.v18i01.6251.
- [10] B. H. Purwoto, Jatmiko, M. A. F, and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber," *Emitor*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, [Online]. Available: <https://journals.ums.ac.id/index.php/emitor/article/view/6251>
- [11] W. Sekarningrum, B. P. Jati, and I. Widiastuti, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Solar Panel (Photovoltaic) Monocrystalline 50 Wp Terhadap Optimalisasi Output Daya Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah," *Energi dan Kelistrikan J. Ilm.*, vol. 15, no. 2, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal33013.aiotech.id/energi/article/view/2092>
- [12] H. D. Tamaputra, "Analisa Waktu Pengisian Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Bendungan Jatibarang Kota Semarang," pp. 1–62, 2023.
- [13] C. W. Retno Aita Diantari, Erlina, "Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai PLTS," *Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 120–125, 2017.
- [14] P. K. Dipayana, *Analisis Teknis dan Ekonomis Perencanaan PLTS Rooftop On-Grid Di PT. Intan Pratama Teknik*. 2024.

- [15] Muhammad Thowil Afif and Ilham Ayu Putri Pratiwi, “Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid Dan Nickel-Metal Hydride Pada Penggunaan Mobil Listrik-Review,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 95–99, 2015.
- [16] J. Inverter, “Jenis-jenis Inverter : Panduan Lengkap,” vol. 62, no. 031, 2024.
- [17] A. Jaenul, S. Wilyanti, achmad leo Rifai, and F. Anjara, “Rancang Bangun Pemanfaatan Solar Cell 100 Wp Untuk Charger Handphone Di Taman Bambu Jakarta Timur,” *Proc. ...*, pp. 194–198, 2021, [Online]. Available: <https://www.journal.ubb.ac.id/index.php/snppm/article/view/2749%0Ahttps://www.journal.ubb.ac.id/index.php/snppm/article/download/2749/1610>
- [18] P. Tanaman, “Perbandingan MPPT Dengan PWM Pada Sistem Monitoring,” pp. 80–88.
- [19] A. halomoan Sitorus, N. Hidayati, T. H. Nufus, and A. E. Yuliana, “Simulasi Software PVSyst 7.3 pada Rancangan Sistem PLTS On-Grid 48,4 kWp di Gedung Perpustakaan PNJ Serta Analisa Aspek Tekno-Ekonomi dan Carbon Saving,” *J. Mek. Terap.*, vol. 4, no. 3, pp. 156–166, 2024, doi: 10.32722/jmt.v4i3.5996.
- [20] R. T. Santoso, “Analisis Pemilihan Dan Penerapan Peralatan Pengaman Surja Petir Pada Sistem Kelistrikan Arus Bolak Balik Tegangan Rendah,” *J. Ilm. Sinteks Issn 1907-2007 E-Issn 2579-7115*, vol. 12, no. 1, pp. 1–6, 2023.
- [21] K. Pengantar, “LAPORAN PRAKTIK PEMASANGAN PEMBANGKIT TL (EBT) ATS PLN-GENSET Oleh : I Putu Bagus Prasetiadi 4A TL Kelompok 4,” 2024.
- [22] L. Aditya and D. A. Santoso, “Rancang Bangun Catu Daya Portable 160 Watt Dengan Panel Surya Monocrystalline 100 WP,” *J. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 47–56, 2023.
- [23] S. Djulihenanto, M. Saputra, S. L. Hermawan, D. N. Akbar, B. S. Gumilang, and A. W. Putri, “Implementasi Sistem Proteksi Arus dan Tegangan Lebih pada PLTS 10x100 Wp,” *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 12, no. 1, pp. 49–54, 2025, doi: 10.33795/elposys.v12i1.6849.
- [24] H. Isyanto and M. D. Setiawan, “Wattmeter Digital Berbasis Internet of Things,” *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 6, no. 1, p. 25, 2023, doi: 10.24853/resistor.6.1.25-32.
- [25] A. Siswanto, M. Munaji, and M. L. Abdullah, “Rancang Bangun Pengamananan Stopkontak Berbasis Arduino Mega,” *Mestro J. Ilm.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.47685/mestro.v2i02.264>
- [26] F. Fauzi, T. Taufik, N. Nurdan, I. Ismail, and Z. Makam, “Rancang Bangun Modul Uji Kompetensi Instalasi Listrik Penerangan Rumah Tinggal Tegangan Rendah 220 Volt AC,” *Pros. Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe*, vol. 6, no. 1, pp. 146–153, 2022, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/view/3465>
- [27] J. W. Simatupang *et al.*, “Lampu Led Sebagai Pilihan Yang Lebih Efisien Untuk

- Lampu Utama Sepeda Motor,” *J. Kaji. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 20–26, 2022, doi: 10.52447/jkte.v6i1.4434.
- [28] D. Fath Ashari, “Analisis Gangguan Gardu Distribusi di PT PLN (Persero) ULP Watang Sawitto,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 2–3, 2021.
- [29] D. Aribowo, “Remote Terminal Unit (RTU) SCADA Pada Jaringan Tegangan Menengah 30 KV,” *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 3, no. 2, p. 108, 2016, doi: 10.36055/setrum.v3i2.506.
- [30] O. M. Rika Sustika, “Pengembangan RTU (Remote Terminal Unit) untuk Sistem Kontrol Jarak Jauh berbasis IP,” *Inkom*, vol. IV, no. 2, pp. 88–94, 2010.
- [31] Pusat Pendidikam PT PLN (Persero), “Pengenalan Kubikel 20 KV dan Komponen-komponennya,” *Buku Pedoman Kubikel Tegangan Menengah*, pp. 31–62, 2014.
- [32] N. I. Hamma, “Perencanaan Gardu Distribusi PT. Maccon Indonesia,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.*, no. September, pp. 136–141, 2021.
- [33] D. Dahliya, S. Samsurizal, and N. Pasra, “Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin,” *Sutet*, vol. 11, no. 2, pp. 71–80, 2021, doi: 10.33322/sutet.v11i2.1551.
- [34] B. Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan, N. Elsa Effendi, H. Abrianto, A. Darmawan Sidik, and U. Tama Jagakarsa, “Analisa Pengaruh Kondisi Panel Surya Kotor Dengan Panel Surya,” pp. 1025–1040, 2020.
- [35] Gusto Arif Tansah, R. Rifky, and Y. Nofendri, “Pengaruh Sudut Antara Dua Panel Sel Surya Terhadap Kinerja Photovoltaics,” *Met. J. Manufaktur, Energi, Mater. Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 46–54, 2022, doi: 10.22236/metalik.v1i2.11043.
- [36] Suryani, “Metode Penelitian,” *Metod. Penelit.*, vol. 52, no. 1, pp. 1–5, 2017.
- [37] N. H. A. Hardani, Helmina Andriani, Jumari Ustiawaty, Evi Fatmi Utami, Ria Rahmatul Istiqomah, Roushandy Asri Fardani, Dhika Juliana Sukmana, *Buku Metode Penelitian Kualitatif*, vol. 5, no. 1. 2020.
- [38] Sugiyono, “Metode Dan Tehnik Penelitian,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [39] TrinaSolar, “Tsm-De18M(Ii),” 2020, [Online]. Available: www.trinasolar.com
- [40] ANDI RABIAH AL-ADAWIYAH, “Kinerja Baterai Sebagai Fungsi Smoothing Daya Pada PLTS Hybrid Selayar 1300 kWp,” *Skripsi Jur. Tek. Mesin Politek. Negeri Ujung Pandang*, 2022.
- [41] D. E. Juli Sutiawan, D. Notosudjono, B. B. Rijadi, and Y. Yamato, “Analisis Teknis Dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Berbasis PVsyst,” *J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 6, no. 1, pp. 110–119, 2024, doi: 10.33650/jeecom.v6i1.8299.

