

SKRIPSI

PERANCANGAN DESAIN LAMPU PENERANGAN JALAN TENAGA SURYA DI JALAN RAYA KAMPUS UNUD



POLITEKNIK NEGERI BALI

**Oleh :
I PUTU NUGRAHA ANANDA PUTRA
NIM. 2415374034**

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

2025

ABSTRAK

Penelitian ini membahas perancangan sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) *Off-Grid* di Jalan Raya Kampus Universitas Udayana, Bali. Metode yang digunakan meliputi perhitungan mekanis tiang PJUTS (tekanan dinamis, gaya angin, momen lentur, tegangan lentur dan aksial), simulasi pencahayaan menggunakan perangkat lunak *DIALux* mengacu pada standar SNI 7391:2008, perancangan layout 2D dengan *AutoCAD*, visualisasi 3D dengan *SketchUp*, serta analisis konfigurasi panel distribusi dan rekomendasi sistem pemeliharaan. Hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk menyuplai energi sebesar 21.900 *kWh*/tahun dengan estimasi produksi energi sebesar 21.437,25 *kWh*/tahun, menghasilkan selisih $\pm 462,75$ *kWh*/tahun yang masih dalam batas toleransi operasional. Perhitungan beban angin pada kecepatan 6,0 m/s menghasilkan tekanan dinamis 22,05 N/m² dan momen pangkal 834,80 N·m, dengan total tegangan gabungan 3,524 MPa, jauh di bawah kuat luluh baja struktural. Hasil simulasi pencahayaan menunjukkan bahwa rata-rata iluminansi (15 *lux*), iluminansi minimum (9,97 *lux*), keseragaman ($U_0 = 0,67$), dan tingkat silau (0,51) memenuhi atau melampaui standar, sedangkan luminansi maksimum (1,15 cd/m²) sesuai ketentuan dan luminansi rata-rata (0,77 cd/m²) masih dapat diterima. Analisis konfigurasi menunjukkan bahwa penempatan panel distribusi pada ketinggian ± 3 meter direkomendasikan untuk meningkatkan efisiensi jalur kabel *DC*, mengurangi rugi daya, serta meningkatkan keamanan terhadap risiko eksternal. Kesimpulan penelitian menyatakan bahwa desain PJUTS yang diusulkan memenuhi kriteria kekuatan struktur, standar teknis pencahayaan, efisiensi energi, dan keselamatan operasional, sehingga layak diimplementasikan di lokasi penelitian maupun pada proyek serupa.

Kata Kunci: PJUTS *Off-Grid*, Perhitungan Mekanis, Simulasi Pencahayaan, Panel Distribusi, Energi Surya

ABSTRACT

This study presents the design of an Off-Grid Solar Street Lighting System (PJUTS) at Jalan Raya Kampus Universitas Udayana, Bali. The methodology includes mechanical calculations of the lighting pole (dynamic pressure, wind force, bending moment, bending and axial stresses), lighting simulation using DIALux software based on SNI 7391:2008 standards, 2D layout design with AutoCAD, 3D visualization with SketchUp, as well as analysis of distribution panel configurations and maintenance system recommendations. The design results show that the system is intended to supply 21,900 kWh/year, with an estimated solar energy production of 21,437.25 kWh/year, resulting in a difference of ± 462.75 kWh/year, which remains within operational tolerance limits. Wind load analysis at 6.0 m/s produces a dynamic pressure of 22.05 N/m² and a base moment of 834.80 N·m, with a total combined stress of 3.524 MPa, far below the yield strength of structural steel. Lighting simulation results indicate that average illuminance (15 lux), minimum illuminance (9.97 lux), uniformity ($U_0 = 0.67$), and glare index (0.51) meet or exceed standards, while maximum luminance (1.15 cd/m²) complies with requirements and average luminance (0.77 cd/m²) remains acceptable. Configuration analysis recommends placing the distribution panel at a height of ± 3 meters to improve DC cable efficiency, reduce power loss, and enhance security against external risks. The study concludes that the proposed PJUTS design meets structural strength criteria, technical lighting standards, energy efficiency requirements, and operational safety, making it suitable for implementation at the study site and similar projects.

Keywords: *Off-Grid Solar Street Lighting, mechanical calculation, lighting simulation, distribution panel, solar energy*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Laporan skripsi yang berjudul “Perancangan Desain Lampu Penerangan Jalan Tenaga Surya di Jalan Raya Kampus UNUD” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Diploma IV Teknik Otomasi, konsentrasi Energi Baru dan Terbarukan (EBT), Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali.

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis memperoleh banyak bantuan, arahan, pengetahuan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam kelancaran penyusunan skripsi ini.:

1. Bapak I Nyoman Abdi, S.E., M.eCom., selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. Kadek Amerta Yasa, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
3. Ibu Putri Alit Widyastuti Santiary, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
4. Bapak I Made Sumerta Yasa, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, motivasi, serta arahan selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ida Bagus Irawan Purnama, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan petunjuk, saran, dan dukungan selama penyusunan skripsi.
6. Bapak dan Ibu Dosen di Program Studi Teknik Otomasi, konsentrasi Energi Baru dan Terbarukan (EBT), yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
7. Kedua orang tua tercinta, yang selalu memberikan doa, semangat, dukungan moril maupun materiil, serta menjadi sumber kekuatan utama dalam menyelesaikan studi ini.

8. Seluruh rekan dan sahabat yang telah memberikan semangat, bantuan, dan kebersamaan selama proses penyusunan skripsi.
9. Terakhir, penulis ingin mengingatkan bahwa "Berbaik hatilah kepada sesama, karena setiap orang yang kita temui sedang menghadapi perjuangan yang tidak kita ketahui."

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada seluruh pihak yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pemikiran dalam memberikan bimbingan serta dukungan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, mengingat keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan dan penyempurnaan karya ini di masa mendatang.

Akhir kata, dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati, penulis mempersembahkan skripsi ini kepada seluruh pihak yang telah berperan serta, dengan harapan semoga karya ini dapat memberikan manfaat, khususnya bagi mahasiswa Politeknik Negeri Bali dan umumnya bagi para pembaca..

Bukit Jimbaran, 4 Agustus 2025

yang menyatakan



I Putu Nugraha Ananda Putra

2415374034

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2. Landasan Teori.....	7
2.2.1 Penerangan Jalan Umum	7
2.2.2 Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya.....	7
2.2.3 Klasifikasi Penerangan Jalan Umum	8
2.2.4 Komponen Penerangan Jalan Umum.....	9
2.2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	12
2.2.6 <i>Fotovoltaic</i>	16
2.2.7 Parameter Radiasi Matahari.....	16
2.2.8 Parameter Posisi Matahari dan Orientasi Panel	17
2.2.9 Simulasi dan Perangkat Lunak	18
2.2.10 Standar dan Regulasi PJUTS	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Metode Pengumpulan Data.....	21
3.2 Lokasi Penelitian.....	21
3.3 Diagram Alir	23
3.4 Design penelitian	24
3.5 Teknik Analisis Data	29

3.6	Hasil yang Diharapkan.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Spesifikasi Penerangan Jalan	34
4.1.1	Data Teknis	34
4.1.2	Tahapan Pembangkitan Energi Surya	35
4.1.3	Tahapan Simulasi Pencahayaan	35
4.1.4	Besar Energi Listrik yang Dibutuhkan Oleh PJU	36
4.1.5	Besar Energi Listrik yang Dihasilkan Oleh PJUTS.....	37
4.1.6	Simulasi <i>DIALux</i>	37
4.1.7	Analisis Perencanaan dan SNI.....	40
4.1.8	Perhitungan Mekanis Beban Tiang PJU	41
4.2	Design PJUTS.....	48
4.2.1	Design 2D PJUTS.....	48
4.2.2	Design 3D PJUTS.....	53
4.1	Single line diagram	57
4.2	Wiring Diagram	58
4.3	Design Panel Distribusi PJUTS	59
4.3.1	Design 2D Panel Distribusi PJUTS	59
4.3.2	Design 3D Panel Distribusi PJUTS	68
4.4	Spesifikasi PJUTS dan Panel Distribusi	73
4.5.1	Spesifikasi PJUTS.....	73
4.5.2	Spesifikasi Panel Distrubusi	74
4.5	Design Akhir PJUTS.....	75
4.6	<i>Maintenance</i> PJUTS	77
4.6.1	PJUTS dengan Panel Distribusi di Bawah.....	78
4.6.2	PJUTS dengan Panel Distribusi di Atas.....	78
4.7	Analisis	79
4.7.1	Analisis Konfigurasi Panel Distribusi PJUTS di Bawah	79
4.7.2	Analisis Konfigurasi Panel Distribusi PJUTS di Atas	80
4.7.3	Perbandingan Kedua Konfigurasi	81
4.7.4	Rekomendasi PJUTS di Jalan Raya Kampus Udayana	82
BAB V PENUTUP		83
5.1	Kesimpulan	83
5.2	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA.....		60
LAMPIRAN.....		62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Desain Tiang PJUTS Ganda di Median Jalan Dua Arah	7
Gambar 2. 2 Contoh Penerapan PJUTS di Jalan Umum	8
Gambar 2. 3 Ornamen Tiang LPJ	9
Gambar 2. 4 Lampu Penerangan Jalan	11
Gambar 2. 5 Grounding Rod.....	12
Gambar 2. 6 Sistem PLTS Off-grid	13
Gambar 2. 7 Panel Surya	13
Gambar 2. 8 Jenis Panel Surya	14
Gambar 2. 9 Solar Charge Controller-MPPT	15
Gambar 2. 10 Baterai	15
Gambar 2. 11 Sistem Fotovoltaic	16
Gambar 2. 12 AutoCAD	18
Gambar 2. 13 SketchUp.....	19
Gambar 2. 14 DIALux	19
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian.....	22
Gambar 3. 2 Situasi PJU Jalan Raya Kampus Udayana	22
Gambar 3. 3 Diagram Alir	23
Gambar 3. 4 Rencana Design PJUTS Opsi 1 Tampak Belakang	24
Gambar 3. 5 Rencana Design PJUTS Opsi 1 Tampak Depan	25
Gambar 3. 6 Rencana Design PJUTS Opsi 1 Tampak Atas	26
Gambar 3. 7 Rencana Design PJUTS Opsi 1 Tampak Sudut	26
Gambar 3. 8 Rencana Design Panel Distribusi Opsi 1	26
Gambar 3. 9 Rencana Design PJUTS Opsi 2 Tampak Depan	27
Gambar 3. 10 Rencana Design PJUTS Opsi 2 Tampak Belakang	28
Gambar 3. 11 Rencana Design PJUTS Opsi 2 Tampak Atas	29
Gambar 4. 1 Jalan Raya Kampus Udayana.....	35
Gambar 4. 2 Simulasi DIALux	38
Gambar 4. 3 Lembar Data Produk Lampu DIALux	39
Gambar 4. 4 Gaya pada Tiang Vertikal	43
Gambar 4. 5 Gaya pada Tiang Horizontal	43
Gambar 4. 6 Gaya pada PV Panel.....	44
Gambar 4. 7 Gaya pada Lampu	44
Gambar 4. 8 Gaya pada Panel Distribusi.....	44
Gambar 4. 9 Momen di Pangkal Tiang PJUTS	45
Gambar 4. 10 Bagian Tiang Terkena Tegangan Lentur	46
Gambar 4. 11 Seluruh Bagian Tiang Terkena Tegangan Aksial	46
Gambar 4. 12 Desain 1 2D PJUTS Tampak Depan Dengan Bracket.....	49
Gambar 4. 13 Desain 1 2D PJUTS Tampak Depan.....	49
Gambar 4. 14 Desain 1 2D PJUTS Tampak Belakang.....	50
Gambar 4. 15 Desain 1 2D PJUTS Tampak Samping.....	50
Gambar 4. 16 Desain 1 2D PJUTS Tampak Atas.....	51
Gambar 4. 17 Desain 2 PJUTS 2D Tampak Depan.....	51
Gambar 4. 18 Desain 2 PJUTS 2D Tampak Belakang.....	52
Gambar 4. 19 Desain 2 2D PJUTS Tampak Samping.....	52
Gambar 4. 20 Komponen PJUTS Lainnya	53
Gambar 4. 21 Desain 1 3D PJUTS Tampak Depan.....	53

Gambar 4. 22 Desain 1 3D PJUTS Tampak Belakang.....	54
Gambar 4. 23 Desain 1 3D PJUTS Tampak Depan dengan Bracket.....	54
Gambar 4. 24 Desain 1 3D PJUTS Tampak Samping.....	55
Gambar 4. 25 Desain 1 3D PJUTS Tampak Atas.....	55
Gambar 4. 26 Desain 2 3D PJUTS Tampak Depan dengan Bracket.....	56
Gambar 4. 27 Desain 2 3D PJUTS Tampak Depan.....	56
Gambar 4. 28 Single Line Diagram Panel Distribusi PJUTS	57
Gambar 4. 29 Wiring Diagram Panel Distribusi PJUTS	58
Gambar 4. 30 Design 2D Panel Distribusi Tampak Depan Tanpa Komponen	60
Gambar 4. 31 Design 2D Panel Distribusi Tampak Depan	61
Gambar 4. 32 Design 2D Panel Distribusi Tampak Depan Layer2.....	62
Gambar 4. 33 Design 2D Tata Letak Komponen Panel Distrubusi.....	63
Gambar 4. 34 Design 2D Komponen Panel Distribusi Tampak Samping.....	64
Gambar 4. 35 Design 2D Panel Distribusi Tampak Samping	65
Gambar 4. 36 Design 2D Panel Distribusi Tampak Belakang	66
Gambar 4. 37 Design 2D Panel Distribusi Tampak Atas	67
Gambar 4. 38 Design 3D Panel Distribusi Tampak Depan	68
Gambar 4. 39 Design 3D Panel Distribusi Tampak Depan Layer 2.....	69
Gambar 4. 40 Design 3D Tata Letak Komponen Panel Distribusi.....	69
Gambar 4. 41 Design 3D Tata Letak Komponen dalam Panel Distribusi.....	70
Gambar 4. 42 Design 3D Panel Distribusi Tampak Depan Layer 2 dengan Komponen	70
Gambar 4. 43 Design 3D Keseluruhan Komponen Panel Distribusi.....	71
Gambar 4. 44 Design 3D Panel Distribusi Tampak Belakang	71
Gambar 4. 45 Design 3D Panel Distribusi Tampak Atas	72
Gambar 4. 46 Design 3D Panel Distribusi Tampak Samping	72
Gambar 4. 47 Design Akhir PJUTS Panel Diatas	76
Gambar 4. 48 Design Akhir PJUTS Panel Dibawah	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi PJU	9
Tabel 2. 2 Klasifikasi Lux PJU	11
Tabel 4. 1 Beban Kelistrikan Jalan Raya Kampus UNUD	36
Tabel 4. 2 Besar Energi yang Dihasilkan PJUTS	37
Tabel 4. 3 Hasil Illuminance	39
Tabel 4. 4 Hasil Luminance	40
Tabel 4. 5 Perbandingan Simulasi DIALux dan Standar SNI	41
Tabel 4. 6 Spesifikasi Lengkap PJUTS	73
Tabel 4. 7 Spesifikasi Lengkap Panel Distribusi	74
Tabel 4. 8 Perbandingan Konfigurasi Panel Distribusi PJUTS	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan salah satu infrastruktur penting yang berfungsi untuk meningkatkan keselamatan, kenyamanan, dan keamanan para pengguna jalan, khususnya pada malam hari. Namun demikian, di berbagai wilayah, termasuk area kampus, sistem PJU yang masih bergantung pada jaringan listrik dari PLN sering mengalami berbagai permasalahan, seperti pemadaman listrik, tingginya biaya operasional, serta keterbatasan akses energi. Kondisi tersebut menjadi latar belakang perlunya pengembangan solusi alternatif yang lebih efisien, andal, dan berkelanjutan. [1].

Salah satu alternatif solusi yang dinilai efektif adalah penerapan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS), yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber daya utama. Teknologi ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap pasokan listrik konvensional sekaligus mendukung inisiatif pelestarian lingkungan. Pulau Bali memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi surya, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai *Peak Sun Hour (PSH)* yang tergolong tinggi. Berdasarkan studi oleh Wiriastika et al. (2022) mengenai perencanaan PLTS di Tempat Olah Sampah (TOSS) Werdi Guna, Klungkung, nilai *PSH* di wilayah tersebut berkisar antara 4,49 hingga 6,27 jam per hari, tergantung musim dan kondisi cuaca. Nilai ini menunjukkan durasi efektif pancaran sinar matahari yang dapat dioptimalkan oleh panel surya untuk menghasilkan energi listrik. Dengan kondisi geografis dan iklim yang mendukung, Bali menjadi wilayah yang sangat potensial untuk pengembangan sistem PJUTS, karena ketersediaan energi matahari yang melimpah dan relatif stabil sepanjang tahun. Penerapan PJUTS tidak hanya memberikan efisiensi energi, tetapi juga berkontribusi terhadap pengembangan infrastruktur yang ramah lingkungan dan berkelanjutan [2].

Berdasarkan penelitian Hasanuddin dan Azis (2023), penerapan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) berbasis *LED* dan panel surya di lingkungan kampus terbukti dapat beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada jaringan listrik PLN. Sistem ini dirancang dengan pendekatan rekayasa nilai sehingga efisien dan andal sebagai sumber penerangan malam hari yang menggunakan energi matahari sebagai sumber utama. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknologi PJUTS sangat potensial untuk diterapkan di kawasan kampus dan area yang sulit dijangkau listrik konvensional, sehingga mampu mendukung upaya penghematan energi dan pengurangan emisi

karbon[3]. Selanjutnya, studi oleh Yasa dan Sarief (2021) yang berfokus pada perencanaan PJUTS di Jalan Kolonel Masturi, Cimahi, menggunakan simulasi perangkat lunak *DIALux* untuk memastikan intensitas pencahayaan yang memadai sesuai standar. Dengan 158 titik lampu *LED* berdaya 24 *Watt* yang didukung oleh panel surya berkapasitas 75 Wp, sistem ini mampu memberikan pencahayaan antara 3 sampai 7 *lux* dan beroperasi selama 12 jam setiap malam. Keunggulan lain dari sistem ini adalah kemampuannya bertahan hingga tiga hari tanpa paparan sinar matahari langsung, yang menjadikan PJUTS solusi penerangan jalan yang handal dan ramah lingkungan [4].

Penerangan jalan berbasis tenaga surya merupakan salah satu bentuk inovasi teknologi yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber utama, yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik melalui panel surya. Energi listrik tersebut disimpan dalam baterai untuk digunakan sebagai sumber daya penerangan pada malam hari. Keunggulan utama dari sistem ini adalah kemampuannya untuk tetap beroperasi secara mandiri meskipun terjadi pemadaman listrik dari jaringan PLN, karena sepenuhnya bergantung pada energi terbarukan yang bersumber dari sinar matahari, sehingga tidak memerlukan koneksi langsung dengan jaringan listrik konvensional [5]. Dengan mempertimbangkan potensi energi matahari yang tinggi di Bali serta kebutuhan penerangan jalan yang terus meningkat di lingkungan Jl. Raya kampus UNUD, perancangan sistem lampu penerangan jalan tenaga surya menjadi langkah strategis. Selain mendukung visi kampus hijau (*green campus*), sistem PJUTS ini dapat meningkatkan keamanan, efisiensi energi, dan mendukung transisi menuju energi bersih dan terbarukan di sektor pendidikan.

Jalan Raya Kampus Universitas Udayana (UNUD) di Jimbaran, Kabupaten Badung, merupakan jalan lokal sekunder sepanjang $\pm 3,7$ km dengan lebar 8 meter yang menjadi jalur utama mobilitas mahasiswa, dosen, dan masyarakat di kawasan pendidikan, dikelilingi asrama, rumah makan, dan pusat layanan akademik sehingga aktivitas lalu lintas dan pejalan kaki sangat padat, khususnya pada pagi dan sore hari. Area penelitian mencakup dua ruas jalan masing-masing sepanjang ± 850 meter, salah satunya membentang dari perempatan McDonald's Jimbaran hingga perempatan toko Nirmala Jalan Raya Kampus Universitas Udayana, dengan total 25 tiang PJU, setiap tiang dilengkapi dua lampu LED sehingga jumlah keseluruhan mencapai 50 unit. Pemanfaatan PJUTS dipandang sebagai solusi karena menggunakan energi baru terbarukan (EBT) dan mengurangi ketergantungan pada listrik PLN, namun penerapannya menimbulkan

pertanyaan teknis yang menjadi fokus penelitian ini, yaitu berapa besar energi listrik yang harus dihasilkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan penerangan 25 tiang PJU dengan 50 lampu LED, bagaimana desain sistem PJUTS yang optimal untuk kawasan tersebut, dan bagaimana desain panel distribusi yang mampu melindungi komponen dari cuaca panas maupun hujan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka perumusan masalah dalam penelitian sebagai berikut:

1. Berapakah besar energi listrik yang harus dihasilkan oleh PLTS untuk penerangan jalan sebanyak 25 tiang di Jl. Raya Kampus UNUD?
2. Bagaimanakah desain PJUTS untuk memenuhi kebutuhan penerangan di Jl. Raya Kampus UNUD?
3. Bagaimanakah desain Panel distribusi PJUTS yang tepat agar komponen dapat terlindungi meskipun cuaca panas atau hujan?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada kawasan Jalan Raya Kampus Universitas Udayana di Bali sebagai lokasi studi kasus penerapan PJUTS.
2. Energi yang digunakan hanya bersumber dari panel surya, tanpa mempertimbangkan hybrid system dan PLN.
3. Aspek analisis biaya hanya mencakup estimasi komponen PLTS, lampu *LED*, dan tiang, tanpa membahas biaya operasional jangka panjang.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, sebagai berikut:

1. Mampu menentukan besar energi listrik yang harus dihasilkan oleh PLTS untuk penerangan jalan sebanyak 25 tiang di Jl. Raya Kampus UNUD.
2. Mampu merancang desain dan memperoleh hasil akhir sistem PJUTS untuk memenuhi kebutuhan penerangan di Jl. Raya Kampus UNUD.
3. Dapat mendesain Panel distribusi PJUTS yang tepat agar komponen dapat terlindungi meskipun cuaca panas atau hujan.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Bagi Mahasiswa

Menjadi referensi atau studi kasus yang relevan untuk penelitian lanjutan di bidang teknik elektro, energi baru terbarukan, dan rekayasa sistem tenaga.

2. Bagi Politeknik Negeri Bali

Memberikan referensi akademik dan contoh nyata implementasi teknologi terbarukan yang diterapkan pada lingkungan sekitar serta dapat diadopsi oleh mahasiswa untuk dikembangkan lebih lanjut.

3. Bagi Umum

Menjadi model penerapan teknologi PJUTS yang dapat direplikasi di daerah lain yang memiliki potensi energi surya tinggi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan desain lampu penerangan jalan tenaga surya di jalan raya kampus unud, maka dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan hasil perancangan, sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) di Jalan Raya Kampus Universitas Udayana dirancang untuk menyuplai energi sebesar 21.900 kWh per tahun untuk 25 tiang. Sementara itu, estimasi energi listrik yang dapat dihasilkan oleh sistem tenaga surya adalah sebesar $21.437,25 \text{ kWh}$ per tahun. Nilai ini diperoleh berdasarkan analisis kebutuhan energi dari 25 tiang PJUTS, dengan mempertimbangkan jumlah dan daya lampu LED yang terpasang serta durasi operasional pencahayaan harian. Dengan demikian, terjadi selisih energi sekitar $462,75 \text{ kWh}$ per tahun, yang menunjukkan bahwa sistem masih berada pada batas toleransi dan tetap dapat beroperasi secara optimal dengan perencanaan daya cadangan yang memadai, meskipun tidak sepenuhnya menutupi kebutuhan energi secara ideal. Selisih ini terjadi karena konsumsi energi dihitung dari kebutuhan tetap beban (lampu) tanpa memperhitungkan pengaruh faktor eksternal seperti cuaca. Sementara itu, output PLTS sangat dipengaruhi oleh penyinaran matahari harian (irradiansi atau *Peak Sun Hours*), efisiensi panel surya, kualitas dan panjang kabel, kinerja *solar charge controller* (SCC) dan baterai, serta rugi-rugi sistem yang disebabkan oleh suhu lingkungan, sistem pengaman, dan konversi daya. Faktor-faktor inilah yang menyebabkan hasil output riil dapat lebih rendah dibandingkan estimasi kebutuhan beban teoritis.
2. Desain sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) yang dirancang pada lokasi penelitian dinyatakan aman dan layak diimplementasikan. Perhitungan beban angin dengan kecepatan $6,0 \text{ m/s}$ menghasilkan tekanan dinamis sebesar $22,05 \text{ N/m}^2$ dan momen total di pangkal tiang sebesar $834,80 \text{ N}\cdot\text{m}$, dengan kontribusi terbesar berasal dari PV panel ($74,08 \text{ N}$ pada elevasi 8 m). Analisis kekuatan segmen bawah tiang (diameter luar $5''$, ketebalan 14 mm) menunjukkan tegangan lentur 3.138 MPa dan tegangan aksial $0,385 \text{ MPa}$, sehingga total tegangan gabungan hanya 3.524 MPa , jauh di bawah kuat luluh baja struktural yang umumnya mencapai ratusan MPa. Hasil simulasi

pencahayaannya dengan *DIALux* mengacu pada SNI 7391:2008 untuk jalan arteri kelas M4 menunjukkan bahwa rata-rata iluminansi (15 lux), iluminansi minimum ($9,97 \text{ lux}$), keseragaman ($U_0 = 0,67$), dan tingkat silau ($0,51$) memenuhi atau melampaui standar, sedangkan luminansi maksimum ($1,15 \text{ cd/m}^2$) sesuai ketentuan dan luminansi rata-rata ($0,77 \text{ cd/m}^2$) meskipun sedikit di bawah standar, masih dapat diterima dengan pertimbangan kondisi permukaan jalan dan efisiensi energi. Dengan demikian, desain PJUTS ini memenuhi persyaratan kekuatan struktur, standar teknis pencahayaan, dan keselamatan visual, serta direkomendasikan untuk diimplementasikan di lokasi penelitian maupun proyek serupa.

3. Desain Panel distribusi PJUTS dirancang untuk memberikan perlindungan maksimal terhadap komponen elektronik di dalamnya dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan luar ruang yang ekstrem seperti panas, hujan, dan kelembapan tinggi. Material utama yang digunakan meliputi plat lembaran *stainless steel* 304 dan plat *fiberglass* 2 mm yang tahan korosi, dilengkapi *seal strip EPDM* pada pintu untuk menjaga kedapannya serta engsel antikorosi dan sistem penguncian *push lock* MS 712-1 agar box tetap tertutup rapat. Di dalam panel terdapat pilot lamp *LED DC 24V* sebagai indikator status sistem, sementara komponen proteksi dan kelistrikan seperti *Fuse holder DC 1000V + Fuse 20A*, *MCB Schneider Electric DC 20A*, rel *MCB aluminium*, serta *DC SPD 2P 200V 20–40kA* dipasang pada panel dalam guna memastikan keamanan sirkuit. Seluruh komponen dipasang menggunakan baut, mur, dan ring plat *stainless steel* M6 SS 304 serta dicat dengan cat anti karat untuk meningkatkan daya tahan. Sistem kabel menggunakan *PVI-F Slocable* merah/hitam, kabel NYAF, dan *cable ties* agar instalasi rapi dan aman. Selain itu, sistem juga dilengkapi penangkal petir 2T, kabel BC 16 mm untuk sambungan dan kabel *grounding* BC 25 mm² guna memastikan perlindungan terhadap sambaran petir. Tata letak komponen didesain agar mudah diakses dan dirawat, menjadikan panel distribusi ini andal dan sesuai dengan standar teknis untuk instalasi PJUTS berbasis energi surya di lingkungan tropis seperti di Jl. Raya Kampus Udayana.

5.2 Saran

Sebagai pengembangan lebih lanjut dari perancangan sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS), terdapat beberapa saran teknis yang dapat

dipertimbangkan guna meningkatkan efisiensi energi, keamanan sistem, dan daya tahan komponen, yaitu:

1. Penerapan Solar Motion Sensor

Disarankan untuk menambahkan *solar sensor* (sensor cahaya matahari) pada sistem PJUTS. Sensor ini memungkinkan sistem mendeteksi intensitas cahaya matahari dan mengatur kapan lampu menyala atau mati secara otomatis. Dengan solar sensor, lampu PJUTS dapat menyala secara efisien hanya ketika cahaya matahari mulai menghilang, sehingga menghindari pemborosan energi dan memperpanjang usia baterai.

2. Integrasi *BMS (Battery Management System)*

Sistem manajemen baterai atau *Battery Management System (BMS)* sangat disarankan untuk diterapkan guna menjaga kinerja dan umur baterai. *BMS* berfungsi memantau dan mengatur proses pengisian dan pengosongan baterai agar tidak terjadi overcharge maupun overdischarge, serta mendeteksi ketidakseimbangan tegangan antar sel baterai. Dengan adanya *BMS*, sistem PJUTS dapat bekerja lebih stabil dan aman dalam jangka panjang, terutama dalam kondisi lingkungan ekstrem yang berpotensi memengaruhi kinerja baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Rahmadi, F. T. Industri, and I. U. Bungkata, "Study Evaluasi Perancangan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (Solar Cell) Di Fakultas Teknologi Industri Universitas," 2008.
- [2] I. P. Dedi Wiriastika, I. N. Setiawan, and I. W. Sukerayasa, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tempat Olah Sampah Setempat Werdi Guna Desa Gunaksa Kabupaten Klungkung," *J. SPEKTRUM*, vol. 9, no. 1, p. 44, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2022.v09.i01.p6.
- [3] B. Suprihambodo, "Instalasi Penerangan Jalan Umum," *AINET (Jurnal Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2010.
- [4] M. T. Yasa and I. Sarief, "Perencanaan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (Pjuts) Dan Simulasi Dialux (Studi Kasus Jalan Kolonel Masturi Cimahi)," *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 6, no. 1, p. 7, 2021, doi: 10.32897/infotronik.2021.6.1.606.
- [5] A. D. Novfowan, A. Setiawan, R. Ruwahjoto, M. Mieftah, S. Sukamdi, and R. Sutjipto, "Pemasangan Lampu Penerangan Jalan Berbasis Panel Surya Di Dusun Klandungan Kabupaten Malang," *J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 10, no. 2, pp. 159–163, 2023, doi: 10.33795/abdimas.v10i2.4568.
- [6] M. A. Kurniawan, A. Yamin, and P. Sakti, "Analisis Perancangan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS) Akses Desa Wisata Mantar Kabupaten Sumbawa Barat," *JiIP - J. Ilm. Ilmu Pendidik.*, vol. 6, no. 5, pp. 2951–2956, 2023, doi: 10.54371/jiip.v6i5.1986.
- [7] B. R. Adji, S. Prajogo, and A. Pudim, "Perancangan PJUTS terpusat off-grid di wilayah 1 Taman Hutan Raya Ir. H. Djuanda Bandung," *JITEL (Jurnal Ilm. Telekomun. Elektron. dan List. Tenaga)*, vol. 3, no. 2, pp. 91–100, 2023, doi: 10.35313/jitel.v3.i2.2023.91-100.
- [8] Muhammad Dzulkifli, Verra Aullia, and Abdurrahim, "Perencanaan Instalasi Penerangan Jalan Umum (PJU) Jalan Tani Subur Kec. Loa Janan Ilir Samarinda," *PoliGrid*, vol. 4, no. 2, pp. 41–51, 2023, doi: 10.46964/poligrid.v4i2.17.
- [9] A. Persebaran, I. Penerangan, B. Keselamatan, and K. Kerja, "Progressive Physics Journal," vol. 5, no. 5, pp. 334–342, 2024.
- [10] N. Nurdiana, "319329-Evaluasi-Illuminasi-Lampu-Penerangan-Jala-8546188F," *Eval. Illuminasi Lampu Penerangan Jalan Soekarno - Hatta Palembang*, vol. 1, no. 2008, pp. 2–3, 2016.
- [11] F. Pujiyanto and S. Susanto, "Analisis Electric Grounding System Untuk Keandalan Dan Keselamatan Dalam Instalasi Kelistrikan," *Maj. Ilm. Gema Marit.*, vol. 24, no. 2, pp. 95–104, 2022, doi: 10.37612/gema-maritim.v24i2.296.
- [12] D. Sugiyanti, A. A. Kurniawan, and D. D. Pravitasari, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Home System Dengan Kapasitas 100 WP Untuk Pengisian Daya Perangkat Elektronik," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2622 – 7002, pp. 239–246, 2024, [Online]. Available: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>
- [13] I. K. Ricardo and I. W. Sujana, "Analisa Kinerja Panel Surya Kapasitas 50 Wp Tipe Monokristalin Sebagai Multipurpose Power Reserve," vol. 13, no. 2, pp. 44–53, 2022.
- [14] A. Satriady, W. Alamsyah, H. I. Saad, and S. Hidayat, "Pengaruh Luas Elektroda Terhadap Karakteristik Baterai Lifepo 4," *J. Mater. dan Energi Indones.*, vol. 06,

- no. 02, pp. 43–48, 2016.
- [15] A. P. Saputry, T. Lestariningsih, and Y. Astuti, “The Effect of Ratio LiBOB:TiO₂ of Electrolyte Polymer Sheets as separators on the Electrochemical Performance of LTO-Based Lithium-Ion Batteries,” *J. Kim. Sains dan Apl.*, vol. 22, no. 4, pp. 136–142, 2019, doi: 10.14710/jksa.22.4.136-142.
 - [16] F. A. Perdana, “Baterai Lithium,” *INKUIRI J. Pendidik. IPA*, vol. 9, no. 2, p. 113, 2021, doi: 10.20961/inkuiri.v9i2.50082.
 - [17] A. C. Lazaroiu, M. Gmal Osman, C. V. Strejoiu, and G. Lazaroiu, “A Comprehensive Overview of Photovoltaic Technologies and Their Efficiency for Climate Neutrality,” *Sustain.*, vol. 15, no. 23, 2023, doi: 10.3390/su152316297.
 - [18] A. Y. Salile and S. Nisworo, “Analisis Fluktuasi Radiasi Matahari dan Implikasinya Terhadap Penempatan PLTS,” vol. 2, no. 6, pp. 354–358, 2025.
 - [19] P. Megantoro, M. A. Syahbani, I. H. Sukmawan, S. D. Perkasa, and P. Vigneshwaran, “Effect of peak sun hour on energy productivity of solar photovoltaic power system,” *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 11, no. 5, pp. 2442–2449, 2022, doi: 10.11591/eei.v11i5.3962.
 - [20] M. Mustofa, “Pengaruh air mass matahari terhadap kinerja sel surya (photovoltaic) tipe polycrystalline,” *Sultra J. Mech. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 57–64, 2022, doi: 10.54297/sjme.v1i1.331.
 - [21] M. L. Murtadlo and Y. Yuwono, “Studi Perbandingan Ketelitian Nilai Azimut Melalui Pengamatan Matahari dan Global Positioning System (GPS) Terhadap Titik BM Referensi (Studi Kasus: Kampus ITS Sukolilo),” *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, pp. 4–8, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i1.21377.
 - [22] N. Sopwan *et al.*, “Akurasi Penentuan Altitude dan Azimuth Bulan Saat Gerhana Bulan Total 26 Mei 2021 di OASA UINSA Surabaya,” *Pros. Semin. Nas. Fis.*, vol. 5, pp. 136–143, 2021.
 - [23] S. Ali and T. . Aziz Pandria, “Penentuan Sudut Kemiringan Optimal Panel Surya Untuk Wilayah Meulaboh,” *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 21–28, 2019, doi: 10.35308/jmkn.v5i1.1621.
 - [24] A. N. Reza *et al.*, “Analisis Keefektifan Penggunaan Aplikasi Autocad untuk Merancang Konstruksi Bangunan bagi Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil UNNES,” *J. Majemuk*, vol. 3, no. 1, pp. 172–180, 2024.
 - [25] S. I. A. Setiawan, “Google SketchUp Perangkat Alternatif dalam Pemodelan 3D,” *J. Ultim.*, vol. 3, no. 2, pp. 6–10, 2011, doi: 10.31937/ti.v3i2.298.
 - [26] P. Satwiko, “Pemakaian Perangkat Lunak Dialux sebagai Alat Bantu Proses Belajar Tata Cahaya,” *J. Arsit. KOMPOSISI*, vol. 9, no. 2, pp. 142–154, 2011.
 - [27] B. Nan, Y. Chi, Y. Jiang, and Y. Bai, “Wind Load and Wind-Induced Vibration of Photovoltaic Supports: A Review,” *Sustain.*, vol. 16, no. 6, 2024, doi: 10.3390/su16062551.
 - [28] T. Iiyama *et al.*, “Drag coefficient of circular cylinder in axial flow of water for a wide range of length to diameter ratios,” *J. Nucl. Sci. Technol.*, vol. 59, no. 12, pp. 1478–1486, 2022, doi: 10.1080/00223131.2022.2064357.