

SKRIPSI

**PERENCANAAN PENERANGAN JALAN UMUM
TENAGA SURYA (PJUTS) DI JALAN RAYA
KAMPUS UNUD BUKIT JIMBARAN**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Ni Putu Yuta Febiyanti

NIM. 2415374033

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

ABSTRAK

Penerangan Jalan Umum (PJU) di Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran belum memenuhi SNI 7391:2008 terkait tingkat pencahayaan. Pengumpulan data dilakukan melalui metode studi literatur, observasi, dan dokumentasi, yang menunjukkan bahwa meskipun pencahayaan belum memenuhi standar, lokasi memiliki potensi energi surya rata-rata 5,5 kWh/m² per hari atau 2.067,9 kWh/m² per tahun. Berdasarkan temuan tersebut, direncanakan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) *off-grid* konfigurasi *desentralisasi* yang andal, efisien, dan ekonomis, menggunakan dua lampu HY-JLED03 12 V 50 W per tiang (total 100 W, efikasi 110–140 lm/W) beroperasi 12 jam per malam dengan dua hari *autonomy*, konsumsi energi 2.400 Wh (2,40 kWh) per titik, menghasilkan iluminasi 15 lux sesuai SNI, dipasang pada tiang galvanis 8 m (efektif 7 m) dengan sudut pancar 100° dan *radius* sebaran 8,34 m yang mencakup 218,52 m² per lampu atau 437,04 m² untuk dua lampu. Setiap unit terdiri dari panel surya ASTRO N5 CHSM72N(DG)/F-BH *Bifacial Series* 595 Wp, *Solar Charge Controller* (SCC) MPPT 30 A 24 V, *baterai lithium LiFePO₄* 24 V 150 Ah, *fuse holder* PV 1000 V sekering 20 A, dua MCB DC 20 A *Schneider Electric*, SPD DC 2P 200 V (20–40 kA), kabel PV1-F DC 1×2,5 mm², panel distribusi DC, proteksi IP65, kompatibel DC 12/24 V. Sistem *desentralisasi* memastikan setiap tiang beroperasi mandiri. Estimasi investasi 25 titik Rp848.097.475 mencakup pengadaan komponen, pekerjaan instalasi, dan kebutuhan pendukung. Biaya *operation* dan *maintenance* Rp8.480.975 per tahun setara Rp161.542.376 nilai sekarang 25 tahun, penggantian baterai dua kali total Rp70.567.499, *Life Cycle Cost* Rp1.080.207.350, *Capital Recovery Factor* 0,073, *Cost of Energy* Rp3.665,35/kWh. Analisis finansial menunjukkan *Net Present Value* Rp178.069.597 (>0), *Internal Rate of Return* 7,72% (>MARR 5,25%), dan *Discounted Payback Period* 18,01 tahun (<25 tahun) sehingga PJUTS layak dijalankan secara teknis dan ekonomis untuk jangka panjang.

Kata Kunci: PJUTS, energi surya, sistem *off-grid*, konsumsi energi, kelayakan finansial.

ABSTRACT

Public street lighting (PJU) on Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran does not yet meet SNI 7391:2008 standards for lighting levels. Data collection was conducted using literature review, observation, and documentation methods, which indicated that while the lighting does not meet the standards, the location has an average solar energy potential of 5.5 kWh/m² per day or 2,067.9 kWh/m² per year. Based on these findings, a reliable, efficient, and economical off-grid decentralized configuration of Solar-Powered Street Lighting (PJUTS) is planned, using two HY-JLED03 12 V 50 W lights per pole (total 100 W, efficacy 110–140 lm/W) operating for 12 hours per night with two days of autonomy, energy consumption of 2,400 Wh (2.40 kWh) per point, producing illumination of 15 lux in accordance with SNI standards, installed on 8 m galvanized poles (effective 7 m) with a beam angle of 100° and a spread radius of 8.34 m, covering 218.52 m² per light or 437.04 m² for two lights. Each unit consists of an ASTRO N5 CHSM72N(DG)/F-BH Bifacial Series 595 Wp solar panel, a 30 A 24 V MPPT Solar Charge Controller (SCC), a 24 V 150 Ah lithium LiFePO₄ battery, a PV fuse holder rated at 1,000 V with a 20 A fuse, two DC 20 A Schneider Electric MCBs, a DC 2P 200 V SPD (20–40 kA), PV1-F DC 1×2.5 mm² cable, a DC distribution panel, IP65 protection, and compatibility with DC 12/24 V. The decentralized system ensures each pole operates independently. Estimated investment for 25 points: Rp848,097,475, including procurement of components, installation work, and supporting requirements. Operational and maintenance costs of Rp8,480,975 per year, equivalent to Rp161,542,376 present value over 25 years, battery replacement twice totaling Rp70,567,499, Life Cycle Cost Rp1,080,207,350, Capital Recovery Factor 0.073, Cost of Energy Rp3,665.35/kWh. Financial analysis shows a Net Present Value of Rp178,069,597 (>0), Internal Rate of Return of 7.72% (>MARR 5.25%), and Discounted Payback Period of 18.01 years (<25 years), making the PJUTS technically and economically viable for the long term.

Keywords: *PJUTS, solar energy, off-grid system, energy consumption, financial feasibility.*

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Sebelumnya	6
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Potensi Energi Surya di Indonesia	9
2.2.2 Radiasi Matahari dan Temperatur.....	10
2.2.3 Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS)	11
2.2.4 Penerangan Jalan Umum (PJU)	13
2.2.5 Klasifikasi Jenis Jalan	14
2.2.6 Konfigurasi Sistem Lampu Penerangan Jalan	16
2.2.7 <i>One Sample T-Test</i> atau Uji-T	21
2.2.8 PLTS Sistem <i>Off-Grid</i>	23
2.2.9 Pemeliharaan atau <i>Maintenance</i> PJUTS.....	24
2.2.10 Panel Surya	26
2.2.11 Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Sistem PLTS.....	28
2.2.12 Perhitungan Panel Surya	30
2.2.13 <i>Solar Charge Controller</i> (SCC).....	33

2.2.14	Baterai	34
2.2.15	Panel Distribusi DC	35
2.2.16	Kabel.....	37
2.2.17	Biaya <i>Operasi dan Maintenance</i> (O&M)	38
2.2.18	Biaya <i>Capital Recovery Factor</i> (CRF)	39
2.2.19	Biaya <i>Life Cycle Cost</i> (LCC)	39
2.2.20	Biaya <i>Cost of Energy</i> (COE)	40
2.2.21	<i>Net Present Value</i> (NPV).....	40
2.2.22	<i>Internal Rate of Return</i> (IRR).....	41
2.2.23	<i>Discounted Payback Period</i> (DPP).....	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		43
3.1	Rancangan Pengambilan Data.....	43
3.1.1	Jenis Penelitian	43
3.1.2	Lokasi Penelitian.....	43
3.1.3	Sumber Data	45
3.1.4	Metode Pengumpulan Data.....	45
3.1.5	Metode Analisis Data.....	46
3.1.6	Diagram Alir Penelitian	55
3.1.7	Hasil yang Diharapkan.....	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		57
4.1	Gambaran Umum Penelitian	57
4.2	Data Temperatur Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran.....	60
4.3	Data Iradiasi Matahari Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran.....	61
4.4	Data Intensitas <i>Lux</i> dan Kemerataan Pencahayaan	63
4.5	Perhitungan Awal dan Analisis Pencahayaan Sistem PJUTS.....	64
4.5.1	Perhitungan Iluminasi Berdasarkan Hukum Kuadrat Terbalik.....	64
4.5.2	Perhitungan <i>Lux</i> Berdasarkan <i>Output</i> Cahaya dan Luas Area.....	66
4.5.3	Perhitungan Kebutuhan Daya Lampu (<i>Watt</i>).....	68
4.5.4	Perhitungan <i>One Sample T-Test</i> (Uji-T Satu Sampel).....	70
4.6	Penentuan Kapasitas dan Spesifikasi Panel Surya	73
4.6.1	Perhitungan Konsumsi Energi Harian	73
4.6.2	Perhitungan PMPP saat Suhu Meningkat	75
4.6.3	Perhitungan <i>Temperature Correction Factor</i> (TCF).....	76
4.6.4	Perhitungan Luas Panel Surya (<i>PV Area</i>).....	76
4.6.5	Perhitungan Kapasitas Daya Puncak (<i>Watt-peak/Wp</i>)	77

4.6.6	Perhitungan Jumlah Panel Surya	77
4.7	Perhitungan Kapasitas Sistem Penyimpanan dan Proteksi	78
4.7.1	Perhitungan Kapasitas <i>Solar Charge Controller</i> (SCC).....	78
4.7.2	Perhitungan Kapasitas Baterai	79
4.7.3	Perhitungan Sistem Proteksi (<i>Fuse</i> , MCB & SPD)	80
4.7.4	Perhitungan KHA Kabel DC	84
4.7.5	Perhitungan Daya <i>Output</i> Panel Surya	85
4.7.6	Perhitungan Energi <i>Output</i> Harian Sistem PJUTS	85
4.8	<i>Design</i> Tata Letak PJUTS	86
4.8.1	<i>Single Line Diagram</i>	87
4.8.2	<i>Wiring Diagram</i>	88
4.8.3	<i>Maintenance</i> Sistem PJUTS Berdasarkan Komponen Utama.....	89
4.9	Perhitungan Biaya Ekonomi	90
4.9.1	Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	90
4.9.2	Biaya <i>Operation</i> dan <i>Maintenance</i> (O&M).....	93
4.9.3	<i>Biaya Life Cycle Cost</i> (LCC)	94
4.9.4	Biaya <i>Capital Recovery Factor</i> (CRF)	94
4.9.5	Biaya <i>Cost of Energy</i> (COE)	95
4.10	Analisis Kelayakan Investasi	95
4.10.1	<i>Net Present Value</i> (NPV).....	95
4.10.2	<i>Internal Rate of Return</i> (IRR).....	97
4.10.3	<i>Discounted Payback Period</i> (DPP).....	98
BAB V PENUTUP		99
5.1	Kesimpulan	99
5.2	Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA.....		101
LAMPIRAN		104

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Potensi Energi Surya di Indonesia.....	9
Gambar 2. 2 <i>Air Mass (AM)</i> dan <i>Sudut Zenith (Zenith Angle)</i>	10
Gambar 2. 3 Pengaruh Suhu Sel Surya pada Kurva I-V Besar Iradiasi 1000 W/m ²	11
Gambar 2. 4 Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS).....	11
Gambar 2. 5 Penerangan Jalan Umum (PJU).....	13
Gambar 2. 6 Klasifikasi Jenis Jalan	14
Gambar 2. 7 Jenis Jalan Nasional, Provinsi, dan Kabupaten/Kota (PUPR).....	15
Gambar 2. 8 Jenis Lampu Merkuri, Sodium, dan LED.....	20
Gambar 2. 9 Bentuk Lengan Tiang Lampu Jalan (SNI 7391:2008)	21
Gambar 2. 10 <i>PLTS Sistem Off-Grid</i>	23
Gambar 2. 11 <i>Monocrystalline</i>	27
Gambar 2. 12 <i>Polycrystalline</i>	27
Gambar 2. 13 <i>Thin Film Solar Cell (TFSC)</i>	28
Gambar 2. 14 <i>Solar Charge Controller (SCC)</i>	34
Gambar 2. 15 Baterai	35
Gambar 2. 16 Panel Distribusi DC.....	36
Gambar 2. 17 Kabel	38
Gambar 3. 1 Lokasi Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran	44
Gambar 3. 2 Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran Siang Hari.....	44
Gambar 3. 3 Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran Malam Hari.....	44
Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian.....	55
Gambar 4. 1 Tiang 1-9 Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran	58
Gambar 4. 2 Tiang 10-16 Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran	58
Gambar 4. 3 Tiang 17-25 Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran	59
Gambar 4. 4 Grafik Nilai Temperatur Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran	60
Gambar 4. 5 Grafik Nilai Iradiasi Matahari Per Jam	62
Gambar 4. 6 Grafik Nilai Iradiasi Matahari Per Bulan	62
Gambar 4. 7 Lampu Jalan 12V 50W HY-JLED03	69
Gambar 4. 8 Panel Surya ASTRO N5 595 Wp	74
Gambar 4. 9 <i>Solar Charge Controller (SCC)</i> MPPT STEC 30A 24V	79
Gambar 4. 10 <i>Baterai Lithium LiFePO4</i> 24V 150Ah.....	80
Gambar 4. 11 <i>Solar PV Fuse Holder DC 1000V with Fuses 20A</i>	81
Gambar 4. 12 <i>MCB Schneider Electric Acti9 C60H-DC 20A</i>	82

Gambar 4. 13 DC SPD 2P 200V 20-40 kA.....	83
Gambar 4. 14 PV1-F 1X 2.5mm ² Slocable	84
Gambar 4. 15 <i>Single Line Diagram</i>	87
Gambar 4. 16 <i>Wiring Diagram</i>	88

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Kualitas Pencahayaan Normal	17
Tabel 2. 2 Penataan Letak Lampu Penerangan Jalan	18
Tabel 4. 1 Data Nilai Temperatur Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran.....	60
Tabel 4. 2 Data Nilai Iradiasi Matahari Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran...	61
Tabel 4. 3 Data Intensitas <i>Lux</i> dan Kemerataan Pencahayaan.....	63
Tabel 4. 4 <i>Smart Sensor AS803 Digital Lux Meter</i>	64
Tabel 4. 5 Spesifikasi Lampu Jalan 12V 50W HY-JLED03	69
Tabel 4. 6 Spesifikasi Tiang PJU Galvanis Oktagonal 4 <i>Inch</i>	69
Tabel 4. 7 Spesifikasi Tiang PJU Galvanis Oktagonal 5 <i>Inch</i>	70
Tabel 4. 8 Perhitungan Nilai Selisih dan Kuadrat Selisih terhadap Rata-Rata Sampel .	71
Tabel 4. 9 Beban Kelistrikan Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran.....	73
Tabel 4. 10 Spesifikasi Panel Surya ASTRO N5 595 Wp	75
Tabel 4. 11 Spesifikasi <i>Solar Charge Controller</i> (SCC) MPPT STEC 30A 24V	79
Tabel 4. 12 Spesifikasi <i>Baterai Lithium LiFePO4</i> 24V 150Ah	80
Tabel 4. 13 <i>Solar PV Fuse Holder</i> DC 1000V <i>with Fuses</i> 20A	81
Tabel 4. 14 Spesifikasi <i>MCB Schneider Electric Acti9 C60H-DC</i> 20A	82
Tabel 4. 15 Spesifikasi DC SPD 2P 200V 20-40 kA.....	83
Tabel 4. 16 Spesifikasi PV1-F 1X 2.5mm ² <i>Slocable</i>	84
Tabel 4. 17 Energi <i>Output</i> PJUTS.....	86
Tabel 4. 18 RAB Komponen PJUTS	91
Tabel 4. 19 Biaya Sumber Daya Manusia.....	92
Tabel 4. 20 Biaya Upah Pemasangan Komponen PJUTS.....	92
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya.....	92
Tabel 4. 22 Biaya Penggantian Komponen Baterai	93
Tabel 4. 23 <i>Net Present Value</i> (NPV).....	96
Tabel 4. 24 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR)	97

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1: Dokumentasi Pengukuran Intensitas Cahaya (<i>Lux</i>)	105
Lampiran 2: Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya (<i>Lux</i>)	106
Lampiran 3: Spesifikasi Panel Surya ASTRO N5 595 Wp	107
Lampiran 4: Spesifikasi <i>Solar Charge Controller</i> (SCC) MPPT STEC 30A 24V	108
Lampiran 5: Spesifikasi <i>Baterai Lithium LiFePO4</i> 24V 150Ah	109
Lampiran 6: Lampu Jalan 12V 50W HY-JLED03 – IP65 <i>Waterproof</i>	110
Lampiran 7: <i>Smart Sensor AS803 Digital Lux Meter</i>	111
Lampiran 8: Infografis BI-Rate Bank Indonesia per Juli 2025	112

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan fasilitas penting yang berfungsi menyediakan pencahayaan pada malam hari untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan serta mengurangi risiko terjadinya kecelakaan lalu lintas. Namun, sebagian besar PJU di Indonesia saat ini masih menggunakan sumber listrik dari PLN, yang pasokan energinya sangat bergantung pada bahan bakar fosil [1]. Ketergantungan ini menimbulkan berbagai masalah serius, terutama terkait ketahanan energi nasional dan dampak lingkungan [2].

Indonesia, yang terletak di garis khatulistiwa, menerima sinar matahari sepanjang tahun, sehingga memiliki potensi besar untuk memanfaatkan energi surya sebagai alternatif energi bersih [3]. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) hadir sebagai solusi inovatif untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Sistem PJUTS bekerja secara mandiri, di mana listrik untuk lampu penerangan dihasilkan oleh panel surya (*solar cell*) [1]. Penerapan PJUTS tidak hanya menjadi solusi ramah lingkungan yang mendukung keberlanjutan, tetapi juga memberikan manfaat ekonomis dengan mengurangi biaya operasional, bebas konsumsi bahan bakar, mudah dipindahkan, serta mampu menekan polusi lingkungan [4].

Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran merupakan salah satu jalan utama yang memerlukan penerangan memadai untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan para pengguna jalan. Saat ini, di sepanjang jalur tersebut telah terpasang lampu PJU yang memberikan pencahayaan cukup baik. Namun, hasil observasi lapangan menunjukkan adanya beberapa titik lampu yang tidak berfungsi optimal dan memerlukan perbaikan segera. Selain itu, beberapa PJU yang terpasang belum sepenuhnya memenuhi standar BSN SNI 7391:2008 tentang Penerangan Jalan Umum dalam Kota, yang mensyaratkan intensitas penerangan rata-rata untuk menjamin visibilitas yang baik, terutama pada malam hari [5]. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi dan pembaruan sistem penerangan agar sesuai standar demi meningkatkan keselamatan lalu lintas.

Jalan Raya Kampus UNUD terletak di wilayah beriklim tropis dengan tingkat penyinaran matahari yang tinggi sepanjang tahun. Berdasarkan data *Global Solar Atlas*, rata-rata radiasi matahari di kawasan ini mencapai 5,5 kWh/m² per hari atau sekitar

2.067,9 kWh/m² per tahun [6]. Kondisi ini menjadikannya lokasi yang sangat potensial untuk pengembangan sistem energi terbarukan berbasis tenaga surya secara berkelanjutan. Pemanfaatan energi surya tidak hanya menyediakan solusi praktis bagi kebutuhan penerangan jalan, tetapi juga mendukung program pemerintah dalam RUPTL 2021–2030 yang mendorong pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) dan penerapan teknologi ramah lingkungan. Hal ini sejalan dengan target pemerintah untuk mencapai *Net Zero Emission* (NZE) pada tahun 2060 [7].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis menyusun skripsi berjudul “Perencanaan PJUTS di Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran”. Penelitian ini bertujuan merancang sistem PJUTS sistem *off-grid* yang memanfaatkan energi terbarukan ramah lingkungan sekaligus mendukung konsep green tourism. Fokus penelitian meliputi penentuan kapasitas PJUTS, pemilihan komponen utama, serta analisis investasi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat optimal bagi masyarakat dan menjadi referensi dalam perencanaan PJUTS di lokasi lainnya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun rumusan masalah yang akan dibahas dari skripsi ini sebagai berikut :

1. Bagaimanakah kebutuhan energi untuk penerangan di Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran yang direncanakan setiap malam?
2. Berapakah jumlah dan spesifikasi komponen utama (panel surya, SCC, baterai), lampu, tiang, sistem proteksi, dan instalasi kabel yang diperlukan untuk sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS)?
3. Bagaimanakah perencanaan sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) dengan konfigurasi *off-grid* yang efisien, meliputi perhitungan kapasitas sistem, pemilihan komponen utama (panel surya, SCC, baterai), lampu, tiang, sistem proteksi, dan instalasi kabel?
4. Berapakah estimasi biaya sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) dan bagaimana hasil analisis kelayakan investasinya menggunakan metode *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Discounted Payback Period* (DPP)?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam skripsi ini lebih terarah, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada ruas Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran.
2. Analisis potensi energi surya berdasarkan data temperatur dan iradiasi matahari di Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran.
3. Pengukuran intensitas pencahayaan (*lux*) hanya dilakukan terhadap lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) eksisting pada malam hari, tanpa membahas jenis pencahayaan lain.
4. Perencanaan sistem difokuskan pada konfigurasi *off-grid* PJUTS, mencakup perhitungan kebutuhan daya, kapasitas dan pemilihan komponen utama (panel surya, SCC, baterai) lampu, tiang, sistem proteksi dan instalasi kabel seluruhnya dilakukan secara manual berbasis teori dan data teknis.
5. Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan penentuan harga komponen PJUTS dilakukan berdasarkan referensi harga pasar secara daring (*online*), tanpa verifikasi langsung melalui survei lapangan atau kunjungan ke vendor lokal.
6. Kelayakan finansial dianalisis menggunakan pendekatan umum yaitu metode *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Discounted Payback Period* (DPP).

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini berdasarkan rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kebutuhan energi listrik harian untuk sistem penerangan jalan di Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran, dengan mempertimbangkan waktu operasional lampu setiap malam dan daya yang dibutuhkan untuk menjamin tingkat pencahayaan sesuai standar.
2. Menghitung jumlah dan menentukan spesifikasi teknis komponen utama sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS), yang mencakup panel surya, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai, lampu, tiang, sistem proteksi, dan instalasi kabel, yang sesuai dengan kebutuhan beban dan kondisi teknis di lokasi penelitian.
3. Menyusun perencanaan sistem PJUTS dengan konfigurasi *off-grid* yang efisien, mencakup perhitungan kapasitas sistem, pemilihan komponen utama (panel surya, SCC, baterai), lampu, tiang, sistem proteksi, dan instalasi kabel, serta analisis teknis untuk memastikan kinerja sistem yang optimal dan keberlanjutan operasionalnya.

4. Mengestimasi total biaya sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) dan melakukan analisis kelayakan investasi menggunakan pendekatan finansial melalui metode Net Present Value (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Discounted Payback Period* (DPP), sebagai dasar pengambilan keputusan investasi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penulisan skripsi ini bagi penulis, pembaca, dan masyarakat adalah sebagai berikut :

- a. Manfaat Aplikatif

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi instansi terkait, khususnya pemerintah daerah, dalam mendorong pemanfaatan energi terbarukan melalui penerapan sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) berbasis *off-grid*. Hasil kajian ini dapat dijadikan referensi dalam perencanaan teknis dan pengambilan keputusan investasi, terutama dalam menentukan efisiensi sistem, tingkat pencahayaan (lux) yang sesuai standar, serta kelayakan ekonomi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mendukung transisi energi menuju sumber yang ramah lingkungan, tetapi juga berperan dalam meningkatkan kualitas penerangan jalan guna menjamin keselamatan dan kenyamanan masyarakat.

- b. Manfaat Akademik

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi energi surya, sistem kelistrikan *off-grid*, serta analisis kelayakan ekonomi. Kajian ini dapat menjadi bahan acuan bagi mahasiswa dan peneliti yang tertarik dengan topik serupa, serta sebagai referensi tambahan dalam literatur akademik, khususnya di lingkungan Politeknik Negeri Bali. Selain itu, temuan dan metodologi yang digunakan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan awal bagi pengembangan penelitian lanjutan di bidang sistem penerangan maupun energi terbarukan secara umum.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai alur penelitian, maka skripsi ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penyusunan skripsi “Perencanaan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) di Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran”, mencakup permasalahan yang mendasari perlunya perencanaan PJUTS, perumusan masalah sebagai

fokus penelitian, batasan masalah untuk memperjelas ruang lingkup kajian, tujuan penelitian yang ingin dicapai, manfaat penelitian baik secara aplikatif maupun akademik, serta sistematika penulisan sebagai panduan penyusunan isi skripsi secara keseluruhan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan kajian teori, penelitian terdahulu, dan landasan ilmiah sebagai dasar penelitian. Pembahasan meliputi potensi energi surya di Indonesia, radiasi matahari, temperatur, PJUTS, PJU, klasifikasi jenis jalan, konfigurasi sistem lampu penerangan, metode pengukuran intensitas cahaya (*One Sample T-Test*), serta prinsip kerja sistem PLTS *off-grid*, pemeliharaan, faktor yang mempengaruhi kinerja sistem PLTS. Selain itu, menguraikan komponen utama seperti panel surya, SCC, baterai, lampu, tiang, sistem proteksi, instalasi kabel, dan panel distribusi DC, serta teori perhitungan biaya ekonomi O&M, CRF, LCC, COE dan kelayakan investasi menggunakan NPV, IRR, dan DPP.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode perencanaan PJUTS *off-grid*, mencakup pendekatan kuantitatif dan kualitatif, jenis dan lokasi penelitian di Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran, sumber data primer dan sekunder, serta metode pengumpulan data melalui studi literatur, observasi lapangan, dan dokumentasi. Analisis data meliputi potensi energi surya, pengukuran intensitas dan pemerataan cahaya, perhitungan kebutuhan energi, pemilihan komponen, serta analisis kelayakan ekonomi dengan metode NPV, IRR, dan DPP. Diagram alir penelitian diuraikan untuk menunjukkan alur penelitian secara sistematis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil analisis dan pembahasan, dimulai dari deskripsi lokasi, data temperatur, dan radiasi matahari untuk mengetahui potensi energi surya di Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran. Analisis lux eksisting dilakukan dengan uji statistik One Sample T-Test terhadap standar SNI 7391:2008. Selanjutnya dibahas perhitungan kebutuhan energi, kapasitas panel surya, SCC, baterai, lampu, tiang, proteksi, dan kabel, dilengkapi Single Line Diagram dan Wiring Diagram. Analisis ekonomi mencakup RAB, O&M, CRF, LCC, COE, serta evaluasi kelayakan investasi melalui NPV, IRR, dan DPP.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian. Kesimpulan disusun untuk menjawab sesuai dengan rumusan masalah serta saran diberikan sebagai rekomendasi untuk pengembangan sistem PJUTS dan penelitian lanjutan agar implementasi di lapangan lebih optimal.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data, kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan energi PJUTS di Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran dihitung untuk dua lampu HY-JLED03 12 V 50 W per tiang (total 100 W), beroperasi 12 jam per malam dengan 2 hari *autonomy* sehingga konsumsi energi per titik adalah 2.400 Wh (2,40 kWh). Dengan efikasi 110–140 lm/W, lampu mampu menghasilkan 15 *lux* sesuai SNI 7391:2008 untuk jalan arteri sekunder. Dipasang pada tiang galvanis 8 m (efektif 7 m), sudut pancar 100° menghasilkan *radius* sebaran 8,34 m; satu lampu menerangi 218,52 m² sehingga dua lampu mencakup 437,04 m². Sistem berproteksi IP65 dan mendukung DC 12/24 V, sehingga andal untuk lokasi tersebut.
2. Jumlah dan spesifikasi komponen utama per titik sistem PJUTS meliputi satu unit panel surya ASTRO N5 CHSM72N(DG)/F-BH *Bifacial Series* 595 Wp, satu *Solar Charge Controller* (SCC) MPPT 30 A 24 V, dan satu *baterai lithium LiFePO₄* 24 V 150 Ah sebagai penyimpan energi. Sistem pencahayaan terdiri dari dua lampu jalan HY-JLED03 12 V 50 W dengan efikasi 110–140 lm/W, dipasang pada tiang galvanis oktagonal setinggi 8 meter (efektif 7 meter). Proteksi sistem menggunakan satu *fuse holder* PV 1000 V dengan sekering 20 A, dua MCB DC 20 A *Schneider Electric*, dan satu SPD DC 2P 200 V berkapasitas 20–40 kA. Instalasi kabel memakai kabel PV1-F DC 1×2,5 mm², serta setiap titik dilengkapi panel distribusi DC sebagai pusat sambungan dan proteksi sistem.
3. Perencanaan sistem PJUTS *off-grid* di Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran dilakukan secara *desentralisasi*, di mana setiap tiang berfungsi sebagai unit mandiri yang terdiri meliputi satu unit panel surya ASTRO N5 CHSM72N(DG)/F-BH *Bifacial Series* 595 Wp, satu *Solar Charge Controller* (SCC) MPPT 30 A 24 V, dan satu *baterai lithium LiFePO₄* 24 V 150 Ah sebagai penyimpan energi. Sistem pencahayaan terdiri dari dua lampu jalan HY-JLED03 12 V 50 W dengan efikasi 110–140 lm/W, dipasang pada tiang galvanis oktagonal setinggi 8 meter (efektif 7 meter). Proteksi sistem menggunakan satu *fuse holder* PV 1000 V dengan sekering 20 A, dua MCB DC 20 A *Schneider Electric*, dan satu SPD DC 2P 200 V

berkapasitas 20–40 kA. Instalasi kabel memakai kabel PV1-F DC 1×2,5 mm², serta setiap titik dilengkapi panel distribusi DC sebagai pusat sambungan dan proteksi sistem. Pendekatan desentralisasi ini meningkatkan keamanan dan keandalan sistem karena setiap unit beroperasi secara *independent*, sehingga gangguan pada satu titik tidak mempengaruhi keseluruhan jaringan PJUTS.

4. Estimasi biaya sistem PJUTS untuk 25 tiang di Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran sebesar Rp848.097.475. Hasil analisis kelayakan investasi menggunakan metode *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Discounted Payback Period* (DPP) menunjukkan nilai NPV sebesar Rp178.069.597 (> 0), IRR sebesar 7,72% (> MARR 5,25%), serta DPP selama 18,01 tahun (< umur proyek 25 tahun). Berdasarkan ketiga indikator tersebut, proyek PJUTS ini dinyatakan layak untuk dijalankan secara finansial karena arus kas yang dihasilkan cukup untuk menutupi biaya investasi dan memberikan pengembalian yang memadai dalam jangka waktu proyek.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data serta kesimpulan penelitian ini, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Jika sistem PJUTS diterapkan di Jalan Raya Kampus UNUD Bukit Jimbaran, perlu dilakukan *monitoring* dan pemeliharaan secara rutin terhadap seluruh komponen utama, seperti panel surya, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai, lampu, tiang, sistem proteksi, dan instalasi kabel. Langkah ini sangat penting untuk menjaga kualitas pencahayaan agar sesuai dengan standar SNI 7391:2008 sekaligus memperpanjang umur operasional sistem secara menyeluruh.
2. Untuk menyempurnakan sistem *off-grid* pada setiap tiang PJUTS, disarankan agar tiap unit dilengkapi dengan sensor gerak (*motion sensor*) dan sistem kontrol pintar (*smart controller*). Integrasi kedua perangkat ini memungkinkan pengaturan intensitas pencahayaan secara dinamis serta pemantauan kondisi panel dan baterai secara daring, sehingga meningkatkan efisiensi energi dan mempermudah deteksi serta penanganan gangguan.
3. Disarankan melakukan pengukuran intensitas cahaya secara berkala di berbagai titik untuk memastikan pencahayaan sesuai SNI 7391:2008, mencegah *overdesign* atau *underdesign*, serta sebagai dasar evaluasi dan perbaikan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] M. S. Alim, S. Thamrin, and R. L. W., “Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan,” *J. Pengabd. Kpd. Masy. Nasant.*, vol. 4, no. 3, pp. 2427–2435, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.sisfokomtek.org/index.php/jpkm/article/view/1480/1047>.
- [3] A. Setiawan, W. M. Lilbilad, E. Nurmanwala, S. D. Safitri, N. A. Syahra, and Q. Hidayah, “Tenaga Surya sebagai Solusi Penerangan Jalan Umum Di Desa Girikerto Kecamatan Turi Kabupaten Sleman,” *Indones. J. Community Empower. Serv.*, vol. 2, no. 1, pp. 16–19, 2022, doi: 10.33369/icommes.v2i1.20786.
- [4] E. Weddakarti, S. R. Ekasari, R. E. Perkasa, N. S. Widhi Supriyanto, F. A. Nadhifatul Aini, and M. N. Hariyanto, “Sosialisasi dan Pemasangan Lampu PJUTS Di Desa Gondowangi Kecamatan Wagir Kabupaten Malang,” *J. Pengabd. Masy. Progresif Humanis Brainstorming*, vol. 6, no. 4, pp. 1338–1346, 2023, doi: 10.30591/japhb.v6i4.5693.
- [5] Standar Nasional Indonesia 7391, “Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan (Standar Nasional Indonesia 7391 :2008),” *SNI 73912008*, pp. 1–52, 2008.
- [6] S. Info, “Bali - 08.788949°, 115.177115° Jalan Kampus Unud, Bali, Indonesia,” no. May, pp. 3–5, 2025, [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/>.
- [7] R. Pahlevi, S. Thamrin, I. Ahmad, and F. B. Nugroho, “Masa Depan Pemanfaatan Batubara sebagai Sumber Energi di Indonesia,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 2, pp. 50–60, 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.22973.
- [8] I. Bayu Sukma, A. Aziz, and I. Kartika Pebrianti, “Perencanaan Lampu Penerangan Jalan Umum Menggunakan Tenaga Surya (Solar Cell) Untuk Alternatif Penerangan Jalan Talang Pete Plaju Darat,” *Tek. J. Tek.*, vol. 8, no. 2, pp. 140–146, 2021.
- [9] R. E. Rachmanita, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Penerangan Jalan Umum (Pju) Di Dusun Karang Tengah Desa Jatisari Kabupaten Lumajang,” *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 10, no. 1, pp. 7–15, 2022, doi: 10.32487/jtt.v10i1.1289.
- [10] J. Desember, E. D. Nursita, and S. Soewono, “Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah Penentuan Jarak Antar Tiang Penerangan Jalan Umum Untuk Jalan Lurus dan Jalan Melengkung Pada Jalan Tol Ruas Lingkar Luar Jakarta W2 Utara Seksi I Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah,” vol. 12, no. 2, pp. 121–130, 2020, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/392026/penentuan-jarak-antar-tiang-penerangan-jalan-umum-untuk-jalan-lurus-dan-jalan-me>.
- [11] N. Gunantara *et al.*, “Analisis Kebutuhan Titik Lampu Untuk Penerangan Optimal Di Daerah Wisata Desa Les,” vol. 11, no. 4, pp. 42–47, 2024.

- [12] C. Adidarma, "Capstone Project Desain Solar Tree Untuk Penerangan Jalan Umum (PJU) Di Jalan Bypass Prof. Dr. Ida Bagus Mantra Provinsi Bali," *J. Pendidik. Tek. Elektro Undiksha*, vol. 12, no. Vol. 12 No. 1 (2023): JPTE Periode April 2023, pp. 98–113, 2023.
- [13] "Panduan Pengelolaan Lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," 2020.
- [14] tekniksipil.id, "Apa itu Penerangan Jalan Umum (PJU): Pencerahan Penting untuk Keselamatan dan Kenyamanan." [Online]. Available: <https://tekniksipil.id/apa-itu-penerangan-jalan-umum-pju/>.
- [15] 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.
- [16] G. Azwar, M. Masril, and D. Kurniawan, "Analisis Kinerja Simpang Empat Tak Bersinyal (Studi Kasus : Simpang Empat Jl. Parik Putuih Atau Jl. Raya Bukittinggi - Payakumbuh)," *Ensiklopedia Res. Community Serv. Rev.*, vol. 1, no. 3, pp. 145–153, 2022, doi: 10.33559/err.v1i3.1249.
- [17] H. Kristiawan, I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantari, "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 4, p. 66, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i04.p10.
- [18] B. Rudiyanto, R. E. Rachmanita, and A. Budiprasojo, *Dasar-Dasar Pemasangan Panel Surya*. 2023.
- [19] I. Permana, "Memasang Dudukan Dan Modul Surya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Atas Atap (Rooftop)," *Dtsch. Gesellschaft für Int. Zusammenarbeit GmbH*, pp. 1–55, 2022.
- [20] E. T. Abit Duka, I. N. Setiawan, and A. Ibi Weking, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung," *J. SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, p. 67, 2018, doi: 10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p09.
- [21] I. F. Nur Diansyah, S. Handoko, and J. Windarta, "Implementasi Dan Evaluasi Performa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid Studi Kasus Smp N 3 Purwodadi," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 4, pp. 701–708, 2021, doi: 10.14710/transient.v10i4.701-708.
- [22] A. Manab, I. T. H. A. Rabiula, and H. Matalata, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off-Grid di Desa Bungku Kecamatan Bajubang Kabupaten Batanghari Jambi," *J. Electr. Power Control Autom.*, vol. 5, no. 2, p. 61, 2022, doi: 10.33087/jepca.v5i2.78.
- [23] N. Febriana Pratiwi, A. Pudín, and W. B. Mursanto, "Perancangan PLTS Atap On Grid Kapasitas 163,8 kWp untuk Suplai Daya Industri Tekstil," *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 13, no. 1, pp. 13–14, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/4278>.
- [24] H. H. N. Jannah, U. I. F. Styana, A. Kurniawan, and F. Hindarti, "Analisis Teknik Dan Ekonomi Perencanaan Plts Rooftop Sistem On-Grid Di Sdn 1 Temuwuh," *Prosising Webinar ITY Green Technol.*, pp. 55–69, 2023.
- [25] N. S. Gunawan, I. N. S. Kumara, and R. Irawati, "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) 26,4 Kwp Pada Sistem Smart Microgrid Unud," *J.*

- SPEKTRUM*, vol. 6, no. 3, p. 1, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i03.p01.
- [26] K. Angel Manik, W. G. Ariastina, and I. A. Dwi Giriantari, “Rancangan Plts Atap Gedung Gereja Methodist Indonesia Manna Helvetia,” *J. SPEKTRUM*, vol. 10, no. 1, p. 64, 2023, doi: 10.24843/spektrum.2023.v10.i01.p8.
 - [27] M. F. Hiswandi, F. Iswahyudi, and W. M. Soeroto, “Analisis Kelayakan Investasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Dengan Sistem on-Grid Di Pabrik Minuman Siap Saji,” *Sebatik*, vol. 27, no. 1, pp. 22–29, 2023, doi: 10.46984/sebatik.v27i1.2246.
 - [28] T. W. Putri Sundari, Niar Suwiarti S, Amma Muliya R, “Proposal Instalasi Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) Jalan Tol Probolinggo-Banyuwangi,” 2017.
 - [29] B. R. Julian, Muliadi, and Syukri, “Analisis Pengaruh Radiasi Matahari Dan Temperatur Terhadap Daya Keluaran Fotovoltaik Menggunakan SPSS,” *Aceh J. Electr. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 14–18, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.unida-aceh.ac.id/index.php/ajeetech/article/view/531>.
 - [30] M. K. Dr. Ir. SUGIYONO A.B., *Bab 6. Uji-T*. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/510385549/06-Uji-T>.
 - [31] Liputan6, “Pengertian Intensitas Cahaya, Pengukuran, dan Aplikasinya yang Menarik Dipelajari,” Liputan6.com.
 - [32] S. T. Corp., “Cara Menghitung Pencahayaan: Panduan Resmi,” ShineLong Technology Corp. [Online]. Available: <https://www.shinelongled.com/calculate-lighting/#:~:text=Anda dapat menggunakan rumus “ E,rumus fluks cahaya dalam lumen.>
 - [33] Atonergi, “Komponen Tiang PJU-TS,” Atonergi. [Online]. Available: <https://atonerigi.com/komponen-tiang-pju-ts>.
 - [34] N. N. Cable, “Choosing Monocrystalline Vs. Polycrystalline Solar Panels,” Nassau National Cable.
 - [35] S. S. Indotama, “Battery Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) – VOZ,” Solar Surya Indotama. [Online]. Available: <https://solarsuryaindotama.co.id/katalog-produk/komponen-plts/battery-lithium-iron-phosphate-lifepo4-voz/>.
 - [36] T. Surya, “Pengenalan Energi Surya,” Teknologi Surya. [Online]. Available: <https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/energi-surya/>.
 - [37] I. Saputra, “Inilah 8 Faktor yang Mempengaruhi Energi Output Modul/Panel Surya,” WordPress.[Online].Available:<https://mynameis8.wordpress.com/2019/10/18/faktor-faktor-yang-mempengaruhi-daya-output-modul-surya/>.